

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ
ПО ПРОДОВОЛЬСТВУЮ**

РУП «ИНСТИТУТ МЯСО-МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»



**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
ПЕРЕРАБОТКИ
МЯСНОГО И МОЛОЧНОГО
СЫРЬЯ**

**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
2024**

Выпуск №19

**Topical issues of processing of meat and
milk raw materials**

Collection of research papers 2024

ISSUE №19

ISSN 2220-8755

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ РЕСПУБЛИКАНСКОЕ
ДОЧЕРНЕЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ИНСТИТУТ МЯСО-МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»
РЕСПУБЛИКАНСКОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
«НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
БЕЛАРУСИ ПО ПРОДОВОЛЬСТВУ»

РУП «ИНСТИТУТ МЯСО-МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПЕРЕРАБОТКИ
МЯСНОГО И МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ
СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ 2024
Выпуск № 19**

**Topical issues of processing
of meat and milk raw materials
Collection of research papers 2024
ISSUE №19**

Минск
2025

УДК 637.1/5.03 (062.552)(476)
ББК 36.92(4 Бей)
ББК 36.95(4 Бей)
С 23

Печатается по решению **Ученого совета**
РУП «Институт мясо-молочной промышленности»

*Сборник научных трудов «Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья» входит в утвержденный Высшей аттестационной комиссией Республики Беларусь «Перечень научных изданий для опубликования результатов диссертационных исследований»
Издание включено в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)*

Редакционная коллегия:

Г.В. Гусаков (главный редактор)
Н.Н. Фурик (заместитель главного редактора)
А.С. Сайганов (заместитель главного редактора)

Гусаков В.Г., Азаренко В.В., Мелешеня А.В., Ловкис З.В., Шепшелев А.А.,
Кондратенко С.А., Акулич А.В., Василенко З.В., Груданов В.Я., Шегидевич Е.Д., Савельева Т.А.,
Жабанос Н.К., Бирюк Е.Н., Гордынец С.А., Чернявская Л.А., Калтович И.В., Беспалова Е.В.,
Сороко О.Л., Богданова Л.Л., Ефимова Е.В., Жудро В.М.,
Кузнецова О.А. (ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем
им. В.М. Горбатова» Российской академии наук),
Топникова Е.В. (Всероссийский научно-исследовательский институт
маслоделия и сыроделия филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем
им. В.М. Горбатова» Российской академии наук),
Евдокимов И.А. (ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»)

Рецензенты:

доктор экономических наук, профессор,
академик Национальной академии наук Беларуси А.Е. Дайнеко,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент В.Н. Тимошенко,
доктор технических наук, доцент, член-корреспондент Беларуси В.В. Азаренко

С 24 **Актуальные** вопросы переработки мясного и молочного сырья: сб. науч. тр. / РУП «Институт мясо-молочной промышленности»; редкол.: Г.В. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2025. – Вып. 19. – 310 с.
ISSN 2220-8755

Представленные в сборнике результаты исследований отображают основные тенденции современного развития отрасли, указывают перспективные направления ее последующего развития. Рассмотрены новые методы, ресурсосберегающие и эффективные технологии, применяемые для переработки сельскохозяйственного сырья.

Исследования, выполненные учеными РУП «Институт мясо-молочной промышленности», других научных и учебных организаций Беларуси, представляют практический и теоретический интерес как для научных работников, аспирантов, студентов вузов, так и для специалистов мясной и молочной отраслей.

The research results presented in the collection reflect modern development trends in the branch, point to prospective lines of its further development. New methods, resource-saving and effective technologies used in the processing of agricultural raw materials are considered.

The research carried out by the scientists of RUE «Institute for Meat and Dairy Industry» and other scientific and educational organizations of Belarus and CIS countries are of practical and theoretical interest for research workers, Ph.D. students, university students or specialists of meat and milk industries.

УДК 637.1/5.03 (062.552) (476)

Сборник научных трудов «Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья» основан в 2005 году. Издается один раз в год.

The collection of research papers “Topical issues of processing of meat and milk raw materials” was founded in 2005. It is published once a year.

ISSN 2220-8755

©РУП «Институт мясо-молочной промышленности», 2025
При перепечатке и цитировании ссылка на сборник обязательна

Редакция не несет ответственности за возможные неточности по вине авторов

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОНОМИКА	9
<i>Гусаков Г.В., Ёнчик Л.Т., Довнар Л.И.</i> АКТУАЛЬНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО РЫНКА МОЛОКА И МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ	9
<i>Климова М.Л.</i> СТРАТЕГИЧЕСКИЙ КУРС В РАЗВИТИИ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ДОБАВЛЕННУЮ ТОВАРНУЮ СТОИМОСТЬ: ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ – ИННОВАЦИИ – ЭКСПОРТ	23
<i>Гузкова Ю.А., Давыдова Е.А., Чуешков В.В., Алексиевич А.О.</i> ЦИФРОВАЯ МАРКИРОВКА КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ	36
<i>Гусаков Г.В., Довнар Л.И., Ёнчик Л.Т.</i> ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ ПРОДВИЖЕНИЯ В СЕКТОРЕ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ПИТАНИЯ ДЕТЕЙ НА РЫНКЕ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ.....	43
<i>Карпович Н.В., Макуценья Е.П.</i> УКРЕПЛЕНИЕ ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ СФЕРЫ БЕЛАРУСИ НА ОСНОВЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ	52
<i>Довнар Л.И., Ёнчик Л.Т., Беспалова Е.В.</i> ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАПИТКИ НА ОСНОВЕ ПЕРМЕАТА: ОПЫТ ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ	60
<i>Жудро В.М.</i> ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ РАЗВИТИЯ ИНДУСТРИИ И ПРОДАЖ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ	72
<i>Гусаков Г.В., Довнар Л.И., Ёнчик Л.Т.</i> МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	79
<i>Лобан А.Г.</i> ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ КОРМОВОЙ БАЗЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ	91
БИОТЕХНОЛОГИЯ	100
<i>Бирюк Е.Н., Жабанос Н.К., Трафимова А.Г., Савельева Т.А.</i> ПОСТОКИСЛИТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ЗАКВАСОЧНЫХ КУЛЬТУР ЛАКТОКОККОВ И ТЕРМОФИЛЬНОГО СТРЕПТОКОККА	100
<i>Фурик Н.Н., Бирюк Е.Н., Жабанос Н.К., Соглаева А.А., Корягина Д.С.</i> ВЫДЕЛЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ЕСТЕСТВЕННЫХ КОМБИНАЦИЙ МОЛОЧНОКИСЛЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ИЗ МОЛОКА И САМОКВАСНЫХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ	110

<i>Сидерко И.А., Жабанос Н.К., Везицкая А.В., Мистейко М.М., Бирюк Е.Н.</i> ИЗУЧЕНИЕ УРОВНЯ БИОСИНТЕЗА ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ КУЛЬТУРАМИ ПРОПИОНОВОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ	118
<i>Фурик Н.Н., Бирюк Е.Н., Жабанос Н.К., Савастюк С.А., Нахаева Н.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ СЫРЬЯ, ПРОМЫШЛЕННЫХ СРЕД И МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ, ОТОБРАННЫХ НА МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ, НА НАЛИЧИЕ БАКТЕРИОФАГОВ И ФАГОВЫХ АССОЦИАЦИЙ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ	126
<i>Головач О.С., Жабанос Н.К., Фурик Н.Н.</i> ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ВЫТЯЖНЫХ СЫРОВ, НА ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ КИСЛОТООБРАЗОВАНИЯ И ПРОТЕОЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР <i>STREPTOCOCCUS SALIVARIUS</i> <i>SSP. THERMOPHILUS</i> ПРИ ФЕРМЕНТАЦИИ МОЛОКА	135
<i>Романович Н.С., Бирюк Е.Н., Жабанос Н.К., Гордынец С.А., Чернявская Л.А.</i> ОЦЕНКА СВОЙСТВ ШТАММОВ <i>LACTOBACILLUS SAKEI</i> КАК СТАРТОВЫХ И ЗАЩИТНЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ МЯСНЫХ И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ.....	147
<i>Головач О.С., Жабанос Н.К., Фурик Н.Н.</i> ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ПРЕДОБРАБОТКИ СУБСТРАТОВ НА ОСНОВЕ СМЕСИ ЖЕЛТКА КУРИНОГО ЯЙЦА И ВОССТАНОВЛЕННОГО ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРОЛИЗАТОВ	158
ТЕХНОЛОГИЯ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ	168
<i>Степанова Е.А., Дмитрук Е.М., Ефимова Е.В., Беспалова Е.В., Вырина С.И.</i> ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СОМАТИЧЕСКИХ КЛЕТОК В МОЛОКЕ-СЫРЬЕ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ...	168
<i>Богданова Л.Л., Боброва В.В., Бондаренко Ю.В.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ СТЕПЕНИ ГИДРОЛИЗА НОРМАЛИЗОВАННОЙ МОЛОЧНОЙ СМЕСИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕЗЛАКТОЗНЫХ СЫРОВ	177
<i>Беспалова Е.В., Белокобылова А.Д., Кадыгроб А.С., Польшин А.Н., Шегидевич Е.Д.</i> ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕМБРАН НА ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ МОЛОЧНОГО И СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ	187
<i>Шингарева Т.И., Шаршунов В.А., Глушаков М.А., Красноцкий С.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ ВОДЫ В РАЗНЫХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТАХ	196
<i>Ефимова Е.В., Беспалова Е.В., Дмитрук Е.М., Вырина С.И., Ерошевич М.А.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ СЫВОРОТОК, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ БЕЛКОВЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ КОЗЬЕГО И ОВЕЧЬЕГО МОЛОКА	203
<i>Трофимов Ю.В., Лишик С.И., Сороко О.Л., Беспалова Е.В., Польшин А.Н.</i> ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ДЕКОНТАМИНАЦИИ МОЛОКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ СВЕТОДИОДНЫМ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ РЕАКТОРОМ.....	211

<i>Ефимова Е.В., Беспалова Е.В., Дмитрук Е.М., Вырина С.И.</i>	
СУХИЕ МОЛОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ НА ОСНОВЕ КОЗЬЕЙ И ОВЕЧЬЕЙ СЫВОРОТОК	221
<i>Богданова Л.Л.</i>	
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛИЗОЦИМА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЫРОВ	221
ТЕХНОЛОГИЯ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ.....	237
<i>Чернявская Л.А., Гордынец С.А., Степанова Е.А., Кусонская Т.В., Яхновец Ж.А., Мистейко М.М.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУФАБРИКАТОВ МЯСНЫХ НАТУРАЛЬНЫХ КУСКОВЫХ ИЗ СВИНИНЫ ПО ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ, МОРФОЛОГИЧЕСКИМ И СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ.....	237
<i>Калтович И.В., Головач И.О.</i>	
РАЦИОНАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ И РЕЖИМЫ ПРОИЗВОДСТВА ВАРЕННЫХ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ГОВЯДИНЫ, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ ОТСУТСТВИЕМ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ АМИНОВ	248
<i>Гордынец С.А., Чернявская Л.А., Напреенко В.М., Мистейко М.М.</i>	
ВЛИЯНИЕ МЕДЛЕННОГО И ШОКОВОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ХРАНЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ГОВЯДИНЫ ЖИЛОВАННОЙ	260
<i>Калтович И.В., Головач И.О.</i>	
РАЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОНСЕРВИРОВАНИЯ ПОБОЧНОГО СЫРЬЯ КОЖЕВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КОРМОВЫХ ДОБАВОК И КОРМОВ ДЛЯ ЖИВОТНЫХ.....	271
<i>Марченко К.А., Ходорева О.Г., Гордынец С.А.</i>	
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА АЛЬБУМИНА ЧЕРНОГО ГОВЯЖЬЕГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА	278
<i>Калтович И.В., Головач И.О.</i>	
ОПТИМАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СУШКИ МЕЗДРЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВОЙ ПРОДУКЦИИ	286
<i>Калтович И.В., Головач И.О.</i>	
ОПТИМАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ НА ОСНОВЕ ГОВЯДИНЫ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ОБРАЗОВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ В ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ.....	294
ТЕХНОЛОГИЯ САНИТАРНОЙ ОБРАБОТКИ	302
<i>Ховзун Т.В., Савельева Т.А., Шах А.В., Петрущенко Е.В.</i>	
ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДА СР-МОЙКИ ПРИ МНОГОКРАТНОМ ПРИМЕНЕНИИ РАБОЧЕГО РАСТВОРА	302

CONTENT

ECONOMICS	9
<i>G. Gusakov, L. Yonchyk, L. Dovnar</i>	
CURRENT TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE WORLD MARKET OF MILK AND DAIRY PRODUCTS	9
<i>M. Klimova</i>	
STRATEGIC COURSE IN THE DEVELOPMENT OF THE DAIRY INDUSTRY FOR ADDED COMMODITY VALUE: IMPORT SUBSTITUTION – INNOVATION – EXPORT	23
<i>Y. Huzkova, E. Davidova, V. Chueshkov, A. Aleksievich</i>	
DIGITAL MARKING AS A TOOL FOR ENSURING TRACEABILITY OF FOOD PRODUCTS	36
<i>G. Gusakov, L. Dovnar, L. Yonchyk</i>	
FEATURES OF THE USE OF PROMOTION TOOLS IN THE SEGMENT OF CHILDREN'S NUTRITION PRODUCTS in the dairy market	43
<i>N. Karpovich, E. Makutsenia</i>	
STRENGTHENING THE EXPORT POTENTIAL OF THE AGRICULTURAL AND FOOD SECTOR OF BELARUS THROUGH THE USE OF GEOGRAPHICAL INDICATIONS	52
<i>L. Dovnar, L. Yonchyk, E. Besspalova</i>	
FUNCTIONAL BEVERAGES BASED ON PERMEATE: INTERNATIONAL EXPERIENCE AND DEVELOPMENT PROSPECTS IN THE REPUBLIC OF BELARUS	60
<i>V. Zhudro</i>	
PREDICTIVE ASSESSMENT OF TECHNOLOGICAL POLICY FOR DEVELOPMENT OF THE INDUSTRY AND SALES OF DAIRY PRODUCTS	72
<i>G. Gusakov, L. Dovnar, L. Yonchyk</i>	
METHODOLOGY FOR A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF USING THE PRODUCTION AND ECONOMIC POTENTIAL OF MEAT PROCESSING ENTERPRISES	79
<i>A. Loban</i>	
ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC MECHANISM FOR IMPROVING THE SUSTAINABILITY OF THE FODDER BASE OF AGRICULTURAL ORGANIZATIONS	91
BIOTECHNOLOGY	100
<i>A. Biruk, N. Zhabanos, A. Trafimova, T. Savelyeva</i>	
POST-ACIDIFICATION ACTIVITY OF STARTER CULTURES OF <i>LACTOCOCCUS</i> AND <i>STREPTOCOCCUS THERMOPHILUS</i>	100
<i>N. Furyk, A. Biruk, N. Zhabanos, A. Soglaeva, D. Koryagina</i>	
ISOLATION AND CHARACTERIZATION OF NATURAL COMBINATIONS OF LACTIC ACID MICROORGANISMS FROM MILK AND SPONTANEOUSLY FERMENTED DAIRY PRODUCTS	110

<i>I. Siderko, N. Zhabanos, A. Viaziskaya, M. Misteika, A. Biruk</i>	
STUDY OF THE LEVEL OF ORGANIC ACID BIOSYNTHESIS BY PROPIONIC ACID BACTERIA CULTURES	118
<i>N. Furyk, A. Biruk, N. Zhabanos, H. Savastsiuk, N. Nakhayeva</i>	
MOLECULAR-GENETIC DETECTION OF BACTERIOPHAGES AND PHAGE ASSOCIATIONS IN RAW MATERIALS, INDUSTRIAL MEDIA, AND DAIRY PRODUCTS SAMPLED AT DAIRY-PROCESSING PLANTS OF THE REPUBLIC OF BELARUS	126
<i>O. Golovach, N. Zhabanos, N. Furik</i>	
STUDY OF THE EFFECT OF TEMPERATURE REGIMES USED IN THE MANUFACTURE OF STRETCH-CURD CHEESES (PASTA FILATA) ON THE DYNAMICS OF ACIDIFICATION ACTIVITY AND THE PROTEOLYTIC ACTIVITY OF <i>STREPTOCOCCUS</i> <i>SALIVARIUS</i> SUBSP. <i>THERMOPHILUS</i> CULTURES DURING MILK FERMENTATION	135
<i>N. Ramanovich, A. Biruk, N. Zhabanos, S. Gordynets, L. Charniauskaya</i>	
VALUATION OF THE PROPERTIES OF LACTOBACILLUS SAKEI STRAINS AS STARTER AND PROTECTIVE CULTURES FOR THE PRODUCTION OF FERMENTED MEAT AND DAIRY PRODUCTS	147
<i>O. Golovach, N. Zhabanos, N. Furik</i>	
EFFECT OF PRETREATMENT REGIMES OF SUBSTRATES BASED ON A MIXTURE OF EGG YOLK AND RECONSTITUTED SKIM MILK ON THE BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF HYDROLYSATES	158
DAIRY PRODUCTS TECHNOLOGY	168
<i>E. Stepanova, E. Dmitruk, E. Efimova, E. Bespalova, S. Virina</i>	
INFLUENCE OF THE CONTENT OF SOMATIC CELLS IN RAW MILK ON THE QUALITY CHARACTERISTICS OF FERMENTED MILK PRODUCTS	168
<i>L. Bahdanava, V. Bobrova, Y. Bondarenko</i>	
OPTIMIZATION OF THE DEGREE OF HYDROLYSIS OF NORMALIZED MILK MIXTURE FOR LACTOSE-FREE CHEESE PRODUCTION	177
<i>E. Bespalova, A. Belokobylova, A. Kadygrob, A. Polyn, E. Shegidevich</i>	
EFFECT OF ULTRAFILTRATION MEMBRANE MATERIAL ON FRACTIONATION	188
<i>T. Shingareva, V. Sharshunov, M. Glushakov, S. Krasotsky</i>	
STUDY OF WATER ACTIVITY IN VARIOUS DAIRY PRODUCTS	197
<i>E. Efimova, E. Bespalova, E. Dmitruk, S. Virina, M. Eroshevich</i>	
DETERMINATION OF THE FEATURES OF MECHANICAL AND HEAT PROCESSING OF WHEY OBTAINED IN THE MANUFACTURING OF PROTEIN PRODUCTS FROM GOAT AND SHEEP MILK	204
<i>Yu. Trofimov, S. Lishik, O. Soroko, E. Bespalova, A. Polyn</i>	
PROSPECTS OF DECONTAMINATION OF MILK BY EXPERIMENTAL LED ULTRAVIOLET REACTOR	212
<i>E. Efimova, E. Bespalova, E. Dmitruk, S. Virina</i>	
DRY DAIRY PRODUCTS BASED ON GOAT AND SHEEP WHEY	222

<i>L. Bahdanava</i>	
STUDY OF THE INFLUENCE OF LYSOZYME ON THE MAIN INDICATORS OF CHEESES. 1. PHYSICOCHEMICAL INDICATORS	230
MEAT PRODUCTS TECHNOLOGY	238
<i>L. Charniauskaya, S. Gordynets, E. Stepanova, T. Kusonskaya, Zh. Yakhnovets, M. Misteika</i>	
RESEARCH OF SEMI-FINISHED NATURAL PORK MEAT PRODUCTS IN TERMS OF NUTRITIONAL VALUE, MORPHOLOGICAL AND STRUCTURAL-MECHANICAL INDICATORS	238
<i>I. Kaltovich, I. Halavach</i>	
RATIONAL TECHNOLOGICAL METHODS AND MODES OF PRODUCTION OF COOKED SAUSAGES BASED ON BEEF, CHARACTERIZED BY THE ABSENCE OF HETEROCYCLIC AROMATIC AMINES	249
<i>S. Gordynets, L. Charniauskaya, V. Napreenko, M. Misteyko</i>	
THE EFFECT OF SLOW AND SHOCK FREEZING AND LOW-TEMPERATURE STORAGE DURATION ON THE QUALITY OF BEEF	261
<i>I. Kaltovich, I. Halavach</i>	
RATIONAL PARAMETERS OF PRESERVATION OF BY-PRODUCTS OF LEATHER PRODUCTION FOR USE IN PRODUCTION OF FODDER ADDITIVES AND ANIMAL FEED	272
<i>K. Marchenko, O. Khodoreva, S. Gordynets</i>	
FUNCTIONAL PROPERTIES OF BLACK BEEF ALBUMIN OF DOMESTIC AND FOREIGN PRODUCTION	279
<i>I. Kaltovich, I. Halavach</i>	
OPTIMAL PROCESS PARAMETERS OF MEZDRA DRYING FOR FODDER PRODUCTION	287
<i>I. Kaltovich, I. Halavach</i>	
OPTIMAL METHODS FOR PRODUCTION OF CHOPPED SEMI-FINISHED PRODUCTS ON THE BASIS OF BEEF, CONTRIBUTING TO PREVENTION OF FORMATION OF POTENTIALLY HAZARDOUS SUBSTANCES IN FINISHED PRODUCTS	295
SANITATION TECHNOLOGY	303
<i>T. Khovzun, T. Savelyeva, A. Shah, E. Petrushchenko</i>	
EFFICIENCY OF THE CIP-WASHING METHOD WITH REPEATED USE OF THE WORKING SOLUTION	303

ЭКОНОМИКА

УДК 338.439.4:673.1

Поступила в редакцию 01 декабря 2025 года

*Г.В. Гусаков, к.э.н., доцент, Л.Т. Ёнчик, Л.И. Довнар, к.э.н.
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

АКТУАЛЬНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО РЫНКА МОЛОКА И МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

*G. Gusakov, L. Yonchuk, L. Dovnar
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

CURRENT TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE WORLD MARKET OF MILK AND DAIRY PRODUCTS

e-mail: gordei.v.gusakov@gmail.com, yonya@tut.by, ec-research.immp@yandex.ru

В статье представлен анализ актуальных тенденций развития мирового рынка молока и молочной продукции в условиях трансформации потребительского спроса, экологических ограничений и нормативных инициатив. На основе данных ФАО, ОЭСР, Министерства сельского хозяйства США и аналитических агентств рассмотрены региональные особенности производства и экспорта молочной продукции, а также прогнозы на кратко- и среднесрочную перспективу. Установлено, что устойчивый рост спроса и производства наблюдается преимущественно в странах Азии (Индии, Пакистане), где потребление ориентировано на свежие молочные продукты, тогда как в странах с развитой экономикой усиливается интерес к переработанным категориям: сырам, функциональным продуктам и молочным ингредиентам. Выявлены ключевые экспортные позиции молочной продукции: сливочное масло, сыр, сухое молоко, характеризующиеся высокой добавленной стоимостью и стабильным внешним спросом. Рассмотрены изменения в потребительских предпочтениях, включая рост интереса к растительным альтернативам, безлактозным продуктам, экологичной упаковке и концепции «чистой этикетки». Отдельный акцент сделан на влиянии медицинских и поведенческих факторов, таких как распространение терапии GLP-1, способствующей росту спроса на белковые и функциональные продукты.

Ключевые слова: мировой рынок молочной продукции, экспорт молочной продукции, переработка молочного сырья, высокобелковые молочные продукты, функциональные молочные продукты, растительные альтернативы, экологичность и устойчивое производство, глубокая переработка молока, умная упаковка.

The article presents an analysis of current trends in the development of the world market of milk and dairy products in the context of the transformation of consumer demand, environmental restrictions and regulatory initiatives. Based on data from the FAO, the OECD, the US Department of Agriculture and analytical agencies, regional features of dairy production and exports, as well as forecasts for the short and medium term, are considered. It has been established that a steady increase in demand and production is observed mainly in Asian countries (India, Pakistan), where consumption is focused on fresh dairy products, while in countries with developed economies there is an increasing interest in processed categories: cheeses, functional products and dairy ingredients. Key export positions of dairy products have been identified: butter, cheese, milk powder, characterized by high added value and stable external demand. Changes in consumer preferences are considered, including a growing interest in plant-based alternatives, lactose-free products, sustainable packaging and clean label concepts. A special emphasis is placed on the influence of medical and behavioral factors, such as the spread of GLP-1 therapy, which contributes to the growth of demand for protein and functional products.

Key words: world dairy market, export of dairy products, processing of dairy raw materials, high-protein dairy products, functional dairy products, plant-based alternatives, environmental friendliness and sustainable production, deep processing of milk, smart packaging.

Введение. Глобальный рынок молока и молочной продукции находится в фазе активной трансформации, обусловленной комплексом демографических, экономических, экологических и поведенческих факторов. Рост численности населения, увеличение доходов и изменение структуры потребительских предпочтений формируют устойчивый спрос на молочные продукты как ключевой элемент сбалансированного питания. При этом региональная специфика потребления демонстрирует разнонаправленные тенденции: в развивающихся странах, особенно в Азии, сохраняется акцент на свежие молочные продукты, тогда как в странах с развитой экономикой усиливается интерес к переработанным категориям: сырам, функциональным и высокобелковым продуктам.

На фоне этих изменений возрастает значимость стратегической адаптации производителей за счет таких направлений, как перераспределение сырья, развитие глубокой переработки и внедрение устойчивых технологий. Дополнительное влияние оказывают нормативные инициативы, экологические ограничения, цифровизация каналов реализации и рост популярности растительных альтернатив. В совокупности указанные факторы формируют новые требования к качеству, технологичности и позиционированию молочной продукции, определяя направления развития отрасли на кратко- и среднесрочную перспективу.

Материалы и методы исследований. При выполнении исследований использована статистическая информация Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций, Организации экономического сотрудничества и развития, Министерства сельского хозяйства США и аналитических агентств. Проведенные исследования базировались на методах системного анализа, обобщения и аналогий, экспертных оценок, сравнения, абстрактно-логическом и др.

Результаты и их обсуждение. В 2024 г. мировой рынок молочной продукции демонстрировал высокую степень вариативности, обусловленную региональными особенностями, экономическими факторами и изменением потребительских предпочтений. Основным драйвером роста мирового производства молока стала Индия главным образом за счет увеличения поголовья молочного стада и государственной поддержки. В развитых странах, несмотря на экологические ограничения и сокращение поголовья, сохраняется положительная динамика производства и активный экспорт.

Согласно статистике ФАО¹, а также данным совместного прогноза ФАО и ОЭСР² глобальный объем производства молока в 2023–2024 гг. оценивался на уровне 950–968 млн т. При прогнозируемом среднегодовом темпе прироста на уровне 1,8 % пороговое значение в 1 млрд т, по прогнозу, будет достигнуто в краткосрочной перспективе. В долгосрочном периоде более половины мирового роста, как ожидается, придется на Индию и Пакистан, в то время как в Европейском союзе вследствие усиления требований по сокращению выбросов парниковых газов и внедрения устойчивых технологий прогнозируется некоторое сокращение объемов производства (рисунок 1) [1, 2].

¹ФАО – Food and Agriculture Organization, FAO;

²ОЭСР– Organisation for Economic Cooperation and Development, OECD.

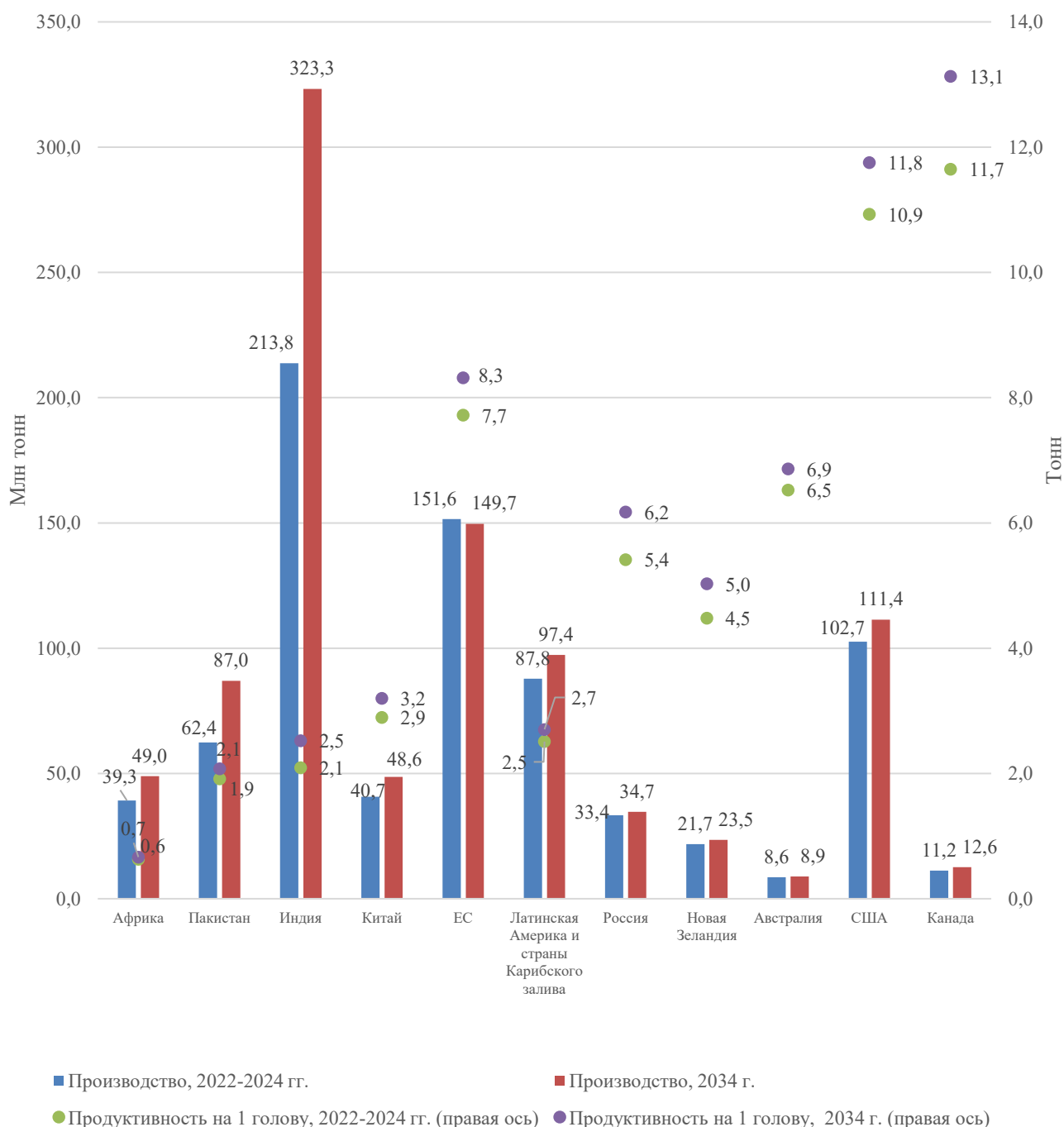


Рисунок 1 – Производство молока и продуктивность молочного стада в отдельных странах и регионах мира
 Источник данных: [2].

Выявлено, что в большинстве стран производство молока ориентировано преимущественно на внутреннее потребление. Объем молочной продукции, вовлеченной во внешнюю торговлю, остается сравнительно небольшим и, по различным оценкам, составляет от 4 до 7 % мирового производства. При этом более 80 % экспортных поставок обеспечивается Европейским союзом, США и Новой Зеландией (таблица 1, рисунок 2) [1, 2].

Таблица 1 – Объем мирового производства молока и торговли молочными продуктами, 2023 г.

Страна	Производство		Экспорт	
	млн т	%	млн т	%
Мир – всего,	968,21	100,00	37,32	100,00
Из них:				
Индия	239,31	25,62	0,05	0,14
Европейский Союз (27)	160,84	17,22	25,54	68,44
США	102,70	10,99	2,05	5,50
Пакистан	64,58	6,91	0,01	0,03
Китай	46,80	5,01	0,05	0,14
Бразилия	36,74	3,93	0,03	0,08
Россия	33,80	3,62	0,14	0,39
Турция	21,48	2,30	0,11	0,31
Новая Зеландия	21,25	2,27	3,22	9,38

Источник данных: [1].

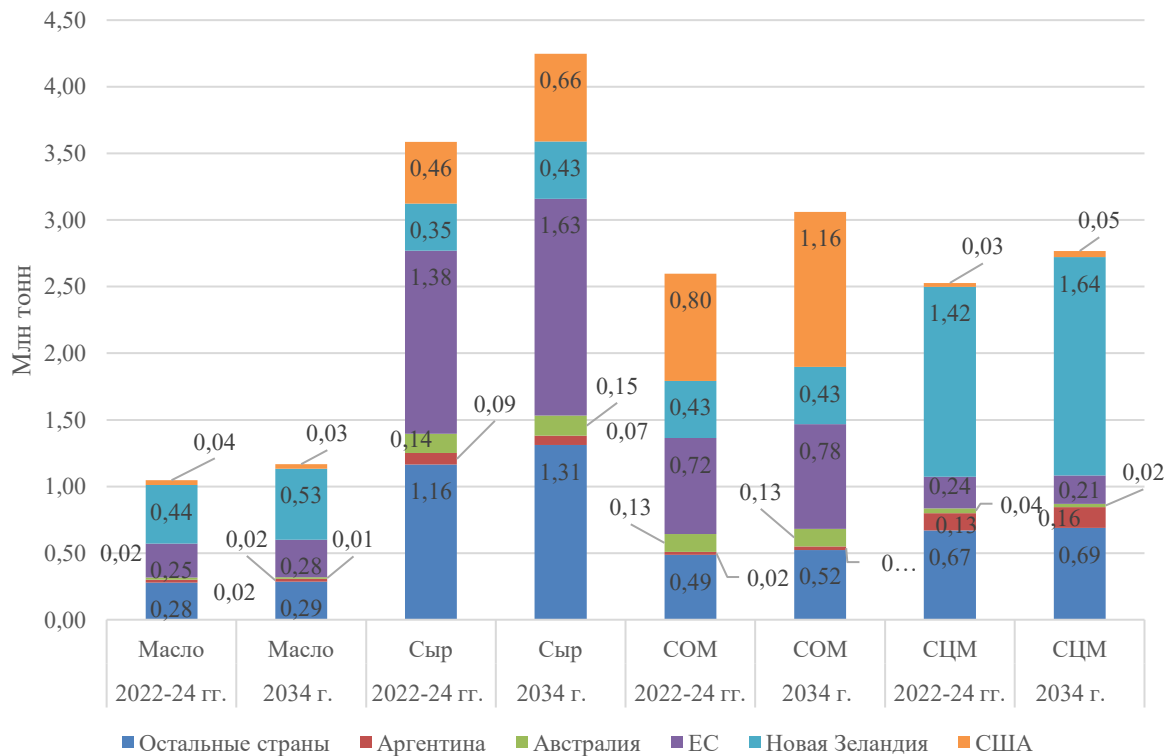


Рисунок 2 – Экспорт молочных продуктов из отдельных стран и регионов мира, млн т

Источник данных: [2].

Основными экспортными позициями на мировом рынке являются сливочное масло, сыр и сухое молоко, т.е. продукты с высокой добавленной стоимостью, стабильным экспортным потенциалом и длительными сроками хранения. Ведущими производителями сыра выступают ЕС и США, на долю которых приходится более 70 % мирового объема. Индия занимает первое место по производству сливочного масла (в основном за счет масла гхи). Однако ключевыми участниками международной торговли в данной категории, как и в сегменте сухого обезжиренного молока, остаются ЕС и США (таблица 2).

Таблица 2 – Производство молочной продукции в разрезе стран, 2022 г.

Страна	Сливочное масло		Сыр		СЦМ		СОМ	
	тыс. т	удельный вес в мировом производстве, %	тыс. т	удельный вес в мировом производстве, %	тыс. т	удельный вес в мировом производстве, %	тыс. т	удельный вес в мировом производстве, %
Индия	5014,8	39,9	5,3	0,0	5,4	0,1	339,7	7,6
ЕС	2298,1	18,3	11765,0	43,7	553,7	14,8	1565,4	35,0
Пакистан	1231,0	9,8	–	–	–	–	–	–
США	945,2	7,5	6597,5	24,5	62,1	1,7	1195,0	26,8
Новая Зеландия	459,0	3,7	375,0	1,4	1400,0	37,4	390,0	8,7
Россия	314,2	2,5	865,2	3,2	18,4	0,5	61,0	1,4
Иран	210,5	1,7	348,9	1,3	0,00	–	17,2	0,4
Соединенное королевство Великобритании и Северной Ирландии	208,6	1,7	511,8	1,9	74,1	2,0	108,7	2,4
Бразилия	146,6	1,2	59,7	0,2	512,9	13,7	–	–
Турция	142,2	1,1	761,4	2,8	22,7	0,6	42,0	0,9
Беларусь	117,2	0,9	276,4	1,0	49,1	1,3	122,3	2,7
Мир – всего	12559,0	100	26892,2	100	3747,2	100,0	4466,3	100,0

Источник данных: [1].

Мировая торговля молочной продукцией в 2024–25 гг. характеризуется активной перестройкой экспортно-импортных потоков, на что оказывают влияние геополитические факторы, логистические ограничения и усиление нетарифного регулирования: нормы по остаткам ветеринарных препаратов, маркировка происхождения и климатические инициативы. Так, внедрение в ЕС и Австралии углеродной отчетности по цепочке поставок (Carbon Footprint Disclosure) влечет для поставщиков дополнительные затраты на сертификацию, что в совокупности с ростом фрахтовых ставок и страховых премий увеличивает конечную стоимость продукции [3–5].

Дополнительное давление на цену оказывают логистические сбои. Так, в результате перебоев в 2024 г. на маршрутах через Суэцкий канал и порты Южной Азии, вынудивших экспортеров переориентировать грузы на Восточную Африку и Тихоокеанский регион, конкурентные преимущества получили производители, оперативно переключившиеся на альтернативные линии и мультимодальные схемы доставки [6, 7].

Основная часть мирового спроса на молочные продукты и компоненты формируется на рынках стран Ближнего Востока, Северной Африки, Юго-Восточной Азии и Китая. Эта тенденция в значительной степени обусловлена расширением среднего класса, ростом покупательной способности и изменением потребительских предпочтений в указанных регионах. В развитых странах общий объем потребления стагнирует, происходит изменение структуры спроса в пользу продукции с улучшенными питательными свойствами, в частности к высокобелковой, растет интерес к премиальным продуктам [1].

Изменение структуры производства за счет увеличения доли высокобелковых и функциональных продуктов сохраняет маржинальность молочного бизнеса в развитых странах и в определенной степени стимулирует перераспределение сырья в сегмент сыров, где концентрируется основная добавленная стоимость и сохраняется стабильный спрос как на внутренних, так и на внешних рынках. Согласно оценке Министерства сельского хозяйства США в молочном секторе Австралии в 2025 г. в силу стабильного внутреннего спроса (особенно на премиальные сыры) их

производство остается в приоритете перед другими молочными продуктами. Прогноз роста экспорта на 2025 г. составляет около 5 % (таблица 3).

Таблица 3 – Прогноз экспорта сыра основными странами-экспортерами, тыс. т

Страна	Год			Темп прироста 2025 г. к 2024 г., %
	2023	2024	2025 (прогноз)	
Австралия	129	167	175	4,8
ЕС	1 385	1 387	1 395	0,6
Новая Зеландия	374	374	425	13,6
США	433	510	547	7,2
Основные экспортеры – всего	2 321	2 438	2 549	4,5

Источник данных: [10].

Аналогичная ситуация наблюдается в Европейском союзе. Несмотря на умеренное снижение объемов сырьевых поставок, прогноз на 2025 г. предполагает сохранение производства сыра на уровне 2024 г. – порядка 10,7 млн т. Для ЕС ключевыми факторами устойчивости выступают стабильный внутренний спрос и активная внешняя торговля. В период январь–май 2025 г. экспорт сыра из ЕС продемонстрировал положительную динамику: наибольший рост поставок зафиксирован в Великобританию, Японию и Южную Корею, тогда как в США экспорт характеризовался умеренным увеличением.

Рост производства сыра прогнозируется в Новой Зеландии, что обусловлено увеличением производственных мощностей, высоким внешним спросом и стабильными ценами, обеспечивающими доходность производства. Ожидается, что экспорт в 2025 г. вырастет на 14 % за счет роста спроса в Китае, Японии и Южной Корее.

Схожие тенденции отмечаются в США: по оценкам, в 2025 г. производство сыра вырастет на 2 %, экспорт – на 7 %, достигнув 547 тыс. т. Основными направлениями роста поставок являются: Япония, Южная Корея, Австралия и ряд стран Латинской Америки. Поддержанию экспортных объемов способствует увеличение перерабатывающих мощностей [8–11].

Наращивание производства и экспорта сыра в ключевых странах-экспортерах поддерживает долгосрочный тренд перераспределения молока-сырья в пользу высокомаржинальных продуктов глубокой переработки. Расширение сыродельного сегмента способствует устойчивому обеспечению сырьевой базы для производства белковых ингредиентов, получаемых из сыворотки, что, в свою очередь, стимулирует развитие сегмента высокобелковых продуктов и функционального питания, где сохраняется устойчивый спрос. В развивающихся странах указанные тенденции получают дополнительный импульс за счет высокой доли молодого, восприимчивого к инновациям населения и активного развития сектора HoReCa, благодаря чему инициируются изменения в ассортиментной структуре, способствующие формированию новых категорий и определяющие стратегические направления развития мировой молочной индустрии.

Наряду с ориентацией потребительского рынка на высокобелковые и функциональные продукты, актуальными остаются тренды, связанные с экологичностью, минимализмом упаковки и расширением сегмента альтернативных продуктов на растительной основе (рисунок 3).

При этом современные потребительские тенденции на рынке молока формируются не только под влиянием устойчивых рыночных запросов, но и в результате воздействия менее предсказуемых факторов: медицинских, поведенческих

и нормативных изменений, способных оказывать значительное влияние на структуру спроса и ассортиментные предпочтения.

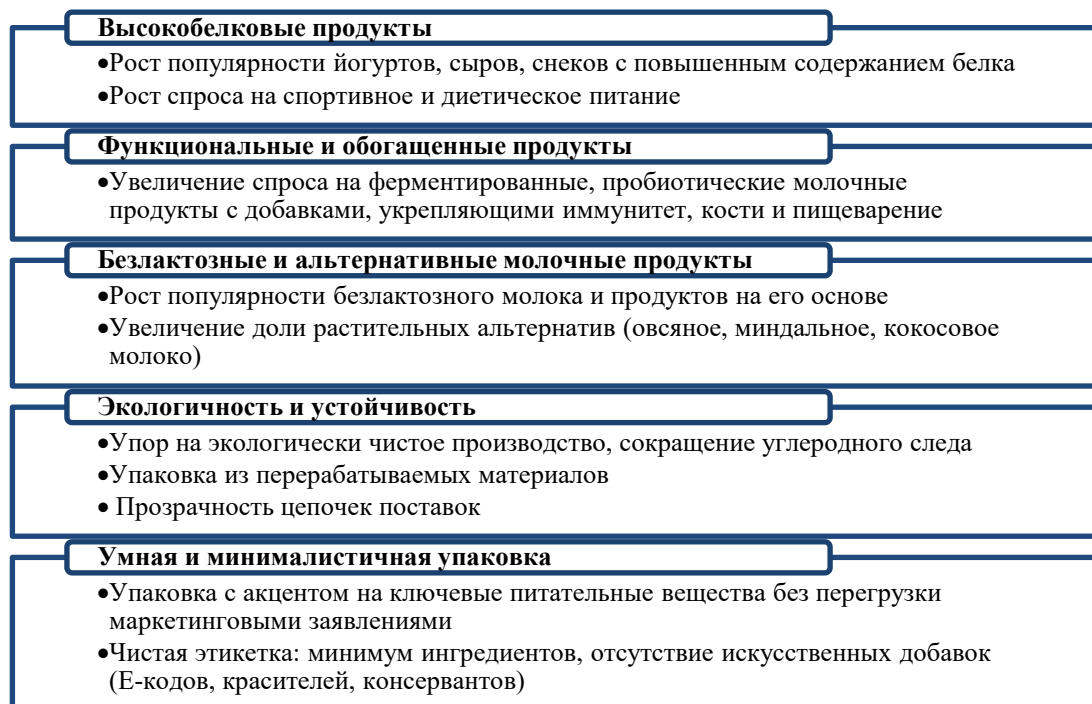


Рисунок 3 – Актуальные тенденции мирового потребительского рынка молочных продуктов

Источник данных: собственная разработка.

Одним из факторов трансформации спроса в настоящее время выступает рост популярности препаратов на основе глюкагоноподобного пептида-1 (GLP-1), применяемых для контроля веса. Согласно исследованию Корнелльского университета (2024 г.) в США это уже привело к снижению потребления жирных молочных продуктов (сыр – (-)7 %, сливочное масло – (-)5 %) и росту продаж функциональных позиций с низким гликемическим индексом, особенно высокобелковых йогуртов (Danone – (+)4 %). По прогнозам, распространение терапии GLP-1 среди десятков миллионов потребителей обеспечит устойчивый спрос на белковые продукты в ближайшие годы [12–14].

К факторам, которые следует принимать во внимание при оценке перспектив развития рынка, относится пересмотр подходов к питанию в США, включая «реабилитацию» молочного жира в рамках обновленной стратегии федеральных программ. Согласно докладу комиссии «Сделаем Америку снова здоровой» (2025 г.) предлагается признать все уровни жирности молочных продуктов допустимыми и полезными и отменить ограничения на их использование в школьном питании. Данные изменения, поддерживаемые отраслевыми ассоциациями, могут стимулировать спрос на жирные молочные продукты, изменить структуру закупок в крупнейшем потребительском сегменте и задать новый ориентир для диетических рекомендаций с потенциальным эффектом на глобальные производственные и маркетинговые стратегии [15].

В настоящее время уже оказывает влияние на глобальную структуру спроса и предложения трансформация молочной отрасли Китая. За последние четыре года уровень самообеспеченности молоком в стране вырос с 63 % до 85 %, что стало результатом масштабной модернизации и государственной стратегии

продовольственной безопасности. Импорт цельного сухого молока сократился на 36 %, вытеснив с рынка около 240 тыс. т продукции, ранее поставляемой из Новой Зеландии и США. Внедрение систем искусственного интеллекта на китайских мегафермах и повышение энергоэффективности новых производственных комплексов формируют технологически обновленную модель, способную изменить глобальные торговые потоки, ценовую конкуренцию и стандарты качества [16].

Таким образом, среднесрочные рыночные тенденции определяются не только очевидными драйверами: устойчивым интересом к функциональности, экологичности и улучшенным свойствам продукции, но и менее предсказуемыми факторами, включая медицинские и поведенческие сдвиги. В центре таких изменений оказывается категория высокобелковых продуктов, являющаяся универсальным ответом на разнообразные потребительские запросы: от контроля веса до поддержки активного образа жизни. В данном контексте представляют интерес примеры стратегий расширения ассортимента в соответствии с рыночными трендами (таблица 4).

Таблица 4 – Функциональные молочные и альтернативные продукты брендов Anchor™ и Latella™

Тип продукта	Функциональные характеристики	Дополнительные функциональные свойства
Anchor Protein+		
Протеиновые напитки	30 г белка на 375 мл	Без лактозы
Греческий йогурт	13 г белка на 180 г (порция)	Сниженное содержание жира
Молоко	15 г белка на 250 мл (порция)	Витамины А и D
Anchor Probiotic		
Йогурт	Пробиотики BB12™	Витамины А и D, сниженное содержание жира
Anchor Calcium		
Молоко ароматизированное для детей	35 % суточной нормы кальция на порцию (250 мл)	Сниженное содержание жира
Молочный десерт для детей	38 % суточной нормы кальция на порцию (150 г)	Сниженное содержание жира
Anchor Zero Lacto		
Молоко	Не содержит лактозу	
Сыр	Не содержит лактозу	
Anchor Immune Support Powder		
Сухое молоко	Пробиотики DR10	Витамины А, С, D, минералы, железо и цинк
Anchor Digestive Support Powder		
Сухое молоко	Пробиотики DR10	Пищевые волокна
Latella Classic		
Сывороточный напиток	Естественный изотоник за счет наличия в сыворотке калия, магния, кальция, натрия	Пребиотический и иммуномодулирующий потенциал (лактоза и биологически активные пептиды для роста полезной микрофлоры)
Latella Protein		
Сывороточный напиток	Сыворотка, обогащен белком	Не содержит лактозу
Latella Vegan		
Растительный напиток	Растительный белок	Растительная альтернатива
Latella Zero		
Сывороточный напиток	Без добавленного сахара	Сниженная калорийность

Источник данных: [17, 18].

Пример новозеландского бренда «Анкор» (Anchor) демонстрирует стратегически выверенный подход к формированию ассортимента на основе линейек продуктов, ориентированных на конкретные потребительские запросы в тренде функционального питания, предлагая потребителю молочные продукты с повышенным содержанием белка (Protein+), с добавлением пробиотиков (Probiotic+), безлактозные решения (Zero Lacto) и продукты, обогащенные кальцием (CalciYum). В линейке сухого молока бренд предлагает решения, ориентированные на поддержку пищеварения (Anchor™ Digestion Support Powder) и иммунной системы (Anchor™ Immune Support Powder Anchor).

Австрийская торговая марка Lattella в рамках одной продуктовой линейки объединяет несколько потребительских запросов: экологичность, функциональность и удобство. Экологичность проявляется в использовании сыворотки (побочного продукта переработки молока), которая благодаря высокому содержанию витаминов (А, С, Е и группы В) и минералов (кальций, магний, калий, фосфор, цинк, йод) придает ему функциональные свойства. В дополнение к базовым вариантам в линейке представлены протеиновые напитки и продукты без добавленного сахара, что расширяет функциональную направленность бренда, а также веганские версии напитка в ответ на актуальный растущий запрос потребителей на этичное и осознанное потребление в рамках тренда на растительные альтернативные продукты.

Устойчивость тренда подтверждается и глобальными оценками: по прогнозам аналитических агентств, в ближайшие 10 лет рынок растительных напитков и продуктов будет расти в среднем на 9 % в год. Особенно активно происходит развитие сегмента в Азиатско-Тихоокеанском регионе. В контексте оценки перспектив молочной отрасли сегмент растительных альтернатив все чаще воспринимается как фактор трансформации, а не исключительно как конкурентный вызов. Несмотря на очевидную конкуренцию между растительными и традиционными молочными продуктами, ведущие производители выбирают адаптивную стратегию, активно поддерживая тренд, создавая отдельные бренды, расширяя существующие линейки за счет веганских продуктов (таблица 5).

Таблица 5 – Направления развития мировых производителей в сегменте альтернативных продуктов

Компания	Страна	Бренды / продукты
Danone	Франция	Alpro, Silk – миндальное, овсяное, кокосовое молоко
Nestlé	Швейцария	Wunda – овсяное молоко; Garden Gourmet – йогурты
Lactalis	Франция	Растительные альтернативы под суббрендами
Friesland Campina	Нидерланды	Напитки на основе овса и сои
Fonterra	Новая Зеландия	Смеси на основе растительных белков

Источник данных: [19–23].

Молочные компании не просто осваивают выпуск продуктов на растительной основе, но и активно инвестируют в исследования и разработки (R&D), улучшая вкус, текстуру и питательную ценность альтернатив. Такой подход позволяет им не только сохранить лояльность потребителей, но и занять позиции в новых сегментах рынка, формируя более гибкую и диверсифицированную продуктовую стратегию.

Одним из факторов, формирующих доверие потребителя, выступает стремление к информативности, функциональности и прозрачности упаковки, которая, как считается, должна содержать сведения только о ключевых питательных веществах, без перегрузки маркетинговыми заявлениями. Дополнительным критерием доверия служит концепция «чистой этикетки»: минимальный состав и отсутствие искусственных добавок (Е-кодов, красителей, консервантов) воспринимаются как признак качества и способствует формированию доверия потребителя.

Дополнительно усиливается роль визуальной коммуникации: лаконичные графические элементы и структурированный дизайн обеспечивают интуитивное восприятие информации, а такие решения, как цветовая кодировка для обозначения жирности, делают выбор более простым и осознанным.

В сегменте молочной продукции упаковка становится не только носителем информации, но и активным элементом контроля качества, устойчивости и взаимодействия с потребителем. На этом фоне значимость приобретают инновационные подходы, включая интеллектуальные решения, основанные на цифровых, сенсорных и защитных технологиях. Умная упаковка не только обеспечивает сохранность продукта, но и выполняет функции отслеживания, контроля температуры, защиты от вскрытия, а также интерактивной коммуникации с потребителем, являющейся особенно актуальной в условиях роста e-commerce (таблица 6).

Таблица 6 – Направления развития и совершенствования упаковки для молочных продуктов

Функция	Описание и применение
Отслеживание (RFID/NFC)	Встроенные чипы RFID или NFC позволяют отслеживать продукт на всех этапах поставки. Актуально в e-commerce для контроля логистики.
Индикаторы температуры	Сенсоры фиксируют отклонения от допустимого температурного режима. Актуально для йогуртов, пробиотиков, ультрапастеризованного молока.
Защита от вскрытия	Элементы, сигнализирующие о вскрытии или подделке упаковки: голограммы, термоиндикаторы, цифровые пломбы.
QR-коды и AR-элементы	Позволяют потребителю получить информацию о происхождении, составе, сроке годности, просмотреть видео или инструкции.
Индикаторы свежести	Биосенсоры отслеживают биохимические изменения и сигнализируют о порче продукта.
Интеграция с IoT	Упаковка становится частью сети: данные о продукте передаются в облако, где их можно анализировать и визуализировать.

Источник данных: [24–29].

Перспективы представленных в таблице технологий актуальны в сегменте пробиотических йогуртов, функциональных напитков и премиальных сыров, где критичны прозрачность, безопасность и стабильность условий хранения.

Обобщая ключевые тенденции потребительского рынка, можно отметить, что функциональные молочные продукты все чаще входят в повседневный выбор, а интерес к растительным альтернативам, локальному производству и цифровым каналам распространения наблюдается не только в странах с развитой экономикой. Важно, что рассмотренные изменения в потребительском поведении напрямую влияют на подходы к переработке молочного сырья, формируя новые требования к качеству, функциональности и технологическим характеристикам компонентов.

В ответ на устойчивый спрос на продукты с повышенным содержанием белка производители все активнее используют высококонцентрированные белковые фракции: молочные белковые концентраты, изоляты сывороточных белков и казеина. По итогам 2023 г. объем мирового рынка сывороточных белков достиг 10,5 млрд долл. США. В 2024 г. отмечено усиление интереса к высокомаржинальным белковым ингредиентам, востребованным в сегментах спортивного питания, функциональных напитков и специализированных диет, что привело к смещению производственного акцента с выпуска сухой сыворотки к получению белковых концентратов и изолятов.

Внутри рассматриваемого сегмента наибольшую долю (58 %) занимают концентраты сывороточного белка (WPC), далее следуют изоляты (WPI), гидролизаты и деминерализованные белки. Наиболее динамично развивается сегмент гидролизатов

с прогнозируемым среднегодовым темпом роста от 7,5 до 9,9 % в течение следующего десятилетия [30–32]. Основные объемы производства концентратов сывороточного белка (WPC) сосредоточены в странах Европейского союза (44 %), в Северной Америке (40 %) и Азиатско-Тихоокеанском регионе (12 %). Те же регионы доминируют на рынке высококонцентрированных белков (КСБ-80). При этом в Европе отмечаются самые высокие цены.

Активное развитие направлений функционального, специализированного и персонализированного питания, причем не только в сегменте молочных продуктов, но и в таких категориях, как детское питание, кондитерские изделия и хлебобулочная продукция, усиливает интерес к глубокой переработке молока с целью извлечения минорных компонентов: лактоферрина, иммуноглобулинов, фосфолипидов, витаминов и минералов. По оценке аналитиков, рынок лактоферрина в ближайшее десятилетие ожидает устойчивый рост с совокупным среднегодовым темпом роста на уровне 8,6 % [33].

Дополнительным стимулом развития технологий глубокой переработки выступает потребительский запрос на «чистую этикетку». В рамках данной тенденции потребитель отдает предпочтение продуктам с минимальным числом компонентов натурального происхождения.

Выводы. Мировой рынок молока и молочной продукции находится в стадии определенной трансформации, где традиционные факторы переплетаются с новыми вызовами и тенденциями. С одной стороны, сохраняется устойчивый спрос, поддерживаемый демографическими и экономическими изменениями, с другой – усиливается влияние экологических, нормативных и поведенческих факторов, формирующих новые стандарты качества и устойчивости. Производители вынуждены адаптироваться к изменяющейся структуре потребления, где, наряду с классическими категориями, все большую роль играют продукты глубокой переработки, функциональные решения и растительные альтернативы. В совокупности это определяет стратегическое направление развития отрасли, основанное на диверсификации, инновациях и поиске баланса между внутренним и внешними рынками.

Примечание. Исследование выполнено в рамках задания 5.10 «Разработка эффективных организационно-технологических решений переработки молочного сырья» НИР 5 «Разработка организационно-экономического инструментария продвижения научно-технических разработок на примере предприятий молочной промышленности Республики Беларусь» ГПНИ «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность» на 2021–2025 годы, подпрограмма «Продовольственная безопасность» (№ гос. регистрации 20231176).

Список использованных источников

1. FAOSTAT Statistics // Food and Agriculture Organization of the United Nations. – Rome: FAO, 2025. – URL: <https://www.fao.org/statistics/en/> (date of access: 17.10.2025).
2. OECD-FAO Agricultural Outlook 2025-2034. – Paris: OECD Publishing, 2025. – 166 p. – URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/07/oecd-fao-agricultural-outlook-2025-2034_3eb15914/601276cd-en.pdf (date of access: 17.10.2025).
3. Wilkinson, B. What You Need To Know About Carbon Accounting In Europe / B. Wilkinson. –

New York: Oliver Wyman, 2025. – URL: <https://www.oliverwyman.com/our-expertise/insights/2023/aug/carbon-accounting-europe.html> (date of access: 31.10.2025).

4. Walsh, Sh. The business case for carbon accounting: What it is and why it matters / Sh. Walsh // Carbon Direct. – URL: carbon-direct.com/insight/the-business-case-for-carbon-accounting-what-it-is-and-why-it-matters (date of access: 21.10.2025).

5. Kelly, A. Mandatory Australian Climate-Related Disclosure: Implications of AASB S1 & AASB S2 on Damages and Valuations / A. Kelly, S. Munson // HKA Global holdings Ltd. – URL: <https://www.hka.com/article/mandatory-australian-climate-related-disclosure-implications-of-aasb-s1-aasb-s2-on-damages-and-valuations>. – Date of publ.: 04.12.2024.

6. Проблемы в Красном море и Суэцком и Панамском каналах повлекли кардинальное изменение глобальных сетей судоходства и морских грузопотоков // Обзор морского транспорта – 2024 год. Лавирование по стратегически важным морским коридорам. Общий обзор: материалы Конференции организации объединенных наций по торговле и развитию, г. Женева, 2024 г. / UNCTAD. – Женева, 2024. – С. 5–6.

7. Kamali, P. Red Sea Attacks Disrupt Global Trade / P. Kamali, R. Koepke, A. Sozzi, J. Verschuur // International Monetary Fund. – URL: [img.org/en/blogs/articles/2024/03/07/red-sea-attacks-disrupt-global-trade](https://www.imf.org/en/blogs/articles/2024/03/07/red-sea-attacks-disrupt-global-trade). – Date of publ.: 07.03.2024.

8. Lyubomirova, T. Cheese trends: American cheese slumps, specialty thrives / T. Lyubomirova // DairyReporter.com. – URL: <https://www.dairyreporter.com/Article/2025/07/22/us-cheese-trends-2025-specialty-varieties-surge-as-american-cheese-slumps/>. – Date of publ.: 22.07.2025.

9. Cheese Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2025 – 2030) // The Mordor Advantage. – URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/cheese-market> (date of access: 20.10.2025).

10. Dairy: World Markets and Trade // United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service. – URL: <https://www.fas.usda.gov/sites/default/files/2025-07/dairy.pdf> (date of access: 20.10.2025).

6. Problemy v Krasnom more i Sujeckom i Panamskom kanalah povlekli kardinal'noe izmenenie global'nyh setej sudohodstva i morskikh gruzopotokov [The problems in the Red Sea and the Suez and Panama Canals have led to a fundamental change in global shipping networks and maritime cargo flows] // Obzor morskogo transporta – 2024 god. Lavirovanie po strategicheski vazhnym morskim koridoram. Obshhij obzor: materialy Konferencii organizacii obedinennyh nacij po trgovle i razvitiju, g. Zheneva, 2024 g. / UNCTAD. – Zheneva, 2024. – S. 5–6.

11. New Zealand Whole Milk Powder Production Set for Slight Decline Amid Strategic Shift // DairyNews.today. – URL: <https://dairynews.today/news/new-zealand-whole-milk-powder-production-set-for-slight-decline-amid-strategic-shift.html>. – Date of publ.: 05.09.2024.
12. Monaco, L. GLP-1 adoption and its impact on food demand / L. Monaco // West Lafayette: Purdue University Center for Food and Agricultural Business. – URL: <https://www.thebullvine.com/news/updated-article-glp-1-weight-loss-drugs-reshape-dairy-demand-as-consumers-cut-back-on-cheese-butter-and-ice-cream/>. – Date of publ.: 31.03.2025.
13. GLP-1 Weight-Loss Drugs Reshape Dairy Demand as Consumers Cut Back on Cheese, Butter, and Ice Cream // The Bullvine. – URL: <https://www.thebullvine.com/news/glp-1-weight-loss-drugs-reshape-dairy-demand-as-consumers-choose-protein-rich-options>. – Date of publ.: 18.02.2025.
14. Characteristics and food consumption for current, previous, and potential consumers of GLP-1s / A. Dilley, S. Adhikari, P. Silwal [et al.] // Food Quality and Preference. – 2024. – Vol. 118. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329324001735> (date of access: 20.10.2025).
15. Gelski, J. MAHA report calls for eliminating whole milk restrictions / J. Gelski // Dairy processing. – URL: <https://www.dairyprocessing.com/articles/3555-whole-milk-restrictions-in-schools-eliminated>. – Date of publ.: 09.10.2025.
16. China's dairy revolution: the wake-up call that's reshaping everything we know about global milk markets // The Bullvine. – URL: <https://www.thebullvine.com/news/chinas-dairy-revolution-the-wake-up-call-thats-reshaping-everything-we-know-about-global-milk-markets>. – Date of publ.: 15.07.2025.
17. Fonterra Co-operative Group: [site]. – Auckland, 2023. – URL: <https://www.anchor dairy.com/nz/en.html> (date of access: 10.11.2025).
18. Lattella: [site]. – Wels, 2025. – URL: <https://www.lattella.at.de> (date of access: 10.11.2025).
19. Danone: [site]. – Paris, 2025. – URL: <https://www.danone.com> (date of access: 10.11.2025).
20. Nestlé: [site]. – Vevey, 2025. – URL: <https://www.nestle.com> (date of access: 10.11.2025).
21. Lactalis Groupe: [site]. – Laval. – URL: <https://www.lactalis.com> (date of access: 10.11.2025).
22. FrieslandCampina: [site]. – Amersfoort. – URL: <https://www.frieslandcampina.com> (date of access: 10.11.2025).

23. Fonterra: [site]. – Auckland. – URL: <https://www.fonterra.com> (date of access: 10.11.2025).
24. Practical Applications of RFID Technology in the Dairy Sector with Kyubi System // Kyubi System. – URL: <https://www.kyubisystem.com/en/products/rfid-for-food/rfid-for-dairy-products/> (date of access: 10.11.2025).
25. Хорошилова, Т. RFID-метки в действии: примеры внедрения и оптимизации логистики на реальных примерах / Т. Хорошилова // Актуальные исследования. – 2022. – № 15 (94). – С. 25–31.
25. Horoshilova, T. RFID-metki v dejstvii: primery vnedrenija i optimizacii logistiki na real'nyh primerah [RFID Tags in Action: Real-World Examples of Logistics Implementation and Optimization] / T. Horoshilova // Aktual'nye issledovanija. – 2022. – № 15 (94). – S. 25–31.
26. Intelligent packaging of dairy products / M. Talha, S. Arif, M.K.I. Khan, A.A. Maan // Intelligent Packaging. Current Technologies and Applications / ed. by: S.P. Bangar, M. Trif. – London, 2024. – P. 217–250.
27. Lebovitz, R. Safeguarding the Dairy Supply Chain with Security Seals / R. Lebovitz // Packaging Technology Today. – URL: <https://www.packagingtechtoday.com/featured/safeguarding-the-dairy-supply-chain-with-security-seals>. – Date of publ.: 06.05.2025.
28. Marius, R. Smart Packaging in the Dairy Industry: Enhancing Consumer Experience and Product Integrity / R. Marius // Nahitra. – URL: <https://www.nahitra.com/tips-for-consumers/smart-packaging-in-the-dairy-boosting-consumer-experience>. – Date of publ.: 27.10.2024.
29. Sobhan, A. IoT-Enabled Biosensors in Food Packaging: A Breakthrough in Food Safety for Monitoring Risks in Real Time / A. Sobhan [et al.] // Foods 2025. – 2025. – № 14 (8). – URL: <https://doi.org/10.3390/foods14081403> (date of access: 21.08.2025).
30. Whey Protein Powder Market Outlook, 2023–2032 // Polaris Market Research. – URL: <https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/whey-protein-powder-market> (date of access: 10.11.2025).
31. Whey Protein Market Size, Share, Trends & Growth Forecast Report // Market Data Forecast. – URL: <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/whey-protein-market> (date of access: 10.11.2025).
32. Protein Hydrolysates Market Forecast 2025–2033 // Data Insights Market. – URL: <https://www.datainsightsmarket.com/reports/protein-hydrolysates-1248579> (date of access: 10.11.2025).
33. Lactoferrin Market Size, Share & Trends, 2025–2030 // Grand View Research. – URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/lactoferrin-market> (date of access: 10.11.2025).

*М.Л. Климова, магистр управления и права
Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь*

**СТРАТЕГИЧЕСКИЙ КУРС В РАЗВИТИИ МОЛОЧНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ДОБАВЛЕННУЮ ТОВАРНУЮ
СТОИМОСТЬ: ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ – ИННОВАЦИИ – ЭКСПОРТ**

*M. Klimova
Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus*

**STRATEGIC COURSE IN THE DEVELOPMENT OF THE DAIRY
INDUSTRY FOR ADDED COMMODITY VALUE:
IMPORT SUBSTITUTION – INNOVATION – EXPORT**

e-mail: klimovaml@tut.by

В статье представлены результаты анализа текущего состояния и тенденций развития молокоперерабатывающей отрасли в Республике Беларусь в сопоставлении с основными странами-производителями и странами-экспортерами на мировом рынке молока. Определены ключевые направления развития отечественной молокоперерабатывающей промышленности, обозначенные в Стратегии развития молокоперерабатывающей отрасли до 2035 года. Установлены перспективные сегменты и категории молочной продукции в обеспечении национальной продовольственной безопасности и реализации экспортного потенциала, включая: производство высокомаржинальных и востребованных на мировом рынке продуктов.

Ключевые слова: молокоперерабатывающая отрасль, стратегия развития, мировой рынок молока и молочной продукции, диверсификация рынков сбыта, экспорт молочной продукции.

В статье представлены результаты анализа текущего состояния и тенденций развития молокоперерабатывающей отрасли в Республике Беларусь в сопоставлении с основными странами-производителями и странами-экспортерами на мировом рынке молока. Определены ключевые направления развития отечественной молокоперерабатывающей промышленности, обозначенные в Стратегии развития молокоперерабатывающей отрасли до 2035 года. Установлены перспективные сегменты и категории молочной продукции в обеспечении национальной продовольственной безопасности и реализации экспортного потенциала, включая: производство высокомаржинальных и востребованных на мировом рынке продуктов.

Key words: dairy processing industry, development strategy, global milk and dairy product market, diversification of sales markets, dairy product export.

Республика Беларусь входит в число мировых лидеров по уровню самообеспечения молоком, объему внутреннего потребления и экспорту. Молочная отрасль многие годы остаётся одной из ведущих в национальной экономике. Для сохранения высоких позиций на глобальном рынке в условиях растущей конкуренции нужны выверенные и эффективные действия, определенные в **Стратегии развития молокоперерабатывающей отрасли до 2035 года**, разработанной Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь совместно с облисполкомами и утвержденной 24 ноября 2025 года.

Молочная отрасль в обеспечении продовольственной безопасности Республики Беларусь.

Обеспечение населения продовольствием высокого качества в необходимом объеме является одной из основных задач обеспечения национальной продовольственной безопасности. Так, **уровень самообеспечения по молоку** достиг в Беларуси 292 % (в 2000 г. – 120 %). Стоит отметить, что в Европейском союзе

данный показатель в среднем составляет 117,4 %, в том числе в странах:

- Центральной Европы (Германия, Франция, Ирландия) – 134 %;
- Северной Европы (страны Скандинавии) – 138 %;
- Восточной Европы – 107 % (Польша – 128,5 %, Чехия – 137 %, Венгрия – 93,1 %, Румыния – 55,2 %, Словакия – 71,9 %, Болгария – 60,5 % и др.);
- Южной Европы – 80 %, что свидетельствует о нехватке молока (Италия – 84 %, Испания – 72 %, Португалия – 79 %, Греция – 52 % и др.).

Кроме того, достигнут высокий показатель **по уровню производства молока в расчете на душу населения (958 кг)**, что в 3,9 раза превышает среднедушевое потребление в стране (247 кг) и в 8 раз – в мире (118 кг). В целом по ЕАЭС указанный показатель составляет 263 кг молока на человека, в том числе в Казахстане – 180, Кыргызстане – 252, России – 233 кг (таблица 1).

Таблица 1 – Производство молока на душу населения, кг

Регион, страна	Год							
	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
ЕАЭС	245	257	242	261	263	251	259	263
в том числе:								
Армения	189	197	242	221	226	210	200	189
Беларусь	587	699	744	827	840	853	908	958
Казахстан	314	330	295	323	329	171	175	180
Кыргызстан	232	249	245	248	248	249	250	252
Россия	217	221	203	218	220	225	231	233

Источник данных: [1].

Беларусь вошла в число лидеров мирового рейтинга по потреблению **цельномолочной** продукции и масла сливочного на душу населения, опередив страны Евросоюза, а также Канаду и США. Так, потребление цельномолочной продукции в Беларуси – 118 кг/чел., Новой Зеландии – 103 кг/чел., Австралии – 92 кг/чел., Канаде – 69 кг/чел., США – 60 кг/чел., ЕС в среднем – 53 кг/чел., России – 47 кг/чел., Китае – 12 кг/чел. Беларусь находится на втором месте после Новой Зеландии (6,2 кг/чел.) по потреблению масла сливочного на душу населения – 5 кг/чел., в ЕС в среднем – 4,2 кг/чел., Канаде – 4 кг/чел., Австралии – 4 кг/чел., США – 3 кг/чел., России – 3 кг/чел.

В соответствии со сложившимся спросом **темп роста поставок молочной продукции на внутренний рынок** за январь-сентябрь 2025 г., согласно статистической отчетности, составил: масла сливочного – 112 %, сыров – 103 %, молочных консервов – 106 %, сухих смесей детских – 106 %.

Отдельного внимания заслуживает молочная сыворотка. В начале века она использовалась на корм скоту или утилизировалась. В 2004 г. в стране перерабатывалось лишь 8 % из 1 млн т молочной сыворотки. Сейчас на молокоперерабатывающих предприятиях республики получают более 3 млн т сыворотки, которая практически полностью вовлечена в дальнейшую переработку. Достижение таких результатов стало возможным благодаря поставленной Главой государства задаче, реализованной в рамках республиканской программы переработки молочной сыворотки и производства сухих молочных продуктов, стратегий развития молокоперерабатывающей отрасли.

Доля **экспорта продовольственных товаров** в общем экспорте республики превышает **24 %**. За последние годы Беларусь достигла значительных результатов во внешней торговле и получила статус одного из ведущих экспортеров продовольствия.

Молочная продукция поставляется в 55 стран мира. **Наибольший удельный вес (80 %) приходится на страны СНГ (включая Российскую Федерацию). Доля стран дальнего зарубежья составляет порядка 20 %.**

Если не учитывать торговлю между странами Евросоюза, Беларусь занимает в мире 5-е место по объему экспорта сливочного масла в физическом выражении, 4-е – по экспорту сыра, 3-е – сгущенного концентрированного молока, сухой сыворотки и ее компонентов.

Для дальнейшего развития диверсификации рынков сбыта с учетом мировых тенденций необходимо обозначить приоритетные направления технико-технологического развития для отечественной молочной индустрии.

Ключевые вызовы и угрозы, требующие стратегических решений:

- высокая зависимость от рынков ЕАЭС (в первую очередь, России);
- концентрация на «сырьевых» товарах: высокая доля сухого молока, сливочного масла в экспорте;
- растущая глобальная конкуренция: давление со стороны ЕС, Новой Зеландии, США, Индии;
- волатильность цен на мировом рынке.

Анализ мирового рынка.

Если в 2024-м году на рынке отмечалась стагнация, то за 8 месяцев 2025 г. ситуация стабилизировалась, производство молока в мире снова начало прирастать. **Мировое производство** в крупнейших экспортных регионах продолжает расти (основные игроки молочного рынка представлены в таблице 2). В отдельных странах (США, Новая Зеландия и др.) рост производства привел к снижению цен на молоко и молочную продукцию, что свидетельствует об ужесточении конкуренции на мировом рынке и безусловно выступает значимым фактором при определении стратегии развития.

Таблица 2 – Основные игроки молочного рынка: ключевые мировые экспортеры и импортеры сыра, масла и сухого молока

Страна	Период	Производство молочной продукции, млн т	По сравнению с 2024 годом	
			+/-, млн т	%
ЭКСПОРТЕРЫ				
Аргентина	январь-август 2025	7,416	+713	+10,6
Австралия	январь-август 2025	5,025	-150	-2,9
Беларусь	январь-август 2025	6,193 (оценка)	+266	+4,5
Чили	январь-август 2025	1,422	+88	+6,6
Новая Зеландия	январь-август 2025	10,473	+147	+1,4
ЕС-27	январь-август 2025	99,999 (оценка)	-79	-0,1
США	январь-август 2025	70,173 (оценка)	+1,181	+1,7
Уругвай	январь-август 2025	1,343 (оценка)	+63	+5,0
Всего		202,043	2,231	+1,2
ИМПОТЕРЫ				
Бразилия	январь-июнь 2025	13,456 (оценка)	+864	+6,9
Япония	январь-август 2025	5,031	+65	+1,3
Мексика	январь-июль 2025	8,155	+187	+2,3
Великобритания	январь-август 2025	10,945 (оценка)	+474	+4,5
Россия	январь-август 2025	23,273 (оценка)	-1	0,0
Турция	январь-август 2025	7,649	+80	+1,1
Всего		68,508	1,668	+2,6

Источник информации: [2].

По данным Rabobank в 2025 г. предложение молока увеличится на 1,6 %, в 2026 г. – ещё на 0,6 %. Совокупный прирост составит 7,1 млн т за два года. Пик производства в «большой семёрке» экспортеров ожидается во второй половине 2025 г.

Устойчивые цены на молочную продукцию способствовали росту фермерских доходов: в Новой Зеландии закупочные цены на молоко выросли на 27 % за год, в ЕС – на 18 %. Хорошая урожайность кормов удерживает себестоимость, что стимулирует производство. В США производство в июле показало максимальный рост с 2021 г. (+3,4 % к прошлому году). В Новой Зеландии старт сезона оказался рекордным. В Европе восстановление идёт медленнее из-за последствий вируса блютанга и засухи, но Ирландия и Польша обеспечат прирост. В Южной Америке сохраняются высокие объёмы после слабого 2024 г. В Океании в октябре ожидается пик сезона: Австралия столкнётся с ограничениями из-за нехватки кормов, тогда как Новая Зеландия демонстрирует сильные позиции.

В 2025 г. объем мирового производства молока (основные производители представлены в таблице 3, товарность молока – таблица 4) от всех видов продуктивных животных оценивается в объеме 992,7 млн т (данные FAO), из которых 92 % приходится на коровье молоко, доля которого будет расти.

Таблица 3 – Основные производители молока в мире, 2023 г.

Рейтинг	Страна / регион	Объем производства, тыс. т		Темп роста 2023 г. к 2019, %	Доля в мире, %	
		2019 г.	2023 г.		2019 г.	2023 г.
1	Индия	198 671	220 039	110,8	22,7	23,7
2	ЕС–27	152 160	154 232	101,4	17,4	16,6
3	США	99 109	103 421	104,4	11,3	11,2
4	Пакистан	55 957	62 957	112,5	6,4	6,8
5	ЕАЭС	46 9,2	47 894	102,3	5,4	5,2
6	Китай	33 419	43 579	130,4	3,8	4,7
7	Бразилия	36 236	37 322	102,7	4,2	4,0
8	Новая Зеландия	21 845	21 243	97,2	2,5	2,3
9	Турция	22 960	21 617	94,1	2,6	2,3
10	Великобритания	15 542	15 922	102,4	1,8	1,7

Источник данных: FAO.

Торговля составляет 85,5 млн т (удельный вес – 8,6 %). К 2033 г. прогнозируется прирост коровьего молока на 18,7 %.

По состоянию на начало 2024 г. мировым лидером по производству молока являлась Индия, на долю которой приходилось 23,7 % мирового объема молока и 35 % мирового объема производства масла (5,3 млн т). При этом Индия, где корова считается священным животным, продолжает прирастать и по поголовью КРС, и по объемам производства молока. Это рост может отразиться на мировых ценах на молоко и масло.

Таблица 4 – Товарность молока в мире

Страна	Производство молока всего, млн т	Поступило на заводы, млн т		Товарность, %
Мир	927	468	+1,5 %	50
Индия	220	120	+2,2 %	55
ЕС–27	154	125	+0,8 %	81
США	103	81	+0,3 %	79
Китай	44	27	+8,7 %	61
Россия	34	24	+1,2 %	71

Источник данных: FAO.

В Республике Беларусь за январь-сентябрь 2025 г. темп роста поступления молока-сырья в зачетном весе составил 105,9 %. Сохраняется положительная динамика производства основной номенклатуры молочной продукции. Темп роста производства отдельных групп продукции: сыров жирных – 108,3 %, ЦМП – 110,2 %, масла – 100,3 %, консервов сгущенных – 121,0 %, мороженого – 100,6 %, сухого цельного молока – 131,4 %, сухой сыворотки – 109,2 %.

Начаты масштабные проекты по производству высокобелковых молочных сухих продуктов и компонентов для детского питания, быстрорастворимого молока сухого, смесей для специализированного питания, многокомпонентных смесей для спортивного, лечебно-профилактического питания, реализация которых будет ориентирована на рынки дальнего зарубежья, сложного но дорогостоящего продукта – лактоферрина, по производству молочного жира, освоены различные форматы упаковки как для сыров, так и для масла и детского питания, а также цельномолочные продукты (в том числе десертной группы с наполнителями, йогурты, коктейли, смузи с современными вкусами, продукты безлактозные и низколактозные, продукты без добавленного сахара и иная специализированная продукция).

Говоря о ключевых странах-импортерах и экспортерах в разрезе видов молочной продукции, необходимо отметить возрастающую роль Индии в экспорте масла – темп роста в текущем году составил 156 %. В то же время свои позиции потеряла Аргентина – (-)130 %. В структуре мирового импорта СОМ и СЦМ ключевая роль принадлежит Китаю, на втором месте – Аргентина.

В структуре экспорта масла за январь-май 2025 г. лидером по-прежнему остается Новая Зеландия, объемы экспорта из стран ЕС-27 сохраняются на уровне прошлого года.

Беларусь – заметный игрок на мировом молочном рынке. По ряду позиций страна входит в топ-10 мировых экспортеров. Но, работая на международной арене, важно понимать, с какими компаниями приходится конкурировать. Ключевые компании-конкуренты сосредоточены в Европе (согласно данным таблицы 5), в последние годы Китай наращивает объемы производства, а крупнейшие молокопереработчики из Поднебесной поднимаются по ступенькам мирового рейтинга, увеличивая товарооборот.

Таблица 5 – Топ-20 ведущих компаний молочного рынка

Год		Компания	Страна	Товарооборот, 2024 г.	
2025	2024			млн долл. США	млн Euro
1	2	3	4	5	6
1	1	Lactalis	Франция	31,9 ↑	28,9 ↑
2	2	Nestle	Швейцария	23,9 ↑	21,6 ↑
3	3	Dairy Farmers of America	США	23,0	20,8
4	4	Danone	Франция	20,7 ↑	18,8 ↑
5	5	Yili	Китай	15,8 ↑	14,3 ↑
6	7	Arla Foods	Дания	15,0 ↑	13,6 ↑
7	6	Fonterra	Новая Зеландия	14,7 ↑	13,3 ↑
8	8	FrieslandCampina	Нидерланды	14,0	12,7
9	10	Saputo	Канада	13,9	12,6
10	9	Mengniu	Китай	12,3	11,2
11	11	Unilever	Великобритания	9,0	8,1
12	13	Savencia	Франция	7,7 ↑	7,0 ↑
13	12	Schreiber Foods	США	7,5 ↑	6,8 ↑
14	14	Gujarat Cooperative Milk Marketing Federation Ltd	Индия	7,3	6,6

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6
15	15	Müller	Люксембург	6,9 ↑	6,2 ↑
16	16	Sodiaal	Франция	6,6 ↑	6,0 ↑
17	17	Afropur	Канада	6,4	5,8
18	19	Froneri	Великобритания	6,0	5,4
19	18	DMK	Германия	5,5	5,0
20	20	Grupo Lala	Мексика	5,5	5,1

Источник данных: [3].

По данным ежегодного рейтинга Rabobank Global Dairy Top 20 за 2024 год, совокупная выручка крупнейших производителей молочной продукции выросла на 0,6 % и составила 224 млрд долл. США. Лидером остаётся французская Lactalis (31,9 млрд долл. США), далее следуют Nestlé (23,9 млрд долл. США), Dairy Farmers of America (23,0 млрд долл. США) и Danone (20,7 млрд долл. США). Китайские Yili и Mengniu укрепили позиции. В 2026 г. ожидаются перестановки в топ-20 из-за волны слияний и поглощений.

Пятерка крупнейших компаний по объёму продаж молочной продукции в рейтинге 2025 года осталась прежней: первые три места заняли Lactalis, Nestlé и Dairy Farmers of America, далее следуют Danone и Yili.

Nestlé – два подразделения компании, занимающиеся молочной продукцией – молочные продукты и мороженое, а также детское и медицинское питание. Согласно годовому отчету Nestlé, рост зафиксирован только в Китае и Тайване главным образом в категории детского и медицинского питания». Nestlé также проявляет активность в сфере слияний и поглощений, в т. ч. в сегментах с высокой добавленной стоимостью, таких как выдержанные сыры, функциональные йогурты и детское питание.

Положительной динамике развития Danone способствовало восстановление продаж в Азии. Замыкает пятерку лидеров китайская компания Yili с оборотом 15,8 млрд долл. США. Несмотря на снижение выручки на 1,7 млрд долл. США по сравнению с предыдущим годом (–9,7 %), Yili по-прежнему является одной из сильнейших мировых молочных компаний, что говорит о серьезном потенциале азиатского рынка молочной продукции. В Китае наблюдается стабильный рост потребления молочной продукции в расчете на душу населения, во многом благодаря росту располагаемых доходов и высоким темпам урбанизации.

Эксперты Rabobank отмечают, что активность в сфере слияний и поглощений может привести к существенным изменениям в рейтинге в следующем году. В число наиболее значимых для молочного рынка сделок входят объединение FrieslandCampina и Milcobel, слияние Arla Foods и DMK Group, а также выделение из состава компании Unilever подразделения по производству и продаже мороженого. Французский производитель сыров Savencia поднялся на одну строчку рейтинга после закрытия сделки по приобретению аргентинской молочной компании Williner, что способствовало увеличению выручки примерно на 344 млн долл. США (295 млн евро). В рейтинге Global Dairy Top 20 эта компания расположилась на 12-м месте, а ее оборот по итогам 2024 г. составил 7,7 млрд долл. США [3].

Как будет развиваться молокоперерабатывающая отрасль Беларуси до 2035 года?

Ключевые направления **Стратегии развития молокоперерабатывающей отрасли Республики Беларусь на 2026–2035 гг.** – увеличение производства маржинальной и востребованной продукции (специализированной, функциональной, фасованной в упаковку) и наращивание экспорта. Кроме того, документом предусматривается необходимость организации производства новых сухих молочных продуктов и компонентов с уходом в глубокую переработку молока. В ближайшее десятилетие объёмы производства молока должны вырасти до 12 млн т в год, а

молокоперерабатывающие предприятия ждут модернизация, техническое переоснащение и наращивание производственных мощностей путем создания новых высокотехнологичных производств.

Основная стратегическая цель на долгосрочную перспективу – обеспечение глобальной конкурентоспособности белорусской молочной продукции за счет развития технико-технологического потенциала отрасли путем создания новых и модернизации действующих производств, глубокой переработки сырья и удовлетворения спроса потребителей по всему миру за счет диверсификации рынков.

Достижение поставленной цели требует решения следующих задач:

- увеличения производственных мощностей предприятий путем создания новых высокотехнологичных и модернизации действующих производств с учетом роста объема молока, поступающего на переработку;

- организации производства высокомаржинальных продуктов и ингредиентов на основе молока;

- расширения ассортимента продукции импортозамещающего характера, специализированной и функциональной направленности;

- увеличения производства продукции, фасованной в потребительскую упаковку;

- обеспечения научного сопровождения в развитии технологий и разработки технической нормативной документации.

Стратегией при проведении инвестиционной политики предусмотрены направления по увеличению и обновлению производственных мощностей, повышению степени автоматизации и роботизации технологических процессов с учетом специализации и концентрации производства.

Одной из основных задач молокоперерабатывающей отрасли на 2026–2035 годы является **наращивание производственных мощностей** предприятий с учетом планируемого увеличения объема производства молока и поставок его на переработку.

Действующие производственные мощности по переработке молока будут увеличены на 2 млн т по отношению к 2024 г., загрузка мощностей к 2035 г. возрастет на 10,2 п.п.

Основные направления стратегического развития молочной промышленности Республики Беларусь:

1. Производство сухого быстрорастворимого молока.

Сухое молоко (СЦМ и СОМ) остаётся одной из сильных экспортных позиций. Но сегодня есть возможность зарабатывать на них больше, переходя на **быстрорастворимые продукты**, цены на которые на 15–20 % выше классических и отличаются более стабильными спросом и ценой. На внешних рынках, прежде всего в странах Азии и Ближнего Востока, спрос на такие решения устойчиво растёт.

Планы по развитию производства быстрорастворимого сухого молока имеются на ряде предприятий: ОАО «Пружанский молочный комбинат», Филиал «Лепельский молочноконсервный комбинат» ОАО «Витебский мяскокомбинат», филиал ОАО «Рогачевский молочноконсервный комбинат» Калинковичский молочный комбинат», ОАО «Милкавита», КПУП «Мозырские молочные продукты», ОАО «Молочный Мир», ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат» г. Копыль, ОАО «Бабушкина кринка».

Основными драйвера роста в данной категории продуктов являются:

- удобство: быстрое приготовление напитка, каши, выпечки;

- длительный срок хранения: логистическое преимущество;

- пищепром: используется в рецептурах, где жидкое молоко неудобно.

2. Производство высокомаржинальных сухих продуктов.

Ожидается, что общий размер рынка молочных продуктов будет расти с ежегодным приростом на 4,5 % с 2024 г. по 2033 г., согласно недавним рыночным отчетам.

С учетом модернизации в 2026–2035 гг. в Республике Беларусь наибольший прирост производства ожидается по таким категориям, как сухие молочные продукты, в т.ч. ингредиенты и высокобелковые продукты, продажа которых будет ориентирована на рынки дальнего зарубежья, а также цельномолочные продукты (в том числе десертной группы, продукты безлактозные, без добавленного сахара, функциональной направленности).

Анализ мирового рынка сухих фракций продуктов переработки молока указывает на то, что продукты глубокой переработки молока и молочные ингредиенты широко востребованы на мировом рынке. В мире растет спрос на высокобелковые продукты, их используют как в пищевой промышленности, так и для производства специализированных продуктов для детского и оздоровительного питания, спортсменов, в производстве БАДов и косметологии.

К числу высокомаржинальных сухих продуктов, согласно Стратегии, относятся:

– концентрат сывороточных белков (КСБ). Емкость рынка сывороточного белка в 2024 г. оценивалась на уровне 10,5 млрд долл. США, и, по прогнозным оценкам, к 2033 г. достигнет 16,2 млрд долл. США. Ожидается, что рынок сывороточных белков с 2026 по 2033 год будет прирастать в среднем на 5,2 % в год, что обусловлено повышением осведомленности о здоровье и растущим спросом на пищевые добавки. Проекты реализации – ОАО «Савушкин продукт» и Щучинский филиал ОАО «Молочный Мир»;

– концентрат молочных белков (КМБ). Прогнозируемые годовые темпы роста – 4,61 %. Ожидается, что емкость рынка КМБ к 2030 г. составит 5,76 млрд долл. США (51,6 % к 2024 г.). Спрос на КМБ будет расти за счет увеличения спроса на спортивное и клиническое питание. Кроме того, КМБ может использоваться в качестве диетической добавки или как замена традиционной еды. Реализации проектов – ОАО «Лидский молочно-консервный комбинат» и ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат» в г. Клецк.

Новый инновационный продукт лактоферрин планируется производить путем выделения из обезжиренного молока и молочной сыворотки на ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат» (с 2028 г.).

Лактоферрин представляет собой уникальный, многофункциональный белок, естественным образом присутствующий в молоке (особенно в молозиве), играет критическую роль в защитных функциях организма, особенно у младенцев.

Емкость мирового рынка лактоферрина в 2024 г. оценивается в 313 млн долл. США, прогнозируется ежегодный прирост на 8 % к 2033 г. – до 652 млн долл. США, что подтверждает высокий экспортный потенциал премиального ингредиента.

Научное сопровождение проекта возлагается на РУП «Институт мясо-молочной промышленности» и Белорусский государственный университет.

Ключевые драйверы роста емкости рынка: детское питание, иммунитет, нутрицевтика, клиническое питание, диетические добавки.

Размер рынка **казеинов** оценивается в 2024 г. в 5,12 млрд долл. США и, по прогнозам, достигнет 7,45 млрд долл. США к 2033 г., демонстрируя ежегодный прирост в среднем на 4,7% с 2026 г. по 2033 г.

Кроме вышеназванных продуктов в Беларуси будут производиться **другие востребованные сухие молочные продукты**: сухой пермеат, мицелярный казеин, смеси для онкобольных, смеси для мороженого, смеси для спортсменов, молочные многокомпонентные смеси и др. Все целевые продукты ориентированы и на экспорт,

особенно на рынки Азии, что коррелирует с актуальными мировыми трендами (рост спроса на протеины, детское и функциональное питание).

Также планируется рост производства других значимых молочных продуктов функциональной направленности: **смеси сухие для диетического профилактического питания взрослых «Nova Vita стандарт»** (ОАО «Кобринский маслодельно-сыродельный завод»).

3. Продукты на стыке удобства и традиционности.

Драйверы роста емкости рынка:

- удобство: быстрое приготовление напитка, каши, выпечки;
- длительный срок хранения: логистическое преимущество;
- пищевом: используется в рецептурах, где жидкое молоко неудобно.

Перспективы: устойчивый спрос.

Производство конфет (таблетированный прессованный продукт) на основе сухого молока будет осуществляться на 3 молокоперерабатывающих предприятиях: ОАО «Бабушкина крынка», Волковыское ОАО «Беллакт», филиал ОАО «Рогачевский молочноконсервный комбинат» Калинковичский молочный комбинат. Планируется расширить ассортимент конфет молочных на основе сухого цельного молока с добавлением КСБ и/или КМБ.

Развитие сегмента **детского питания и компонентов для его производства** – строительство инновационного цеха по производству сухого детского питания по стандартам GMP (Волковыское ОАО «Беллакт»).

Запланирован рост производственных мощностей по выпуску сухого детского питания (смеси и каши) на 85 %, увеличение производства сухого детского питания в 2,2 раза.

Рост производства жидкого и пастообразного детского питания (на 52 %) будет осуществляться на следующих предприятиях: Волковыское ОАО «Беллакт», ОАО «Минский молочный завод №1», ОАО «Рогачевский молочноконсервный комбинат», ОАО «Бабушкина крынка».

Фасовку сухих молочных продуктов в потребительскую тару будут осуществлять **16 молокоперерабатывающих организаций:**

в Брестской области: ОАО «Кобринский маслодельно-сыродельный завод» и ОАО «Лунинецкий молочный завод»;

в Витебской: ОАО «Глубокский молочноконсервный комбинат» и филиал «Лепельский молочноконсервный комбинат»;

в Гомельской: филиал ОАО «Рогачёвский молочноконсервный комбинат» Калинковичский молочный комбинат и филиал ОАО «Рогачёвский молочноконсервный комбинат» Октябрьский молочный завод, КПУП «Мозырские молочные продукты», ОАО «Милкавита»;

в Гродненской: ОАО «Лидский молочно-консервный комбинат» и филиал «Новогрудские Дары», Волковыское ОАО «Беллакт», ОАО «Молочный Мир» и Щучинский филиал ОАО «Молочный Мир»;

в Минской: Клецкий филиал и Копыльский филиал ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат»;

в Могилевской: Осиповичский филиал ОАО «Бабушкина крынка».

Фасовочное оборудование позволит обеспечить мелкую фасовку сухих продуктов в объеме 115, 250, 300, 400, 500, 1000 и 1200 г, а также расфасовку сухих детских смесей в жестяную банку.

Удобство использования продукта по-прежнему остается главным фактором, который влияет на принятие решения о покупке, а значит, инновации во всем, что связано с упаковкой, являются ключевым условием следования актуальным трендам. Производители работают с различными форматами упаковки и поставляют широкий ассортимент продуктов, удобных в использовании и

привлекательных для потребителя – от сухих продуктов в стиках, йогуртов в дой-паках до сливочного масла в порционных упаковках, упаковках для больших семей и для кулинарии (по 2 кг), сыров в порционных форматах упаковки – на быстрый перекус, а также сегмента HoReCa.

4. Сыроделие.

Примерно **треть всего белорусского молока** идёт на производство сыров. В стране производится **385 наименований сыра**. Это не только опорная позиция экспорта, но и элемент имиджа.

Стратегия до 2035 года ставит задачу переориентироваться на продукты с более высокой ценностью:

– постепенно снижать долю молодых сыров (голландский, российский, пошехонский), чьи позиции ослабевают из-за стремительного роста аналогичного производства в России;

– развивать производство сыров премиального сегмента: **выдержанные, с плесенью, с пропионово-кислыми культурами, чеддеризованные, сыры для гриля и барбекю, функциональные и безлактозные;**

– расширять ассортимент **HoReCa** – порционные решения, крупные форматы, готовые решения для пиццы, пасты, бургеров и горячих закусок;

– активно внедрять инновации в **фасовке**: слайсы, мини-порции, упаковка для быстрого перекуса (on-the-go), форматы семейного потребления.

5. Масло, топленое масло, АМФ.

К 2033 году, по прогнозам, мировой рынок масложировой продукции вырастет с 100 млрд долл. США до 150 млрд долл. США. Для Беларуси это направление остаётся стратегическим, и к 2035 году планируется:

– **нарастить долю фасованной продукции до 41,4 %** – фасованное масло имеет более высокую добавленную стоимость и востребовано как на внутреннем, так и на внешних рынках;

– **разнообразить форматы**: от порционных 10–30 г для HoReCa и on-the-go сегмента до крупных упаковок 1–5 кг для семейного потребления и кулинарии;

– **диверсифицировать ассортимент**: традиционные сорта, масло с наполнителями, масло для выпечки, топленое масло, продукты для профессиональной кухни;

– **организовать производство обезвоженного молочного жира (АМФ)** – широко востребован на мировом рынке, особенно в странах с жарким климатом, где традиционное сливочное масло менее стабильно.

Планируется организация **нового производства обезвоженного молочного жира** в Гродненской области.

Широкий ассортимент масла с различными наполнителями имеется у ОАО «Бабушкина крынка». И, конечно, в этом сегменте должна быть увеличена доля фасованной продукции. Наиболее высокий процент фасовки у СОАО «Ляховичский МЗ», ОАО «Савушкин продукт», ОАО «Поставский МЗ», ОАО «Верхнедвинский МСЗ», ОАО «Кобринский МСЗ», ОАО «Минский МЗ №1».

6. Функциональная и специализированная продукция.

Рынок продовольствия **без лактозы** свидетельствует о значительном росте, поскольку осведомленность о непереносимости лактозы выросла во всем мире. По данным Национального института здравоохранения, приблизительно 68 % населения мира испытывает некоторую степень малабсорбции лактозы с более высокой распространенностью в некоторых этнических группах. Эта растущая осведомленность привела к увеличению спроса на альтернативные вещества без лактозы, которые охватывают различные продукты, включая молоко, сыр, йогурт и другие заменители молочных продуктов. Предполагается, что рынок достигнет 24,56 млрд долл. США к 2027 г. при ежегодном приросте в среднем на 10,7 %.

Планируется расширять ассортимент и развивать производство **безлактозной и низколактозной** молочной продукции на **следующих предприятиях**: ОАО «Рогачёвский молочноконсервный комбинат», ОАО «Молочный Мир»; Волковысское ОАО «Беллакт», ОАО «Минский молочный завод №1», ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат», ООО «Несвижский завод детского питания», ОАО «Бабушкина крынка», ОАО «Молочные горки», СООО «Белсыр».

Также белорусским молокопереработчикам рекомендуют обратить внимание на **высокобелковые продукты**, которые также получают сегодня популярность в мире. За последние два года их ассортимент существенно расширился – помимо греческих йогуртов на рынке представлены напитки, мороженое. Такие продукты особенно популярны у спортсменов, людей пожилого возраста и тех, кто ведет здоровый образ жизни. Так, например, размер мирового рынка греческого йогурта в 2024 г. оценивался в 5,6 млрд долл. США, к 2033 г. он достигнет рекордной для этого продукта отметки в 9,8 млн долл. США.

Производство **продуктов с повышенным содержанием белка** планируется на предприятиях: *ОАО «Бабушкина крынка», ОАО «Савушкин продукт», ОАО «Рогачевский молочноконсервный комбинат»* (йогурты с повышенным содержанием белка «Греческий» в ассортименте), *СООО «Белсыр»* (продукта кисломолочного «Экспонента Хай Про» обезжиренного с высоким содержанием белка в ассортименте, сыры), *ОАО «Молочный Мир»* (мороженое с повышенным содержанием белка «Active protein») и др.

Данный сегмент (категория: напитки, творожки, йогурты, батончики с явно заявленным высоким содержанием белка (обычно > 10–15 г белка на порцию) является самым массовым и коммерчески успешным в настоящее время.

Основными драйверами его роста являются:

- спортивное питание (основные потребители – спортсмены);
- диетология: продукты для контроля веса и поддержания чувства сытости;
- здоровое старение: белок важен для предотвращения потери мышечной массы у пожилых людей.

Производство **молочной продукции без добавленного сахара** планируется развить на предприятиях: *ОАО «Минский молочный завод №1»* (сырки глазированные без сахара), *ОАО «Бабушкина крынка»* (мороженое сливочное с подсластителем мальтит в ассортименте, йогурт без добавленного сахара в ассортименте, сырки творожные глазированные без сахара), ОАО «Молочный Мир» (мороженое).

В Беларуси максимальный объем бутылки молока – 1,5 л, а, например, в большинстве стран ЕС, в Австралии, Новой Зеландии, Индии более предпочтительным вариантом будет 2-литровая тара. В то же время в Канаде и странах Южной Африки этот объем еще больше – 4 и 3 л соответственно. Форматы розлива цельномолочной продукции в различных странах представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Форматы розлива цельномолочной продукции

Страна	Объем
Республика Беларусь	1,5 л, 1–0,9 л, 500 мл, 250 мл, 200 мл
Канада	4 л (примерно 1,06 галлона), 2 л, 1 л, 500 мл, 250 мл
ЕС	2 л, 1 л, 500 мл, 250 мл
Австралия	2 л, 1 л, 600 мл, 300 мл
Новая Зеландия	2 л, 1 л, 500 мл, 300 мл
Индия	2 л, 1 л, 500 мл
Япония	1 л, 500 мл, 200 мл
Южная Африка	3 л, 2 л, 1 л, 500 мл, 250 мл

Таким образом, потенциальная ниша для развития новых технологий, обозначенных в Стратегии развития молочной промышленности: экспорт и выход на премиальные рынки, локальное производство и создание продукции с высокой добавленной стоимостью, международные цепочки и интеграция в глобальные поставки молочных компонентов.

Рост экспорта молочной продукции планируется обеспечить в том числе за счет сбыта продукции с высокой добавленной стоимостью, фасованной продукции, новых востребованных видов, произведенных по инновационным технологиям. Предусматривается переориентация и наращивание экспортных потоков на иные рынки как ближнего зарубежья, так и «дальней дуги», что позволит укрепить позиции Республики Беларусь в числе ведущих мировых экспортеров молочной продукции.

Ориентир в дальнейшем развитии организаций молокоперерабатывающей отрасли на устойчивый рост, инновации и глобальную конкурентоспособность.

Риски. Реализация планов зависит от: доступности финансирования, успешности внедрения новых технологий и возможности закупить современное автоматизированное оборудование, сохранения конъюнктуры на мировых рынках, логистики и бесперебойного роста сырьевой базы – сектора молочного животноводства АПК.

Выводы. Организация новых производств сухой продукции и компонентов, востребованных с учетом общих мировых тенденций на мировом рынке в области производства детского и спортивного питания, обогащенных молочных продуктов и используемой для специализированного питания, иных пищевых продуктов, позволят повысить общую доходность при сбыте традиционных биржевых категорий продукции.

В 2025–2035 гг. продолжится наращивание и обновление сушильных мощностей предприятий, рост производства продуктов с углубленной технологической обработкой сырья – сухое молоко, в том числе быстрорастворимое, сухая сыворотка, в том числе деминерализованная. Такая динамика создаст прямые стимулы для перераспределения рынков сбыта в страны дальнего зарубежья с низким уровнем самообеспечения по ресурсам молока сырого. Такая производственная политика обусловит создание условий для организации совместных производств и стабильных поставок для восстановления сухого молока и сухих смесей молочных с высокой растворимостью для выработки молокопродуктов под целевые рынки стран-импортеров (страны Африки, Китай, Пакистан, ОАЭ, Вьетнам и др.), для вендинговых аппаратов, фасовки в порционные форматы.

План мероприятий демонстрирует четкую стратегию по диверсификации молочной продукции с упором на глубокую переработку молока и производство высокобелковых сухих продуктов и концентратов, что значительно увеличивает добавленную стоимость продукции. Основные мощности по новым инновационным продуктам с высокой ценовой категорией будут сосредоточены в Гродненской, Брестской и Минской областях.

Выполнение стратегии развития молокоперерабатывающей отрасли позволит увеличить производственные мощности, повысить их загрузку, провести модернизацию и создать новые высокотехнологичные производства продукции с высокой товарной стоимостью, что позволит выйти на траекторию роста экспорта и закрепиться в узких сегментах мирового рынка за счет востребованных технологически-сложных продуктов и расширения географии их размещения.

Ориентир в дальнейшем развитии организаций молокоперерабатывающей отрасли на устойчивый рост, инновации и глобальную конкурентоспособность. Уверенное движение в этом направлении укрепит позиции Республики Беларусь как мирового молочного лидера в области продовольствия

Ожидаемые результаты к 2035 году:

- значительное увеличение производства продуктов с высокой добавленной стоимостью;
- формирование конкурентоспособного экспорта ингредиентов;
- диверсификация рынков за счёт стран Азии, Ближнего Востока, Африки;
- снижение доли «сырьевого» экспорта;
- рост внутренних компетенций в глубокой переработке;
- укрепление позиций Беларуси в топ-5 мировых экспортёров молочной продукции.

Программа до 2035 года задаёт чёткий курс: от объёмов – к стоимости, от сырья – к интеллектуальному продукту, от традиции – к инновации. И именно эта связка, по мнению разработчиков, позволит Беларуси сформировать новые центры производства продуктов будущего и уверенно удерживать место в числе мировых лидеров.

Список использованных источников

- | | |
|--|--|
| <p>1. Статистика ЕАЭС // Евразийская экономическая комиссия. – URL: https://eec.eaeunion.org/comission/department/dep_stat/union_stat/ (дата обращения: 10.11.2025).</p> <p>2. CLAL. – URL: https://www.clal.it/en/ (date of access: 07.10.2025).</p> <p>3. Robobank: топ-20 крупнейших производителей молочной продукции // Milknews.ru. – URL: https://milknews.ru/analitika-rinka-moloka/reitingi/rabobank-2025.html. – Дата публ.: 10.09.2025.</p> | <p>1. Statistika EAES // Evraziiskaya ekonomicheskaya komissiya. – URL: https://eec.eaeunion.org/comission/department/dep_stat/union_stat/ (data obrashcheniya: 10.11.2025).</p> <p>3. Robobank: top-20 krupneyshikh proizvoditeley molochnoy produktsii [Top-20 largest dairy producers] // Milknews.ru. – URL: https://milknews.ru/analitika-rinka-moloka/reitingi/rabobank-2025.html. – Дата публ.: 10.09.2025.</p> |
|--|--|

Ю.А. Гузкова¹, Е.А. Давыдова², к.т.н., В.В. Чуешков², к.т.н., А.О. Алексиевич²

¹Аппарат Совета Министров Республики Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь

²УО «Белорусский национальный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ЦИФРОВАЯ МАРКИРОВКА КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Y. Huzkova¹, E. Davidova², V. Chueshkov², A. Aleksievich²

¹Office of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

²Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

DIGITAL MARKING AS A TOOL FOR ENSURING TRACEABILITY OF FOOD PRODUCTS

e-mail: guzkova80@mail.ru, eldav2000@gmail.com, vital36@list.ru,
anna.alekseevich09@gmail.com

В условиях современной рыночной экономики, характеризующейся высокой конкуренцией и постоянно растущими требованиями к качеству и безопасности продукции, обеспечение прослеживаемости товаров становится одной из ключевых задач для производителей и поставщиков. Прослеживаемость представляет собой систему контроля и учёта перемещения продукции на всех этапах цепочки поставок – от производителя до конечного потребителя. Это позволяет не только повысить доверие к продукции, но и снизить риски возникновения контрафакта, улучшить качество товаров и обеспечить их соответствие требованиям законодательства. Одним из наиболее эффективных методов обеспечения прослеживаемости является цифровая маркировка, однако, она в настоящее время применяется, прежде всего, как инструмент контроля рынка и оборота продукции. Развитие интегрированных цифровых систем прослеживаемости с целью обеспечения безопасности пищевой продукции и законного оборота пищевой продукции является перспективной задачей.

Ключевые слова: цифровая маркировка, прослеживаемость, безопасность, контроль рынка, средства идентификации, пищевая продукция.

In today's highly competitive market economy with ever-increasing demands for product quality and safety, ensuring product traceability is becoming a key challenge for manufacturers and suppliers. Traceability is a system for monitoring and accounting for product movement at all stages of the supply chain – from the manufacturer to the end consumer. This not only increases trust in products but also reduces the risk of counterfeiting, improves product quality, and ensures their compliance with legal requirements. Digital labeling is one of the most effective methods of ensuring traceability; however, it is currently used primarily as a tool for market control and product circulation. The development of integrated digital traceability systems to ensure food safety and the legal circulation of food products is a promising area.

Key words: digital labeling, traceability, security, market control, identification tools, food products.

Введение. Глобализация торговли, усложнение процессов производства и цепей поставок, процессов распределения требуют внимательного и ответственного отношения к безопасности пищевой продукции.

Развитие технологий идентификации и маркировки товаров в цепях поставок в сочетании с развитием интернет-ориентированных приложений фиксации процессов перемещения товаров, платежных сервисов, систем хранения больших массивов данных подошло к качественно новому рубежу практического применения – созданию систем прослеживаемости товаров на национальном и международном уровнях,

решающих широкий спектр задач в интересах частных лиц и государственных органов.

В Республике Беларусь как на уровне бизнеса, так и на уровне государства уже существуют компоненты идентификации, маркировки и прослеживаемости товаров, отвечающие международным и национальным стандартам, развивается соответствующая нормативно-правовая и нормативно-техническая база [1].

20 лет назад Республика Беларусь первой в ЕАЭС задала тон введению прослеживаемости продукции, направленной на борьбу с контрафактом. Достижения научно-технического прогресса, в том числе в сфере информационных и цифровых технологий, позволили внедрить и успешно применять новые правовые средства воздействия на отдельные элементы экономических отношений. Так, возможность цифрового кодирования товаров, позволяющая идентифицировать их с любой степенью индивидуальной определенности, допускает установление дополнительного контроля над производителем и/или продавцом товара, его качеством, оборотом и тем самым способствует противодействию присутствия на внутреннем рынке фальсифицированной и контрафактной продукции [2].

Поскольку посредством маркировки отдельных товаров средствами идентификации возможно обеспечивать не только контроль оборота товаров на внутреннем рынке, но и легальность импорта, государствами – членами Евразийского экономического союза (ЕАЭС) принят ряд документов, касающихся формирования системы маркировки отдельных видов продукции на территории Единого экономического пространства (например, Решение Совета Евразийской экономической комиссии № 28 от 28 апреля 2014 г. «О подходах по формированию и применению на единой таможенной территории системы маркировки отдельных видов продукции легкой промышленности», Соглашение о маркировке товаров средствами идентификации в Евразийском экономическом союзе от 2 февраля 2018 г.).

Внедрение системы прослеживаемости товаров в ЕАЭС призвано решить важнейшую задачу обеспечения законности оборота товаров как на территории государств – членов ЕАЭС, так и при трансграничном их перемещении. Создание системы прослеживаемости товаров в ЕАЭС осуществляется не только путем выработки общих подходов к перечню товаров, подлежащих обязательной маркировке средствами идентификации, но, прежде всего, путем поэтапного формирования национальных систем прослеживаемости [3].

Материалы и методы исследований. В процессе проведения исследований использовались методы моделирования, анализа и систематизации. Проанализированы нормативно правовые документы, регулирующие деятельность предприятий пищевой промышленности в части обеспечения прослеживаемости и маркировки. В ходе исследований применялись системный и абстрактно-логический подходы к обобщению материалов, результатов исследования и формулировке выводов.

Результаты и их обсуждение. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» дает следующее определение: «Прослеживаемость пищевой продукции – возможность документарно (на бумажных и (или) электронных носителях) установить изготовителя и последующих собственников находящейся в обращении пищевой продукции, кроме конечного потребителя, а также место происхождения (производства, изготовления) пищевой продукции и (или) продовольственного (пищевого) сырья» [4].

Одним из требований ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» по обеспечению безопасности пищевой продукции в процессе ее производства (изготовления) являются мероприятия по организации прослеживаемости, которые должны разрабатываться, внедряться и поддерживаться всеми участниками производства, хранения и распределения продукции. В Республике Беларусь данные

требования реализованы посредством выполнения требований, предъявляемых к разработке и внедрению системы прослеживаемости, установленных СТБ ISO 22005-2009 «Системы менеджмента безопасности пищевых продуктов. Система прослеживаемости в кормовой и пищевой цепи. Общие принципы и основные требования к разработке и внедрению» [5].

Система прослеживаемости – эффективный инструмент, с помощью которого изготовитель пищевой продукции имеет возможность по всей пищевой цепи, начиная с производства сырья и заканчивая реализацией посредством розничной торговли, обеспечивать прослеживаемость произведенной им продукции.

Основная цель прослеживаемости заключается в том, чтобы изготовитель пищевой продукции имел возможность оперативно идентифицировать источник возникающей опасности и незамедлительно принять меры для изъятия из обращения (отзыва) небезопасного пищевого продукта. При отсутствии у изготовителя системы прослеживаемости процесс изъятия или отзыва пищевого продукта с рынка будет более длительным, сложным и потребует существенных усилий и средств, чем при наличии эффективной функционирующей системы.

Глобализация поставок как пищевой продукции, так и продовольственного сырья, скоропортящийся характер пищевой продукции, нестабильность поставок, существенное количество изготовителей пищевой продукции наряду с требованиями законодательства обуславливают актуальность широкого внедрения систем прослеживаемости с целью обеспечения безопасности пищевой продукции и при необходимости незамедлительного ее отзыва из обращения.

Технологическая сфера определяет то, как технологии (производственные, транспортные, информационные и коммуникационные) могут применяться для улучшения производства и распространения высококачественных и безопасных пищевых продуктов. В этом смысле важны такие факторы, как: национальное и международное законодательство и другие нормативные акты; системы управления и контроля процессов и движения товаров по национальной / международной цепи поставок; предоставление информации о продукте и процессах (информация непосредственно на упаковке и общая информация для потребителей).

Переработка сырья и производство продукции определяют следующие этапы пищевой цепи: производство, складирование, транспортировка, реализация, потребление. Социально-правовые аспекты (нормы и ценности) связаны с социальными ограничениями на производство, распределение и продажу пищевых продуктов, а также с такими вопросами, как благосостояние людей, благополучие животных и устойчивое социально-экономическое развитие. Внедрение системы прослеживаемости в продовольственной цепочке требует участия всех задействованных в ней сторон. Каждая сторона должна постоянно поддерживать связь между потоками физических материалов и товаров, а также потоками информации об этих материалах и продуктах. Для этого необходимо сделать продовольственную цепочку прозрачной, то есть обеспечить должное информационное обеспечение во всех ее звеньях [6].

Одним из эффективных инструментов обеспечения прослеживаемости является цифровая маркировка. Она представляет собой систему идентификации продукции с помощью уникальных цифровых кодов, содержащих информацию о товаре, его производителе, дате производства, сроке годности, партии, логистических операциях и других характеристиках. Цифровая маркировка позволяет автоматизировать процесс отслеживания продукции на всех этапах цепочки поставок, что значительно повышает эффективность контроля качества и безопасности товаров [7].

В целях обеспечения законного оборота товаров, защиты прав потребителей, совершенствования правового регулирования механизма маркировки товаров Указом Президента Республики Беларусь от 10 июня 2011 г. № 243 «О маркировке товаров»

[8] создана государственная информационная система маркировки товаров. Указом Президента Республики Беларусь от 29 декабря 2020 г. № 496 «О прослеживаемости товаров» в целях обеспечения экономической безопасности государства создана система прослеживаемости товаров, сведения об обороте которых являются предметом информационного взаимодействия с государствами – членами ЕАЭС [9]. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 23 апреля 2021 г. № 250 «О реализации Указа Президента Республики Беларусь от 29 декабря 2020 г. № 496» (в редакции постановления от 25 сентября 2025 г. № 528) актуализирован перечень товаров, сведения об обороте которых являются предметом прослеживаемости [10].

В настоящее время в Республике Беларусь используются следующие виды цифровой маркировки товаров, приведенные на рисунке 1.



Рисунок 1 – Виды маркировки товаров в Республике Беларусь
Источник данных: рисунок составлен на основе [10].

Унифицированный контрольный знак (УКЗ) – документ с определенной степенью защиты, предназначенный для маркировки товаров. Составляющими его элементами являются:

- серия;
- номер;

– двумерный штриховой код *DataMatrix*, представляющий собой уникальную последовательность символов, предназначенных для считывания специальными устройствами. *Data Matrix* состоит из кода идентификации (GTIN изделия и его индивидуальный серийный номер) и кода проверки (отвечает за уникальность идентификатора), в которых зашифрована информация об изготовителе, составе продукции, сроке годности.

Средство идентификации (СИ) – уникальная последовательность символов в машиночитаемой форме, представленная в виде штрихового кода, или записанная на радиочастотную метку (RFID-метку), или представленная с использованием иного средства (технологии) автоматической идентификации, предназначенная для идентификации экземпляров товаров.

Защищенный материальный носитель с нанесенными средствами идентификации – контрольный (идентификационный) знак (КИЗ с RFID меткой), предназначенный для маркировки товаров из натурального меха.

Маркировка товаров УКЗ – это внутренняя национальная маркировка Республики Беларусь, маркировка товаров СИ – это маркировка государств членов ЕАЭС. На территории Республики Беларусь в обороте могут находиться товары,

маркированные СИ образца государств – членов ЕАЭС (Российская Федерация, Республика Казахстан, Республика Армения и Кыргызская Республика).

Конкретный формат, состав и структура групп данных определяется правилами маркировки соответствующих товарных групп, в том числе с учётом требований национального законодательства государств – членов ЕАЭС и решений Совета ЕЭК.

Требования к формированию СИ определяются нормативными правовыми актами, в частности, согласно инструкции об обороте средств идентификации, утвержденной постановлением Министерства по налогам и сборам Республики Беларусь от 03.05.2021 № 17, нанесение СИ должно осуществляться в соответствии с международными стандартами: ISO/IEC 15415:2024 Automatic identification and data capture techniques – Barcode symbol print quality test specification – Two-dimensional symbol и ISO/IEC 16022:2024 Information technology – Automatic identification and data capture techniques – DataMatrix barcode symbology specification.

Таким образом, цифровая маркировка представляет собой важный инструмент повышения прозрачности рынка, борьбы с контрафактом и обеспечения защиты прав потребителей. В то же время следует отметить, что в настоящее время цифровая маркировка – это автоматизированная система контроля товарооборота, комплекс действий, направленных на прослеживание движения изделий по всей цепочке от производителя до покупателя, при которой информация о каждой поставленной на учет единице продукции сохраняется в базе данных для обеспечения законного оборота продукции. Считаем, что развитие цифровых интегрированных систем, направленных на одновременное обеспечение прослеживаемости и законного оборота пищевой продукции, использования для целей подтверждения соответствия продукции является перспективной задачей.

Выводы. Республика Беларусь имеет большой потенциал развития цифровых систем маркировки пищевой продукции и способна значительно снизить объем контрафактной продукции и повысить прозрачность цепочек поставок. Цифровая маркировка эффективна, но требует доработки для достижения максимального результата. Считаем, что одним из перспективных направлений совершенствования цифровой маркировки для пищевой продукции является создание интегрированной системы маркировки и прослеживаемости.

Интеграция систем маркировки и прослеживаемости пищевой продукции представляет собой процесс взаимодействия между информационными системами, предполагающий:

– расширение состава обязательной информации, вносимой в межведомственную информационную систему «Банк данных электронных паспортов товаров», обеспечивающую возможность надзора за сырьем, из которого изготавливают пищевые продукты, включая импорт, от первичного производства пищевых продуктов до их продажи или поставки конечному потребителю;

– разработку общей архитектуры прослеживаемости пищевой продукции, включающую в себя связи и порядок взаимодействия систем документальной и физической прослеживаемости;

– установление эффективных мер ответственности, таких как изъятие и утилизация небезопасных пищевых продуктов, а также механизмов их реализации;

– определение порядка доступа к информации для всех участников систем маркировки и прослеживаемости пищевой продукции и др.

Интегрированная система маркировки и прослеживаемости товаров окажет положительное влияние на обеспечение безопасности пищевой продукции, преодоление препятствий в сфере технического регулирования и подтверждения соответствия.

Список использованных источников

1. Методы и технологии идентификации и маркировки товаров: монография / В. И. Дравица [и др.]. – Мн. : Вышэйшая школа, 2022. – 223 с.
2. Смorchkova, L. N. Обязательная маркировка товаров средствами идентификации как инструмент административно-правового воздействия на экономические отношения / Л. Н. Смorchkova // Вестник ЮУрГУ. Серия «Право». – 2021. – Т. 21, № 2. – С. 44–50.
3. Андреева, Л. В. Создание системы прослеживаемости товаров в Евразийском экономическом союзе: цели, перспективы, организационно-правовая основа / Л. В. Андреева // Международное сотрудничество Евразийских государств: политика, экономика, право. – 2018. – № 2. – С. 70–78.
4. О безопасности пищевой продукции. Технический регламент Таможенного союза: ТР ТС 021/2011. – Введ. 01.07.13. – Мн. : Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2012. – 297 с.
5. Системы менеджмента безопасности пищевых продуктов. Система прослеживаемости в кормовой и пищевой цепи. Общие принципы и основные требования к разработке и внедрению: СТБ ISO 22005-2009. – Введ. 01.04.2009. – Мн. : Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2009. – 12 с.
6. Сырьевая и продуктовая прослеживаемость как важный компонент обеспечения пищевой безопасности / Е. В. Копылова [и др.] // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сб. ст. V Междунар. науч.-практ. конф., г. Минск, 25–26 марта 2021 г. / УО «БГАТУ»; под общ. ред. В. Я. Груданова. – Мн., 2021. – С. 100–103.
7. Цифровизация маркировки потребительских товаров / О. А. Голубенко [и др.] // Вестник СГСЭУ. Серия «Цифровая экономика». – 2020. – № 3 (82). – С. 8–11.
1. Metody i tehnologii identifikacii i markirovki tovarov: monografija [Methods and technologies for identification and labeling of goods: monograph] / V. I. Dravica [i dr.]. – Mn. : Vyshhejschaja shkola, 2022. – 223 s.
2. Smorchkova, L. N. Objazatel'naja markirovka tovarov sredstvami identifikacii kak instrument administrativno-pravovogo vozdejstvija na jekonomicheskie odnoshenija [Mandatory labeling of goods with identification means as a tool of administrative and legal influence on economic relations] / L. N. Smochkova // Vestnik JuUrGU. Serija «Pravo». – 2021. – T. 21, № 2. – S. 44–50.
3. Andreeva, L. V. Sozdanie sistemy proslezhivaemosti tovarov v Evrazijskom jekonomicheskom sojuze: celi, perspektivy, organizacionno-pravovaja osnova [Establishing a product traceability system in the Eurasian Economic Union: goals, prospects, and organizational and legal framework] / L. V. Andreeva // Mezhdunarodnoe sotrudnichestvo Evrazijskih gosudarstv: politika, jekonomika, pravo. – 2018. – № 2. – S. 70–78.
4. O bezopasnosti pishhevoj produkcii [About food safety]. Tehnicheskij reglament Tamozhennogo sojuza: TR TS 021/2011. – Vved. 01.07.13. – Mn. : Gosstandart: BelGISS, 2012. – 297 s.
5. Sistemy menedzhmenta bezopasnosti pishhevyh produktov. Sistema proslezhivaemosti v kormovoj i pishhevoj cepi. Obshhie principy i osnovnye trebovanija k razrabotke i vnedreniju [Food Safety Management Systems. Traceability System in the Feed and Food Chain. General Principles and Basic Requirements for Development and Implementation]: STB ISO 22005-2009. – Vved. 01.04.2009. – Mn.: Gosstandart: Izd-vo NP RUP BelGISS, 2009. – 12 s.
6. Syr'yevaya i produktovaya proslezhivayemost' kak vazhnyy komponent obespecheniya pishchevoy bezopasnosti [Raw material and product traceability as an important component of food safety] / Ye. V. Kopylova [i dr.] // Pererabotka i upravleniye kachestvom sel'skokhozyaystvennoy produktsii: sb. st. V Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., g. Minsk, 25–26 marta 2021 g. / UO «BGATU»; pod obshch. red. V. YA. Grudanova. – Mn., 2021. – S. 100–103.
7. Tsifrovizatsiya markirovki potrebitel'skikh tovarov [Digitalization of consumer product labeling] / O. A. Golubenko [i dr.] // Vestnik SGSEU. Seriya «Tsifrovaya ekonomika». – 2020. – № 3 (82). – S. 8–11.

8. О маркировке товаров : Указ Президента Респ. Беларусь от 10 июня 2011 г. № 243 : в ред. от 25 июля 2024 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.

9. О прослеживаемости товаров : Указ Президента Респ. Беларусь от 29 дек. 2020 г. № 496 : в ред. от 19 сент. 2024 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=P32000496> (дата обращения: 25.11.2025).

10. О реализации Указа Президента Республики Беларусь от 29 декабря 2020 г. № 496 : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 23 апр. 2021 г. № 250 : в ред. от 25 июля 2024 г. № 528) // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100250> (дата обращения: 25.11.2025).

8. O markirovke tovarov [On product labeling] : Ukaz Prezidenta Resp. Belarus' ot 10 iyunya 2011 g. № 243 : v red. ot 25 iyulya 2024 g. // ETALON. Zakonodatel'stvo Respubliki Belarus' / Nats. tsentr pravovoy inform. Resp. Belarus'. – Minsk, 2016.

9. O proslezhivayemosti tovarov [About traceability of products]: Ukaz Prezidenta Resp. Belarus' ot 29 dek. 2020 g. № 496 : v red. ot 19 sent. 2024 g. // Natsional'nyy pravovoy Internet-portal Respubliki Belarus'. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=P32000496> (data obrashcheniya: 25.11.2025).

10. O realizatsii Ukaza Prezidenta Respubliki Belarus' ot 29 dekabrya 2020 g. № 496 [On the implementation of a Decree of the President of the Republic of Belarus of December 29, 2020 N496] : postanovleniye Soveta Ministrov Resp. Belarus' ot 23 apr. 2021 g. № 250 : v red. ot 25 iyulya 2024 g. № 528) // Natsional'nyy pravovoy Internet-portal Respubliki Belarus'. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100250> (data obrashcheniya: 25.11.2025).

Г.В. Гусаков, к.э.н., доцент, Л.И. Довнар, к.э.н., Л.Т. Ёнчик
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ ПРОДВИЖЕНИЯ В СЕГМЕНТЕ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ПИТАНИЯ ДЕТЕЙ НА РЫНКЕ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

G. Gusakov, L. Dovnar, L. Yonchyk
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus

FEATURES OF THE USE OF PROMOTION TOOLS IN THE SEGMENT OF CHILDREN'S NUTRITION PRODUCTS IN THE DAIRY MARKET

e-mail: gordei.v.gusakov@gmail.com, ec-research.immp@yandex.ru, yonya@tut.by

В статье представлены результаты исследования специфики применения инструментов продвижения в сегменте продуктов для питания детей на рынке молочной продукции. Установлено, что основная особенность продвижения данных продуктов состоит в наличии двух аудиторий – целевой (детской) и контактной (взрослой), ценности которых и критерии выбора продукта различаются, а также в необходимости постоянного обновления продукта в соответствии с новыми трендами на рынке. Определены актуальные в современных условиях инструменты и приемы продвижения продуктов для питания детей, включающие: использование детских персонажей и маскотов; следование трендам с акцентом на популярности продукта; коммуникация на основе интерактивных инструментов; ведение социальных сетей, реклама у блогеров и экспертов; организация мероприятий для детей и дегустаций; аргументированная личная коммуникация на основе партнерства со специализированными ритейлерами; партнерство с детскими учреждениями; проведение акций и скидок.

Ключевые слова: рынок молочных продуктов, сегмент продуктов для детского питания, инструменты продвижения, цели продвижения, сегментация рынка, целевая аудитория.

The article presents the results of a study of the specific promotion tools using in the segment of children's nutrition products in the dairy market. It has been established that the main feature of the promotion of these products is the presence of two audiences – target (children) and contact (adults), whose values and criteria for choosing a product vary, as well as the need for constant product updates in accordance with new trends in the market. The current tools and techniques for promoting children's nutrition products have been identified, including: using children's characters and mascots; following trends with an emphasis on product popularity; communication based on interactive tools; conducting social networks, advertising with bloggers and experts; organizing events for children and tastings; reasoned personal communication based on partnerships with specialized retailers; partnerships with children's institutions; promotions and discounts.

Key words: dairy products market, baby food segment, promotion tools, promotion goals, market segmentation, target audience.

Введение. Рынок молочной продукции является разнородным по структуре с присущими для каждого сегмента особенностями. Дифференцированный характер указанного рынка обуславливает необходимость при разработке стратегии продвижения продуктов учета потребительских предпочтений разных целевых аудиторий, что выступает ключевым фактором успеха коммерческой деятельности молокоперерабатывающих предприятий.

В современных условиях общими для рынка особенностями продвижения

молочных продуктов являются следующие:

– необходимость формирования нескольких комбинаций полезных уникальных свойств продукта, что позволит на начальных стадиях продвижения эмпирическим путем установить, какая из них лучше воспринимается целевым потребительским сегментом (проводятся малые рекламные кампании);

– в первый год вывода продукта на рынок инновационная продукция воспринимается не всей целевой группой потребителей, а небольшой ее частью – потребителями «ранними последователями», что отражается на выборе каналов и инструментов продвижения;

– присутствие психологических барьеров у потребителей по отношению к новой продукции, обусловленных скептицизмом по поводу полезности для здоровья и качества отдельных функциональных ингредиентов (требуется разработка рекламной кампании с учетом фактора сопротивляемости новому);

– низкая степень доверия отечественным производителям в отношении высокого качества и функциональности отдельной специализированной продукции (например, в сегменте спортивного питания) в условиях высокой конкуренции со стороны зарубежных производителей, что затрудняет выход на рынок и требует разработки и применения продуманной стратегии продвижения;

– в рамках одной линейки продукта разрабатываются и выводятся на рынок несколько модификаций, ориентированных на различные целевые группы потребителей по признакам возраста, уровня доходов и т.д.;

– высокие риски, связанные с выводом нового продукта на рынок, что определяет необходимость построения нескольких прогнозных сценариев продаж продукта главным образом в первый год реализации с оценкой вероятности по каждому исходу. В соответствии с полученными данными и выбранной ценовой стратегией и стратегией продвижения оцениваются прогнозные расходы на маркетинг и выбирается оптимальный вариант;

– непродолжительный период растущего спроса на продукт, как правило 1–2 года, после чего наступает замедление роста и спад, что приводит к снижению объема продаж и прибыли от реализации и должно учитываться при разработке маркетинговой стратегии (инструментов стимулирования сбыта).

С учетом вышеизложенного проведено исследование особенностей и сформирован комплекс инструментов продвижения на примере сегмента продуктов для детского питания.

Материалы и методы исследований. В качестве материалов при проведении исследований использованы публикации зарубежных авторов в области маркетинговых коммуникаций и продвижения детских товаров. Применялись следующие методы: абстрактно-логический, системного анализа, обобщения и аналогий, экспертных оценок.

Результаты и их обсуждение. Выявлено, что основной особенностью продвижения продуктов питания для детей является наличие двух аудиторий – целевой (детской) и контактной (взрослой), ценности которых в некоторых аспектах различаются, что требует разработки маркетинговой стратегии, учитывающей указанную специфику. В данном случае для родителей важна информация о полезности, безопасности и высоком качестве продукта, наличие маркировки «для питания детей раннего возраста» или «для питания детей дошкольного и школьного возраста». Детям нужен яркий образ, мотивация для игры, интересная упаковка. Вместе с тем отмечаются и схожие требования к продукту, которые касаются внешней упаковки, известности бренда и репутации производителя, новизны продукта и его функциональности, популярности и одобрения среди детей-сверстников. Вторая особенность связана с необходимостью постоянного обновления детских продуктов. Обусловлено это, во-первых, значительной степенью подверженности детей влиянию

новых тенденций и трендов, а во-вторых – непостоянством внимания, что требует периодического обновления дизайна и маркетинговых коммуникаций [1; 2, с. 212–232].

При разработке маркетинговой стратегии продвижения продуктов для детского питания важно правильно сегментировать целевой рынок. Как правило, используются такие признаки как:

– возраст. Потребности и предпочтения в значительной степени дифференцированы в зависимости от возраста, что обуславливает необходимость точного определения для каждой возрастной группы наиболее релевантных товаров. Кроме того, в рамках каждой возрастной группы будут различаться инструменты продвижения ввиду особенностей когнитивного восприятия маркетинговой информации детьми. В возрасте до 7–8 лет дети рассматривают рекламу как интересную и забавную информацию, 8–10 лет – появляется когнитивная способность обработки рекламной информации, но в незначительной степени. Только к 11–12 годам мышление становится более многомерным, хотя подросток все еще уязвим по отношению к рекламным сообщениям, касающимся внешности, социального статуса и самоидентификации. Если ребенок в 3–6 лет положительно реагирует на кукол, фантастических героев, анимацию, то в 7–12 лет – на научно-фантастические материалы и образовательные программы, старше 12 лет – рекомендации известных и авторитетных личностей (таблица 1);

Таблица 1 – Особенности продвижения продуктов для различных возрастных групп детского населения

Возрастная категория	Особенности когнитивного восприятия	Особенности стратегии продвижения для целевой группы
До 3 лет	Запоминают образы, различают персонажей	Потребительские предпочтения отсутствуют. Решение о покупке принимают родители, исходя из собственных представлений о продукте и потребностях ребенка
3–7	Импульсивность и эгоцентризм, стремление к самостоятельности, мышление в категориях «добрый» и «злой», низкий уровень концентрации внимания	Игровые потребительские предпочтения. Критерии выбора продукта – цвет и форма. Использование в маркетинговых коммуникациях образов и персонажей, запоминающихся детям, а также воспринимаемые детьми с учетом их опыта и знаний
8–12	Стремление к познанию окружающего мира, восприятие собственного «я» в социальном аспекте, начало формирования абстрактного мышления и логических способностей, склонность к конформистскому поведению	Личностные потребительские предпочтения. Основные критерии выбора продукта – внешние атрибуты. Ориентация рекламы на формирование образа подростка в кругу сверстников, использование образов известных и популярных личностей, а также взрослых детей
Старше 13 лет	Стремление быть популярным, подражать собственным кумирам, подвержены влиянию мнений со стороны сверстников	Потребительские предпочтения. Определяющие факторы принятия решения о покупке – бренд и место приобретения. Использование образов известных и популярных личностей, блогеров среди ровесников и старше

Источник данных: собственная разработка на основе данных [3–5].

– социальное положение и уровень доходов. При выводе продукта на рынок необходимо учитывать, в каком ценовом сегменте будет он находиться и на какую категорию домашних хозяйств будет рассчитан. Обоснованная сегментация по социально-экономическому уровню позволяет четко определить целевой сегмент, оценить число потенциальных потребителей и на этой основе разработать адаптированные методы и приемы продвижения;

– интересы и предпочтения родителей. Именно родители принимают окончательное решение о покупке, ориентируясь в том числе на свои собственные представления о продукте и соответствии его их взглядам и образу жизни (ориентация на экологичность, яркий и привлекательный дизайн упаковки, содержание биологически активных компонентов и т.д.);

– доступность товаров через определенные каналы реализации. Необходимо оценить доступность выбранных каналов реализации для потенциальных потребителей: организации розничной торговли – расположение в новых микрорайонах с большим количеством детей, крупные популярные среди семей супермаркеты или торговые центры, электронная торговля – эффективные электронные ресурсы и платформы.

Установлено, что основными эффективными инструментами и приемами, используемыми в продвижении продуктов для детского питания, являются следующие:

1. *Использование детских персонажей и маскотов.* Применение данного приема позволяет создать клуб лояльности для маленьких потребителей и выступает в качестве эффективного инструмента коммуникаций с целевой аудиторией. В качестве персонажа может быть выбран персонаж, известный из детских мультфильмов, путем заключения контракта с мультимедийной студией. К данному варианту прибегают крупные производители с большим маркетинговым бюджетом. Во втором случае производитель сам создает собственного персонажа, который используется во всех рекламных роликах, социальных сетях и пиар-компаниях. Кроме того, для данного персонажа создаются мультфильмы, сказки и др., что позволяет установить устойчивые и эффективные коммуникации с детской аудиторией и завоевать лояльность у детей посредством узнаваемости бренда и продукта через героя.

2. *Следование трендам с акцентом на популярности продукта.* Данный прием обусловлен ярко выраженным у детей инстинктом следования за группой и общим популярным трендам. Основное влияние на тренды в сегменте продуктов питания и товаров для детей оказывает выход новых мультфильмов. В настоящее время при продвижении продуктов питания для детей используются персонажи из таких мультфильмов как: «Маша и медведь», «Смешарики», «Три кота», «Фиксики», «Мимимишки», «Простоквашино», «Лунтик» и др. Согласно опросам (данные Института общественного мнения), 97 % детей в возрасте от 3 до 11 лет любят продукты питания с мультперсонажами на упаковке, в т.ч. 70 % опрошенных детей хотели бы видеть героев популярных мультфильмов на упаковке мороженого, 57 % – йогурта, 48 % – молока и молочных коктейлей, 47 % – творожных сырков, 44 % – творожков [6].

Как показывают исследования, участники рынка молочной продукции приобретают лицензии на персонажей из мультфильмов для большего охвата целевой аудитории. Например, компания Danone использует собственный персонаж Дино на продукции торговой марки «Растишка», но с целью стимулирования спроса периодически выпускает продукцию с героями мультфильмов и комиксов по лицензии [7].

Как правило, у производителей с разработанным собственным персонажем, отсутствует история данного героя, он не обладает той популярностью и эмоциональной вовлеченностью, которые свойственны для лицензионного персонажа, поэтому последний используется при выпуске лимитированных объемов продукции либо отдельных линеек продуктов.

В то же время при наличии собственного сильного бренда, узнаваемого среди детей и родителей, который представлен на рынке свыше 10–20 лет и в течение этого времени завоевал доверие, необходимость продвижения продукции через лицензионный персонаж отсутствует. В данном случае у потребителей уже сложилось положительное мнение о бренде, качестве продуктов, их натуральности. Поэтому

мультперсонажей можно применять при продвижении продуктов в отношении определенной целевой аудитории.

Положительным моментом является использование мультперсонажа в других категориях детских товаров, что создаст мультипликативный эффект и будет способствовать стимулированию продаж на целевом рынке.

Как отмечают сами производители продуктов для детского питания, использование указанного приема продвижения сопряжено с рядом рисков, в т.ч.:

– сложные договорные отношения с правообладателем (зависимость бизнеса от позиции обладателя авторских прав);

– один и тот же персонаж может использоваться двумя и более производителями продуктов питания, конкурирующими на рынке в одном рыночном сегменте;

– персонажи быстро теряют популярность и выходят из моды. Лицензионный контракт, как правило, заключается сроком на 2–3 года, на который разрабатывается стратегия продвижения и выстраиваются отношения между лицензиатом и лицензиаром. В дальнейшем необходима работа по поддержанию популярности путем изменения упаковки, цвета и т.д.;

– использование персонажей дает положительный эффект только при реализации продуктов для детского питания, поскольку ассоциируется с детским сегментом;

– применение лицензионных персонажей при наличии собственного персонажа и сильного бренда может негативно отразиться на лояльности потребителей и узнаваемости бренда.

3. *Коммуникация на основе интерактивных инструментов.* В рамках данного приема продвижения на упаковке размещаются игры, квесты, тесты, QR-коды, перейдя по которым можно прослушать сказку с персонажем и др. Ребенка начинает больше интересовать не сам продукт, а игра, в которую он может поиграть, приобретя его.

4. *Ведение социальных сетей, реклама у блогеров и экспертов.* Данный инструмент используется в большей степени для продвижения продуктов для детей в возрасте до 3-х лет. Предлагаемый контент и рекламные сообщения должны отражать не только ожидаемые родителями положительные эмоции, но и явные преимущества продукта по отношению к конкурирующим. За счет достигаемого обоснованного баланса между двумя указанными составляющими формируются успешные маркетинговые коммуникации с целевой аудиторией.

Анализ показывает, что рекламные ролики с продуктами питания для детей обязательно содержат образ счастливого младенца, который улыбается, а также образ «пустой тарелки». Указанные приемы заставляют мам поверить в то, что удовлетворение от употребления данного продукта получит и малыш, и они сами. При продвижении продуктов питания для детей раннего возраста важно основное внимание уделять повышению узнаваемости бренда и лояльности у фактических покупателей. В данном случае высокую эффективность и отдачу показывает продвижение посредством размещения рекламы в специализированных изданиях и распространения их в роддомах, на сайтах и аккаунтах популярных педиатров и специалистов в области питания детей.

При размещении рекламных сообщений важно не ограничиваться разовыми вставками информации о собственном продукте, значительно больший эффект даст ведение специальной рубрики в рамках отдельного женского журнала, ради которой данный журнал и будет приобретаться женщинами. Рубрика должна содержать не только сведения о продукте, но и полезные советы по кормлению детей, приготовлению отдельных продуктов в контексте демонстрации преимуществ предлагаемого продукта, а также интерактив для детей в виде наклеек, игры и т.д. [8].

Кроме того, важна и цветовая гамма оформления продукта. Как правило, для детей до 1 года товары оформлены в нежных пастельных тонах, что ассоциируется у

родителей с нежностью и заботой, для детей старше – упаковка выполнена в ярких запоминающихся оттенках.

Многие производители продуктов питания для детей ведут собственные аккаунты. При этом выделяется несколько типов ведения профиля, имеющих ряд особенностей:

– рекламные социальные сети и аккаунты с маскотами. Особенности ведения аккаунта: четкая и продуманная визуализация; быстрая обработка вопросов пользователей; основное число постов должно быть про продукт бренда, где описываются его особенности и преимущества, демонстрируется надежность и высокая репутация бренда; проведение конкурсов с розыгрышем продуктов;

– тематические сообщества. Особенности ведения аккаунта: возможность создания клуба в социальных сетях при наличии широкого круга потребителей, с целью взаимного общения и обмена опытом; обеспечение оптимального сочетания вовлекающего контента, основанного на опросах пользователей, и пользовательского; положительный эффект дает привлечение профильных специалистов; публикация всего полезного контента в социальной сети без отсылок на сайт бренда и иные внешние источники;

– креативные аккаунты. Особенности ведения аккаунта: бренд становится куратором определенного направления, отходит от презентации собственной продукции в пользу представления полезной информации о питании, отдыхе, досуге; опубликование нестандартных постов; создание фирменного стиля [9].

В настоящее время самой популярной платформой для рекламы у блогеров является Instagram, наиболее востребованный формат – реклама в сторис. Стоимость рекламы у конкретного блогера зависит от 4 факторов: количества подписчиков, охвата публикаций, вовлеченности аудитории и формата сотрудничества. Причем если у менее популярных блогеров стоимость рекламы определяется числом просмотров сторис, то у медийных – уровнем популярности. Кроме того, возможна оплата рекламы по бартеру. В счет стоимости производитель детских продуктов отправляет мамам-блогерам новый продукт с целью создания качественного контента. Данный вариант используется при отсутствии возможности у производителя отснять новый продукт.

5. *Организация мероприятий для детей и дегустаций.* Дегустации проводятся, как правило, в магазинах детского питания, детских досуговых центрах, детских учреждениях образования и направлены на формирование лояльности у детей и родителей в отношении бренда и конкретных продуктов. Имеет первостепенное значение при выводе на рынок новых продуктов питания.

Дегустации проводятся в рамках организованных мероприятий, цель которых – привлечь внимание детей и родителей. Проводимые мероприятия могут быть оформлены в виде тематических детских зон, мастер-классов, анимации, праздника. При этом дети вовлекаются в игру, а родители – знакомятся с продуктами, что повышает коммуникацию с целевой аудиторией и способствует росту вероятности совершения покупки.

6. *Аргументированная личная коммуникация* на основе партнерства со специализированными ритейлерами (предполагает использование аудитории и технических средств ритейлера), имеющими хорошую репутацию в сфере продаж товаров для детей:

– отправка мотивационной рассылки;
– on-site-виджеты;
– триггерная email-коммуникация (рассылка персональных мотивационных предложений).

7. *Партнерство с детскими учреждениями* основано на предоставлении подарков и образцов продукции, оказании спонсорской поддержки мероприятий с целью организации рекламы в местах, наиболее часто посещаемых родителями и

детьми, что позволит повысить доверие к бренду и привлечь целевую аудиторию посредством прямых инструментов продвижения.

8. *Проведение акций и скидок.* Основными стратегиями в рамках указанного инструмента являются:

- ценовые и товарные предложения («1+1=3», «скидка на 2-ю единицу», «счастливые часы», «товар недели»);
- программы лояльности при приобретении в торговых сетях («бонусы за покупки»);
- событийный и тематический маркетинг («скидка или бонусы для именинника»).

Применение указанных инструментов и приемов продвижения направлено на достижение следующих целей (таблица 2):

- формирование и повышение узнаваемости бренда и лояльности у потребителей;
- стимулирование продаж;
- поиск новых покупателей и повышение вероятности совершения повторных покупок.

Таблица 2 – Особенности стратегии продвижения молочных продуктов в сегменте продуктов для питания детей

Инструменты и приемы продвижения	Цели продвижения
1	2
<p>1. Использование детских персонажей и маскотов (предполагает создание клуба лояльности на основе детского персонажа, который ассоциируется с продуктом).</p> <p>2. Следование трендам с акцентом на популярности продукта (основан на разработке собственного персонажа либо приобретении лицензии на использование известного мультперсонажа).</p> <p>3. Коммуникация на основе интерактивных инструментов (на упаковке продукта размещаются игры, квесты, тесты, QR-коды, перейдя по которым можно прослушать сказку или историю).</p> <p>4. Ведение социальных сетей, реклама у блогеров и экспертов (используется в большей степени для продвижения продуктов для детей в возрасте до 3-х лет; предлагаемый контент и рекламные сообщения должны отражать не только ожидаемые родителями положительные эмоции, но и явные преимущества продукта по отношению к конкурентам).</p> <p>5. Организация мероприятий для детей и дегустаций (дегустации проводятся в магазинах детского питания, детских досуговых центрах, детских учреждениях образования и имеют важное значение при выводе на рынок новых продуктов; цель мероприятий – привлечь внимание детей и родителей к определенным продуктам или брендам).</p> <p>6. Аргументированная личная коммуникация на основе партнерства со специализированными ритейлерами (предполагает использование аудитории и технических средств ритейлера).</p>	<p>1. Формирование узнаваемости и лояльности у потенциальных потребителей при выводе продукта на рынок.</p> <p>2. Стимулирование продаж в отношении определенной целевой аудитории.</p> <p>3. Стимулирование продаж на основе повышения внимания к продукту целевой аудитории, вовлечения ее в игру.</p> <p>4. Повышение узнаваемости бренда и лояльности у потребителей посредством вовлечения широкого круга потребителей во взаимное общение и обмен опытом.</p> <p>5. Рост узнаваемости бренда при выводе на рынок новых продуктов посредством привлечения внимания контактной и целевой аудиторий.</p> <p>6. Поиск новых покупателей и повышение процента совершения повторных покупок.</p>

Продолжение таблицы 2

1	2
7. Партнерство с детскими учреждениями (основано на предоставлении подарков и образцов продукции, организации спонсорской поддержки тематических мероприятий).	7. Повышение доверия к бренду и привлечение целевой аудитории посредством организации рекламы в местах, часто посещаемых родителями и детьми.
8. Проведение акций и скидок (ценовые и товарные предложения, программы лояльности при приобретении в торговых сетях, событийный и тематический маркетинг)	8. Стимулирование продаж и увеличение объема продаж в электронной коммерции

Источник данных: собственная разработка.

Выводы. Проведенное исследование показало, что основная особенность продвижения продуктов для детского питания состоит в наличии двух аудиторий – целевой (детской) и контактной (взрослой), ценности которых и критерии выбора продукта различаются, а также в необходимости постоянного обновления продукта в соответствии с новыми трендами.

В качестве эффективных инструментов и приемов продвижения в сегменте продуктов для детского питания определены:

- использование детских персонажей и маскотов;
- следование трендам с акцентом на популярности продукта;
- коммуникация на основе интерактивных инструментов;
- ведение социальных сетей, реклама у блогеров и экспертов;
- организация мероприятий для детей и дегустаций;
- аргументированная личная коммуникация на основе партнерства со специализированными ритейлерами;
- партнерство с детскими учреждениями;
- проведение акций и скидок.

Комплексное применение указанных инструментов позволит разработать эффективную маркетинговую стратегию продвижения продуктов для детского питания с учетом особенностей когнитивного восприятия целевой аудитории и потребительских представлений контактной аудитории.

Примечание. Исследование выполнено в рамках задания 5.10 «Разработка эффективных организационно-технологических решений переработки молочного сырья» НИР 5 «Разработка организационно-экономического инструментария продвижения научно-технических разработок на примере предприятий молочной промышленности Республики Беларусь» ГПНИ «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность» на 2021–2025 годы, подпрограмма «Продовольственная безопасность» (№ гос. регистрации 20231176).

Список использованных источников

1. Глинская, И. Ю. Использование средств маркетинговых коммуникаций для продвижения детских развивающих брендов / И. Ю. Глинская, Е. А. Кириллова // Коммуникология. – 2017. – Т. 5. – № 1. – С. 164–177. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-sredstv-marketingovyh-kommunikatsiy-dlya-prodvizheniya-detskih-razvivayuschih-brendov/viewer> (дата обращения: 28.07.2025).

1. Glinskaya, I. Yu. Ispol'zovanie sredstv marketingovykh kommunikatsii dlya prodvizheniya detskikh razvivayushchikh brendov [Using marketing communications tools to promote children's educational brands] / I. Yu. Glinskaya, E. A. Kirillova // Kommunikologiya. – 2017. – Т. 5. – № 1. – С. 164–177. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-sredstv-marketingovyh-kommunikatsiy-dlya-prodvizheniya-detskih-razvivayuschih-brendov/viewer> (data obrashcheniya: 28.07.2025).

2. Барден, Ф. Взлом маркетинга. Наука о том, почему мы покупаем / Ф. Барден; пер. с англ. А. Кияновской; [науч. ред. С. Федулов]. – 12-е изд., испр. и доп. – М. : МИФ, 2024. – 368 с.
2. Barden, F. Vzлом marketinga. Nauka o tom, pochemu my pokupaem [Hacking marketing. The Science of Why We Buy] / F. Barden; per. s angl. A. Kiyanovskoi; [nauch. red. S. Fedulov]. – 12-e izd., ispr. i dop. – M. : MIF, 2024. – 368 s.
3. Сараева, О. Н. Проблемы продвижения детских товаров с учетом особенностей целевой аудитории / О. Н. Сараева, Е. А. Груздева // Baikal Research Journal. – 2020. – Т. 11. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-prodvizheniya-detskikh-tovarov-s-uchetom-osobennostey-tselevooy-auditorii> (дата обращения: 30.07.2025).
3. Saraeva, O. N. Problemy prodvizheniya detskikh tovarov s uchetom osobennostei tselevoi auditorii [The problems of promoting children's products, taking into account the characteristics of the target audience] / O. N. Saraeva, E. A. Gruzdeva // Baikal Research Journal. – 2020. – T. 11. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-prodvizheniya-detskikh-tovarov-s-uchetom-osobennostey-tselevooy-auditorii> (data obrashcheniya: 30.07.2025).
4. Как создавать рекламу для детей: особенности детского маркетинга // Брендформанс-агентство TexTerra. – URL: <https://texterra.ru/blog/kak-sozdavat-reklamu-dlya-detey-osobennosti-detskogo-marketinga.html>. – Дата публ.: 13.09.2022.
4. Kak sozdavat' reklamu dlya detei: osobennosti detskogo marketinga [How to create ads for children: features of children's marketing] // TexTerra. – URL: <https://texterra.ru/blog/kak-sozdavat-reklamu-dlya-detey-osobennosti-detskogo-marketinga.html>. – Data publ.: 13.09.2022.
5. Коммуникации в мире детских товаров: как маркетологам работать с детьми // Сетевое издание AdIndex.ru. – URL: <https://adindex.ru/publication/mediaoutlook/99608/2014/09/16/115109.phtml>. – Дата публ.: 16.09.2014.
5. Kommunikatsii v mire detskikh tovarov: kak marketologam rabotat' s det'mi [Communications in the world of children's goods: how marketers work with children] // Setevoe izdanie AdIndex.ru. – URL: <https://adindex.ru/publication/mediaoutlook/99608/2014/09/16/115109.phtml>. – Data publ.: 16.09.2014.
6. ТОП-10 мультгероев на упаковке продуктов. Выбор детей // Институт общественного мнения. – URL: <https://iom.anketolog.ru/2023/11/13/mul-tgeroi-na-upakovke-vybor-detey>. – Дата публ.: 06.12.2023.
6. TOP-10 mul'tgeroev na upakovke produktov. Vybor detei [TOP 10 cartoon characters on food packaging. Children's choice] // Institut obshchestvennogo mneniya. – URL: <https://iom.anketolog.ru/2023/11/13/mul-tgeroi-na-upakovke-vybor-detey>. – Data publ.: 06.12.2023.
7. Мультгерои на молочной продукции // Молопак. – URL: https://promupac.com/o_predpriyatii/blog/multgeroi_na_molochnoy_produktsii (дата обращения: 07.08.2025).
7. Mul'tgeroi na molochnoi produktsii [Cartoon characters on dairy products] // Molopak. – URL: https://promupac.com/o_predpriyatii/blog/multgeroi_na_molochnoy_produktsii (data obrashcheniya: 07.08.2025).
8. Нежный возраст. Как продвигаются товары «для самых маленьких» // Индустрия рекламы. – 2006. – № 10. – URL: <https://adindustry.ru/doc/279> (дата обращения: 12.08.2025).
8. Nezhnyi vozrast. Kak prodvigayutsya tovary «dlya samykh malen'kikh» [A tender age. How are the "for the youngest" products progressing?] // Industriya reklamy. – 2006. – № 10. – URL: <https://adindustry.ru/doc/279> (data obrashcheniya: 12.08.2025).
9. Едакин, А. Продвижение брендов детских товаров в соцсетях: учимся на примерах / А. Едакин // SMMplanner blog. – URL: <https://smmplanner.com/blog/prodvizheniie-briendov-dietskikh-tovarov-v-sotssietiakh-uchimsia-na-primierakh/>. – Дата публ.: 07.12.2020.
9. Edakin, A. Prodvizhenie brendov detskikh tovarov v sotssetyakh: uchimsya na primerakh [Promotion of brands of children's products on social networks: learning from examples] / A. Edakin // SMMplanner blog. – URL: <https://smmplanner.com/blog/prodvizheniie-briendov-dietskikh-tovarov-v-sotssietiakh-uchimsia-na-primierakh/>. – Data publ.: 07.12.2020.

*Н.В. Карпович, к.э.н., доцент, Е.П. Макуценья, к.э.н., доцент
Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси, г. Минск,
Республика Беларусь*

УКРЕПЛЕНИЕ ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ СФЕРЫ БЕЛАРУСИ НА ОСНОВЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ

*N. Karpovich, E. Makutsenia
Research in Agro-Industrial Complex of National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus*

STRENGTHENING THE EXPORT POTENTIAL OF THE AGRICULTURAL AND FOOD SECTOR OF BELARUS THROUGH THE USE OF GEOGRAPHICAL INDICATIONS

e-mail: karpovich_nv@list.ru, gukkaterina@mail.ru

Рассмотрены вопросы развития агропродовольственного рынка на основе формирования потенциальных точек роста – товаров со статусом географического указания. Проведен комплексный анализ зарубежного опыта использования географических указаний. Определены отдельные продовольственные товары Беларуси, которые могут стать товарами с географическим указанием. Установлены основополагающие направления их продвижения и позиционирования.

The issues of the development of the agricultural and food market based on the identification of potential growth areas - goods with a geographical indication - are discussed. A comprehensive analysis of international experience in the use of geographical indications has been conducted. Certain food products from Belarus have been identified that could become goods with a geographical indication. Fundamental directions for their promotion and positioning have been outlined.

Ключевые слова: экспорт, потенциал, позиционирование, географические указания, конкурентоспособность, диверсификация, приоритеты.

Keywords: export, potential, positioning, geographical indications, competitiveness, diversification, priorities.

Введение. В современных условиях международная торговля агропродовольственной продукцией характеризуется высоким уровнем конкуренции, что требует от производителей и экспортеров эффективного позиционирования товаров с уникальными свойствами. Система географических указаний (ГУ) может стать одним из инструментов, способствующим повышению узнаваемости продукции, устойчивому развитию производства и росту доходов производителей, а также расширению экспортных возможностей. Происхождение продукта становится значимым конкурентным преимуществом, т.к. ассоциируется у потребителей с конкретными условиями и технологиями производства, особым качественным набором характеристик и уникальными природно-климатическими условиями того или иного региона. Официальная регистрация и правовая защита географического указания позволяют не только повысить узнаваемость бренда и укрепить доверие потребителей, но и нарастить объемы экспорта и рентабельность сбыта на внешних рынках.

Материалы и методы исследований. В качестве материалов при выполнении исследований явились данные Всемирного центра интеллектуальной

собственности, Национального центра интеллектуальной собственности Республики Беларусь, а также профильных организаций по интеллектуальной собственности отдельных стран мира. Изучены материалы, регулирующие использование географических указаний.

Результаты и их обсуждение. Географические указания традиционно относятся к интеллектуальным правам. В Парижской конвенции по охране промышленной собственности в качестве объектов промышленной собственности упоминаются «указания происхождения» и «наименования места происхождения» [1]. Согласно Закону Республики Беларусь от 17 июля 2002 г. № 127-3 «О географических указаниях» под географическим указанием понимается обозначение, которое идентифицирует товар как происходящий с территории определенного географического объекта, если качество, репутация или иные характеристики товара в значительной степени обусловлены его географическим происхождением [2]. В географическое указание включается наименование места происхождения товара, т.е. обозначение, представляющее собой либо содержащее современное или историческое, официальное или неофициальное, полное или сокращенное наименование географического объекта, а также обозначение, производное от такого наименования и ставшее известным в результате его использования в отношении товара, особые свойства которого исключительно или главным образом определяются характерными для данного географического объекта природными условиями и людскими факторами.

Указание географического происхождения продукции, обычно сельскохозяйственной, в сочетании с применением традиционных методов ее производства и переработки создает широкие перспективы сбыта и брендинга продукции. Продукт, уникальные свойства которого связаны с местом его происхождения, может стать отправной точкой для запуска успешного цикла специализации территории на выпуске продукции с особыми качественными характеристиками. Его продвижение как продукта ГУ может дать положительный, усиливающийся со временем синергетический эффект, что позволит укрепить агропродовольственную систему и положительно скажется на экономической устойчивости, которая проявляется в повышении доходов производителей.

Продукты, особое качество которых связано с местом происхождения, приобретают возможность быть реализованными по более высоким ценам за счет узнаваемости на рынке и получения доступа к новым рыночным нишам для премиальной продукции. Также уменьшается шанс их исчезновения по причине вытеснения конкурентами. Более высокая цена продажи зачастую является одной из основных целей при поддержке стратегии продвижения такого продукта. Кроме того, повышение экономической ценности продукта означает более широкий доступ к новым или существующим рынкам благодаря дифференциации. Это позволяет производителям реализовывать свой товар на рынках по более высокой цене несмотря на присутствие там более дешевой продукции аналогичной товарной группы [1].

Сельскохозяйственная продукция часто приобретает уникальные свойства благодаря месту своего произрастания или производства, обусловленного особыми природными условиями конкретной территории: уникальный микроклимат, особая структура почвы и биоразнообразие экосистемы. Именно поэтому подавляющее число существующих в мировой практике географических указаний направлено на выделение особых качеств аграрной продукции, продуктов питания, винодельческой и алкогольной продукции. Однако область применения географических указаний значительно шире аграрного сектора – это могут быть изделия традиционного народного промысла, использующих местные ресурсы и передающие поколениями проверенные временем технологии изготовления.

Анализ современной мировой практики показал, что в 2024 г. в мире насчитывалось порядка 62,3 тыс. действующих географических указаний. От общего

количества ГУ удельный вес стран с уровнем дохода выше среднего составил 51,1 %, стран с высоким уровнем дохода – 43,7 %, с уровнем дохода ниже среднего – 5,1 % и с низким уровнем дохода – 0,1 %. В региональном распределении наибольшее количество действующих географических указаний пришлось на Европу – 49,8 %, Азию – 38,8 %, Океанию – 6,5 %, Северную Америку – 2,4 %, Латинскую Америку и Карибский бассейн – 2,4 %, Африку – 0,2 % [1].

Около половины зарегистрированных географических указаний приходится на вина и крепкие алкогольные напитки (55,9 %). Вторая значительная категория представлена сельскохозяйственной продукцией и продовольственными товарами, доля которых составляет 38,1 %. Удельный вес изделий народных ремесел значительно ниже – 4,2 % от общего числа зарегистрированных ГУ (рисунок 1).

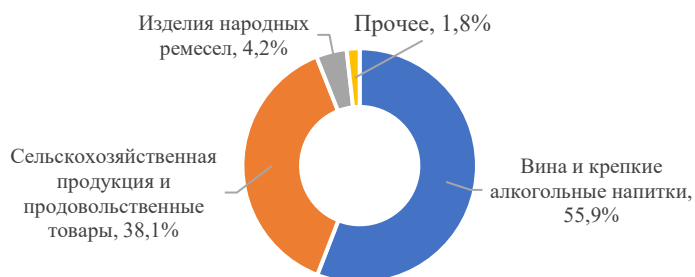


Рисунок 1 – Товарная структура действующих географических указаний в мире, 2024 г.

Источник данных: [1].

В 2024 году в Китае действовало около 10 тыс. географических указаний, 75 % из которых были защищены системой товарных знаков. Высокие рейтинги, достигнутые странами Европейского союза, объясняются тем фактом, что более 5 тыс. действующих географических указаний по всей региональной системе ЕС действуют в каждом государстве-члене (рисунок 2).

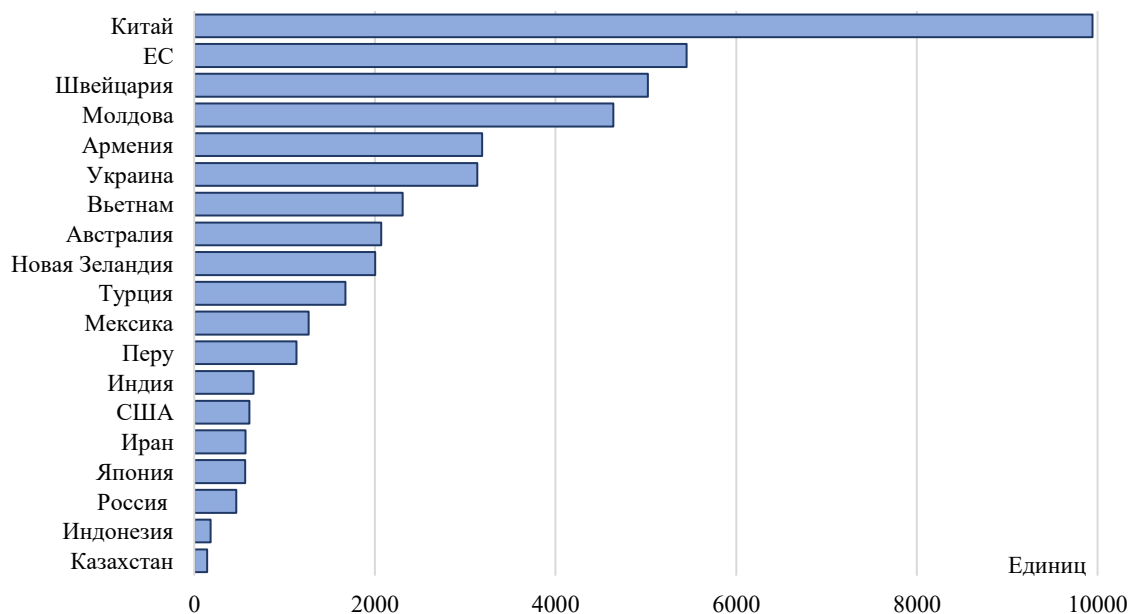


Рисунок 2 – Действующие географические указания в разрезе отдельных стран и сообществ, 2024 г.

Источник данных: [1].

Опыт стран ЕС в части ГУ характеризуется наиболее длительным периодом использования данного инструмента. В целях активного продвижения и эффективной идентификации сельскохозяйственной продукции и продовольствия европейские государства внедрили комплексную систему правовых мер, включающую три ключевых механизма защиты качественных товаров: защищенное наименование места происхождения (PDO), защищенное географическое указание (PGI) и специальную категорию географического указания для спиртных напитков (GI). Дополнительно могут быть использованы такие термины как: «гарантированная традиционная специализация» (TSG), которая подчеркивает традиционные аспекты (способ производства или состав продукта) без привязки к конкретному географическому региону; «горный продукт» – обозначает специфику продукта, произведенного в горных районах со сложными природными условиями; «продукт самых отдаленных регионов ЕС» и схемы добровольной сертификации на национальном уровне [3]. Данная система функционирует в рамках правового поля Европейского союза и гарантирует зарегистрированным продуктам полноценную юридическую охрану от попыток недобросовестного копирования или фальсификации как на территории ЕС, так и в тех странах, которые присоединились к специальным двусторонним или многосторонним договорам о взаимной защите оригинальных географических указаний и наименований мест происхождения.

Географические указания играют все более важную роль в торговых переговорах между Европейским союзом и другими странами. Надлежащая защита и обеспечение соблюдения географических указаний на международном уровне являются ключевым аспектом торговой европейской повестки. ЕС активно работает на многостороннем и двустороннем уровнях над улучшением защиты географических указаний и укреплением механизмов обеспечения соблюдения прав интеллектуальной собственности для предотвращения незаконного присвоения и неправомерного использования ГУ Европейского союза во всем мире.

В настоящее время продвижение агропродовольственной продукции в Китае характеризуется тенденциями усиления использования маркетинговых инструментов, которые позиционируют качество китайских товаров. Так, в стране применяется концептуальный подход, базирующийся на «трех категориях качества», в рамках которого предусматривается комплекс мер по продвижению китайских продовольственных товаров в разрезе таких товарных групп, как «экологически чистые продукты», «органические продукты», а также «товары с географическим указанием» [4].

В Российской Федерации с 2019 г. географическое указание стало новым объектом интеллектуальной собственности. С 2020 г. российские производители товаров получили определенные механизмы поддержки регистрации ГУ. По данным за 2024 г. в России зарегистрировано 464 географических указаний и мест наименований происхождения товаров, которые защищают интересы производителя, гарантируют оригинальность и высокое качество товара, а также способствуют укреплению экспортного потенциала [5].

В Казахстане практическое использование географических указаний рассматривается в качестве инструмента торговли и продвижения экспорта. АО «QazTrade» – организация по продвижению экспорта – активно использует потенциал данного инструмента. В стране создана рабочая группа по продвижению географических указаний, которая объединяет представителей государственных органов и экспертного сообщества, связанных с вопросами защиты и продвижения национальных брендов, а также Казахстанскую Ассоциацию сахарной, пищевой и перерабатывающей промышленности. Цель инициативы – развитие экспорта несырьевых товаров через внедрение и популяризацию системы географических указаний [6].

По состоянию на 2024 г. в Армении зарегистрировано 3186 географических наименований, которые национальный Офис интеллектуальной собственности рассматривает одним из приоритетных направлений в сфере интеллектуальной собственности для повышения международной узнаваемости традиционной армянской продукции и защиты интересов местных производителей на международном уровне [7].

Важность использования географических указаний отмечена в Стратегии Республики Беларусь в сфере интеллектуальной собственности до 2030 г., в которой определено, что для популяризации отечественных товаров на внутреннем и внешних рынках, узнавания страны и поддержания ее позитивного имиджа, развития регионов и стимулирования субъектов предпринимательства будет уделено внимание разработке и продвижению национальных и региональных брендов, в том числе с использованием географических указаний [2]. Кроме того, предусматривается выработка предложений по формированию перечня товаров с особыми свойствами, в отношении которых могут быть зарегистрированы географические указания Республики Беларусь. Проведенные исследования показали, что несмотря на созданную нормативную правовую базу, инструмент географических указаний не нашел широкого распространения среди отечественных производителей сельскохозяйственной продукции и продовольствия. По состоянию на 31.12.2024 г. в Беларуси предоставлена правовая охрана 36 географическим указаниям и наименованиям мест происхождения товаров. Право пользования предоставлено 15 субъектам хозяйствования различных стран. При этом следует отметить, что среди всех зарегистрированных ГУ только несколько отечественных, среди которых: минеральная вода «Минская», «Лидское пиво» и «Лидский квас». Более половины от общего количества ГУ приходится на грузинские (54 %) и российские (20 %) продукты (таблица 1).

Таблица 1 – Количество действующих географических указаний в Республике Беларусь, 2024 г.

Страна	Географические указания (наименования мест происхождения товаров)	Обладатель права пользования
Российская Федерация	5 наименований мест происхождения товаров	5 обладателей права пользования
Грузия	21 наименование мест происхождения товаров	1 обладатель права пользования
Италия	2 наименования мест происхождения товаров	4 обладателя права пользования
	2 географических указания	
Армения	1 наименование мест происхождения товаров	1 обладатель права пользования
Беларусь	3 наименования мест происхождения товаров	2 обладателя права пользования
Ирландия	1 наименование мест происхождения товаров	1 обладатель права пользования
Великобритания	1 географическое указание	1 обладатель права пользования

Источник данных: [8].

Выявлено, что основными препятствиями на пути внедрения института географических указаний в Беларуси остаются: недостаточная осведомленность производителей о потенциальных преимуществах использования географических указаний, дефицит доступной информации относительно концептуальной основы, принципов функционирования и практических выгод, предоставляемых системой

регистрации и защиты таких товаров. Дополнительным фактором выступает отсутствие финансовой поддержки отечественных производителей и экспортеров в указанной области, что заметно ослабляет мотивацию предпринимателей и замедляет развитие всей инфраструктуры института географических указаний [9, 10]. При этом агропродовольственная сфера Беларуси обладает значительным количеством уникальных продуктов, которые потенциально могут быть товарами со статусом географического указания и сформировать точки роста производственного и экспортного потенциала страны (таблица 2).

Таблица 2 – Отдельные агропродовольственные товары Беларуси, которые могут стать товарами со статусом географического указания

Наименование	Характеристика
Кобринские сыры	Производители делают ставку на традиционные технологии без использования искусственных ускорителей созревания. Сыр производят из молока коров, пасущихся на заливных лугах р. Мухавец, что придает сырному зерну особую чистоту и сладковатый привкус. Сыроварение в регионе имеет глубокие традиции (с XIX в.), восходящие к помещичьим хозяйствам и мелким сыроварням.
Слуцкие сыры	Слуцкий уезд славился своими сырами еще в XIX в., а в 1880 г. в имении «Семежево» Слуцкого уезда была открыта одна из первых в Беларуси сыроварен промышленного типа. Акцент делался на использовании высококачественного местного молока и традиционных методах производства, что обеспечивало чистый, выраженный вкус без посторонних привкусов. «Слуцкая школа мастеров сыроделия» – это возрождение и институализация исторических традиций региона.
Клинковый творожный сыр	Представляет собой сыр в его самом аутентичном, крестьянском виде, его особенность состоит в грубоватой текстуре и ярком кисломолочном вкусе. Сегодня это не просто еда, а живой артефакт, сохранившийся с древних времен, связь с многовековым укладом жизни и гастрономической культурой белорусского народа. Главная особенность – технология «холодного отжима». В основе творог, соль и иногда специи (тмин, перец), никаких ферментов, заквасок и сложных технологий.
Колбаса Мотольская	Общеизвестные бренды знаменитой д. Мотоль в Ивановском районе – коужухи и колбасы. Мотольская колбаса имеет концентрированный вкус – пряный, слегка острый, с яркими нотами чеснока и дыма. Секрет состоит в особом балансе специй и холодном копчении на дровах из лиственных пород деревьев (ольха, яблоня, вишня). Традиционно для колбасы используется мясо от животных, выращенных на местных подворьях и фермах.
Гольшанский пряник	История пряника началась в 1860-х гг. в местечке Гольшаны (Ошмянский уезд, современная Гродненская обл.). Рецепт и технология передавались по наследству, становясь все более совершенными. Секрет заключался в особом соотношении меда, муки и специй, а также в уникальной технике выпечки. Пряники были резными, с красивым орнаментом и надписями. Для их создания использовали деревянные формы-штампы.
Хлеб Жоровский	Традиции приготовления Жоровского хлеба и его секреты приготовления выпечки передаются из поколения в поколение уже более ста лет жителями д. Жоровка Любанского района, а рецепт знаменитой жоровской кулитки с 2020 г. имеет статус историко-культурной ценности.
Полесские журавины	Беларусь и клюква – неразрывны. Именно клюкву с древних времен можно было встретить на белорусских болотах. Клюквенная плантация, заложенная на Полесье в 1985 г., в настоящее время является крупнейшей в Европе. Ягоду называют красным золотом Полесья. Народное название – «журавины».

Источник данных: собственные исследования.

В Беларуси в настоящее время реализуется совместный проект ФАО и Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь «Укрепление устойчивых продовольственных систем посредством географических указаний» [11]. Ожидается, что после его реализации продукция с белорусскими географическими указаниями будет играть важную роль в национальной продовольственной системе и на рынках сбыта, получая широкое международное признание, способствуя благосостоянию сельских сообществ и выстраивая местные системы наследия вокруг продуктов с конкретным местом их происхождения. В области географических указаний расширится потенциал групп производителей и учреждений по реагированию на возникающие вызовы и по выявлению новых возможностей для местного экономического и устойчивого развития сельских территорий.

В данной связи особую значимость приобретает маркетинговый план продвижения товаров с ГУ, включая анализ рынка (изучение потребительских мотиваций, отношения, восприятия, готовности и способности платить, а также конкуренции, рыночных возможностей, возможных коммерческих партнерств и т.д.); и сегментацию (выявление целевого сегмента и позиционирование товара). Для каждого выбранного сегмента могут быть определены соответствующие стратегии с учетом специфики продуктов.

Как инструмент продвижения экспортных агропродовольственных товаров географические указания обладают рядом преимуществ [1, 9, 10]: позволяют упрочить репутацию экспортных товаров, а также авторитет и ценность продуктов из определенной местности и поддерживают местных производителей. В среднем продукты, обладающие статусом географического указания, продаются более чем в два раза дороже, чем сопоставимые товары без такого статуса; повышают доверие покупателей, т.к. дают подробную информацию о том, где (место происхождения) и как (технология производства) изготовлены товары с маркировкой географического указания; демонстрируют социальную позицию производителя и экспортера, позволяя заявить о приверженности задачам, волнующим общество, например, внедрение политики по охране окружающей среды, здоровья населения и охраны труда и др.; способствуют активизации экономического регионального развития, а также формированию «региональных брендов»; препятствуют незаконному использованию прав интеллектуальной собственности, обеспечивают охрану от действий, связанных с присвоением и недобросовестной конкуренцией [9, 10].

Выводы. Краеугольным камнем успешного экспорта становится формирование сильного, узнаваемого бренда. В этом контексте географические указания играют ключевую роль: они служат для потребителя гарантией особых качеств продукта, обусловленных местом его производства, и помогают выделить такой товар среди однородной массы. Изучение международной практики демонстрирует, что эффективные экспортные стратегии часто включают: создание премиальных продуктовых линеек, формирующих прочную привязанность покупателей; запуск креативных рекламных кампаний, которые обыгрывают культурно-историческое наследие территории происхождения товара; отказ от стратегии массового рынка в пользу фокусировки на конкретных нишевых аудиториях. Целенаправленная работа над узнаваемостью бренда через призму его уникального происхождения является важнейшим маркетинговым инструментом. Ее применение способствует росту экспортной выручки в агропродовольственном секторе, расширяет ассортиментный портфель и усиливает позиции национальных экспортёров в сегменте прямой работы с конечным потребителем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. World Intellectual Property Organization : [site]. – URL: <https://www.wipo.int/portal/ru/> (date of access: 10.11.2025).
2. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь : [сайт]. – URL: <https://pravo.by/> (дата обращения: 10.11.2025).
3. European Commission : [site]. – URL: https://commission.europa.eu/index_en (date of access: 10.11.2025).
4. National Copyright Administration of China : [site]. – URL: <https://www.ncac.gov.cn/> (date of access: 10.11.2025).
5. Федеральная служба по интеллектуальной собственности Российской Федерации : [сайт]. – URL: <https://rospatent.gov.ru/ru> (дата обращения: 10.11.2025).
6. Committee of Intellectual Property Rights of the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan : [site]. – URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/adilet-kis?lang=en> (date of access: 10.11.2025).
7. Intellectual Property Office Ministry of Economy of the Republic of Armenia : [site]. – URL: <https://aipo.am/en> (date of access: 10.11.2025).
8. Национальный центр интеллектуальной собственности Республики Беларусь : [сайт]. – URL: <https://www.ncip.by/> (дата обращения: 10.11.2025).
9. Дайнеко, А. Е. Факторы формирования комплексной системы поддержки экспорта сельскохозяйственной продукции и продовольствия Беларуси / А. Е. Дайнеко, Н. В. Карпович // Вестник Фонда фундаментальных исследований. – 2025. – № 2. – С. 96–105.
10. Карпович, Н. В. Географические указания как инструмент продвижения экспортных агропродовольственных товаров / Н. В. Карпович // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сб. науч. ст. по материалам XXVII Междунар. науч.-практ. конф., г. Гродно, 18 апреля, 16 мая, 6 июня 2025 г. / УО «Гродн. гос. аграрн. ун-т», отв. за выпуск О. В. Вергинская. – Гродно, 2025. – С. 65–66.
11. Food and Agriculture Organization of the United Nations : [site]. – URL: <https://www.fao.org/home/ru> (date of access: 10.11.2025).
2. Nacionalnyj pravovoj Internet-portal Respubliki Belarus [National Legal Internet Portal of the Republic of Belarus] : [sajt]. – URL: <https://pravo.by/> (data obrasheniya: 10.11.2025).
5. Federalnaya sluzhba po intellektualnoj sobstvennosti Rossijskoj Federacii [Federal Service for Intellectual Property of the Russian Federation] : [sajt]. – URL: <https://rospatent.gov.ru/ru> (data obrasheniya: 10.11.2025).
8. Nacionalnyj centr intellektualnoj sobstvennosti Respubliki Belarus [National Center of Intellectual Property of the Republic of Belarus] : [sajt]. – URL: <https://www.ncip.by/> (data obrasheniya: 10.11.2025).
9. Dajneko, A. E. Faktory formirovaniya kompleksnoj sistemy podderzhki eksporta selskokozyajstvennoj produkcii i prodovolstviya Belarusi [Factors in the formation of a comprehensive system of support for the export of agricultural products and food products in Belarus] / A. E. Dajneko, N. V. Karpovich // Vestnik Fonda fundamentalnyh issledovanij. – 2025. – № 2. – S. 96–105.
10. Karpovich, N. V. Geograficheskiye ukazaniya kak instrument prodvizheniya eksportnykh agroprodovol'stvennykh tovarov [Geographical indications as a tool for promoting agricultural exports] / N. V. Karpovich // Sovremennyye tekhnologii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: sb. nauch. st. po materialam XXVII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., g. Grodno, 18 aprelya, 16 maya, 6 iyunya 2025 g. / UO «Grodno. gos. agrarn. un-t», otv. za vypusk O. V. Vertinskaya. – Grodno, 2025. – S. 65–66.

*Л.И. Довнар, к.э.н., Л.Т. Ёнчик, Е.В. Беспалова, к.т.н., доцент
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАПИТКИ НА ОСНОВЕ ПЕРМЕАТА: ОПЫТ ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*L. Dovnar, L. Yonchik, E. Bepalova
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

FUNCTIONAL BEVERAGES BASED ON PERMEATE: INTERNATIONAL EXPERIENCE AND DEVELOPMENT PROSPECTS IN THE REPUBLIC OF BELARUS

e-mail: ec-research.immp@yandex.ru, yonya@tut.by, bepalova-kat@mail.ru

В статье рассмотрены перспективы использования пермеата как побочного продукта переработки молока для создания функциональных напитков. Приведены результаты анализа международного опыта (на примере спортивного напитка GoodSport, США) и исследования сегмента сывороточных напитков в Республике Беларусь как наиболее близкой по технологической природе категории. Установлено, что отечественный рынок сывороточных напитков развивается в направлении расширения ассортимента, дифференциации вкусовых профилей и форматов, что подтверждает наличие устойчивого потребительского интереса. Сравнение с другими смежными категориями (сокосодержащие напитки и морсы) показало потенциал пермеатных продуктов по ценовому критерию. На основании анализа данных о производстве сокосодержащих напитков рассчитан возможный объем реализации напитков на основе пермеата в первые три года после запуска. Результаты исследования подтверждают перспективность освоения выпуска и реализации на внутреннем рынке напитков на основе пермеата.

This article explores the potential of using permeate, a by-product of milk processing, to create functional beverages. It analyzes international experience, exemplified by the sports drink GoodSport (USA), and examines the whey drink segment in the Republic of Belarus as the most technologically developed category. The study shows that the national whey drink market is evolving toward product range expansion and diversified flavor profiles and formats, confirming sustained consumer interest. A comparison with related categories (juice drinks and fruit drinks) highlights the price competitiveness of permeate-based beverages. Drawing on juice drink production data, the potential sales volume of permeate-based beverages in the first three years after launch was estimated. The findings confirm the prospects for developing the production and commercialization of permeate-based beverages in the domestic market.

Ключевые слова: пермеат, побочные продукты переработки молока, функциональные напитки, напитки на основе сыворотки, рынок Республики Беларусь, ценовая дифференциация, устойчивое производство, потребительский спрос, коммерциализация.

Keywords: permeate, milk processing by-products, functional beverages, whey-based drinks, Belarusian market, price competitiveness, sustainable production, consumer demand, commercialization.

Введение. Использование побочных продуктов переработки молочного сырья становится одним из ключевых и перспективных направлений развития молочной отрасли. Данное направление интегрируется в систему устойчивого производства,

обеспечивая экологичность и рациональное использование вторичных ресурсов. Одновременно на фоне стремительного роста сегмента функциональных продуктов формируются и усиливаются потребительские ожидания, которые характеризуются увеличением спроса на молочные продукты в удобных форматах, что, в свою очередь, сопровождается поиском и разработкой технологий для повышения функциональных свойств продуктов, включая снижение содержания сахаров и создание рецептур с добавлением биологически активных веществ (витаминов, антиоксидантов, пробиотиков и др.).

Одним из таких компонентов, способных расширить функциональные характеристики молочных продуктов, выступает **пермеат**, который является естественным источником минеральных веществ и низкомолекулярных компонентов и может быть использован в качестве основы для напитков с дополнительными полезными свойствами. Естественное наличие в его составе электролитов и биоактивных компонентов позволяет создавать сбалансированные рецептуры, отвечающие требованиям потребителей к здоровью, вкусу и удобству. В Республике Беларусь пермеат образуется вследствие подготовки нормализованных смесей для производства сыров мягких и полутвердых, концентратов молочных и сывороточных белков. В настоящее время пермеат в количестве, обусловленном структурой производства, получают на следующих предприятиях: ОАО «Минский молочный завод №1», ОАО «Молочный мир», ООО «Праймилк», ОАО «Савушкин продукт», Щучинский филиал ОАО «Молочный Мир», ОАО «Туровский молочный комбинат», СООО «БелСыр», СОАО «Беловежские сыры», ОАО «Молочные горки» и др.

Продукты на основе побочных продуктов переработки молока способны занять промежуточную позицию между традиционными молочными функциональными напитками, безалкогольными, спортивными и инновационными напитками, объединяя пользу и доступность, особенно в контексте растущего внимания к устойчивости и рациональному использованию сырья и производственного потенциала.

В РУП «Институт мясо-молочной промышленности» в рамках выполнения задания 4.33 «Разработать технологию производства и ассортимент новых видов напитков на основе продуктов переработки молока и освоить их производство» создан продукт на основе пермеата: жидкий сокодержащий напиток. В контексте обозначенных выше актуальных тенденций развития молочной отрасли и потребительского рынка особый интерес представляет практическая апробация концепции функциональных напитков на основе пермеата, для чего было проведено исследование потенциала данной разработки, направленное на определение ее конкурентоспособности, коммерческой привлекательности и возможных ниш применения.

Материалы и методы. Теоретической и методологической базой исследования послужили материалы, посвященные вопросам формирования и развития рынка функциональных напитков и перспектив использования побочных продуктов переработки молочного сырья. При исследовании использовались методы: монографический, абстрактно-логический, системного анализа, обобщения и аналогий, экспертных оценок, сравнения и др.

Результаты и их обсуждение. Многочисленные исследования и публикации, посвященные **перспективам использования побочных продуктов переработки молока в пищевой промышленности**, подтверждают высокий потенциал пермеата как основного компонента при производстве функциональных напитков [1–7]. Однако, несмотря на возрастающий интерес со стороны исследователей и производителей к таким продуктам, их распространение на мировом рынке остается ограниченным. В реальной практике пермеат преимущественно применяется в сухой форме как ингредиент для промышленной переработки. Анализ рынка позволил

выявить лишь один пример промышленного производства жидкого напитка на основе пермеата – GoodSport (США). На сайте производителя отмечается, что это первый в США промышленный спортивный напиток, созданный на основе молочного пермеата, полученного методом ультрафильтрации. Продукт сочетает в себе натуральные электролиты, витамины группы В и углеводы, обеспечивая более эффективную гидратацию по сравнению с традиционными спортивными напитками.

В напитке GoodSport, разработанном при участии Центра молочных исследований Университета Висконсин-Мэдисон (США), пермеат используется как основа, содержащая ключевые минералы – кальций, магний, натрий и калий. Продукт обладает чистым вкусом, высокой биодоступностью и доказанной способностью удерживать жидкость в организме более двух часов после употребления, не содержит добавленного сахара, является безлактозным и стабильным при хранении, что делает его уникальным решением в сегменте функциональной гидратации. На рынке США концепция напитка была представлена в 2021 г., а уже в 2025 г. бренд вышел на международный уровень, подтвердив тем самым, что ниша функциональных спортивных напитков обладает высоким потенциалом для экспорта и масштабирования за пределами национальных моделей [8–11].

Поскольку на потребительском рынке Беларуси и России отсутствуют жидкие напитки на основе пермеата, для оценки рыночного потенциала разработки целесообразно обратиться к сегменту сывороточных напитков. Пермеат и сыворожка, являясь продуктами переработки молока, имеют близкую технологическую природу и функциональные свойства, содержат электролиты, углеводы и витамины при низком уровне белка и жира (таблица 1). Сыворожка молочная, пермеаты молочные и сывороточные, полученные методом ультрафильтрации, являются высоколактозным сырьем. Закономерная высокая массовая доля молочного сахара в продуктах на их основе ограничивает потребительский спрос и сдерживает расширение сегментов потребительской аудитории. Поскольку в настоящее время актуальна проблема непереносимости лактозы, то в ходе выполнения работы проведены исследования по получению безлактозных и низколактозных напитков на основе продуктов переработки молока.

Таблица 1 – Физико-химический состав пермеатов и молочной сыворожки (средние значения)

Показатель	Сыворожка молочная		Пермеат, полученный при ультрафильтрации		
	подсырная	творожная	обезжиренного молока	подсырной сыворожки	творожной сыворожки
Массовая доля, %:					
сухих веществ	6,70	6,00	4,77	4,98	5,26
белка/небелкового азота	0,60	0,72	0,12	0,16	0,18
лактозы	4,80	4,30	4,11	4,10	3,84
зола	0,54	0,72	0,38	0,57	0,61
Содержание, мг/кг:					
натрия	327,995	450,619	361,400	321,625	н/д
калия	1013,660	1612,742	1291,150	956,110	н/д
магния	53,757	87,742	63,297	50,080	н/д
кальция	175,265	764,696	201,695	167,075	н/д
фосфора	92,3	72,0	99,3	142,2	н/д

Источник данных: собственная разработка.

Примечание: н/д – данные отсутствуют.

Схожий химический состав делает сывороточные напитки наиболее релевантным ориентиром для анализа спроса, ценовых стратегий и форматов потребления для оценки рыночного потенциала напитков на основе пермеата.

Установлено, что сегмент сывороточных напитков развивается преимущественно в рамках национальных моделей. Из рассмотренных 15 примеров брендов только 2 представлены за пределами стран, в которых они производятся: торговая марка «Свежесть» (Беларусь) известна в России, «Rivella» (Швейцария) – в Нидерландах, где ежегодно реализуется до 15 млн л [11–25]. Исходя из этого, можно сделать вывод, о том, что динамика развития сегмента подчинена специфике внутреннего спроса. Также важно отметить, что в отличие от зарубежных примеров (Rivella, Lattella), где акцент в развитии уделяется актуальным функциональным направлениям (напитки с протеином, без сахара, веганские), большинство белорусских и российских брендов расширяют линейки только за счет спектра фруктовых и комбинированных вкусовых профилей, включая экзотические сочетания (ананас-манго, груша-манго, дыня-арбуз, пина-колада).

Некоторую ориентацию на актуальные потребительские запросы можно отметить у белорусских брендов «Савушкин» (линейка «Детокс»), «Бабушкина крынка» (добавление витамина Д3) и российского производителя «Эконад» (добавки эхинацеи, липы, экстракта чая саган-дайля, ревеня).

На перспективность развития ниши напитков на основе побочных продуктов переработки молочного сырья указывают наличие на рынке собственной торговой марки (СТМ «Skittles» – реализуется по заказу ООО «Евроопт») и запуск новой продуктовой линейки «Детокс» у компании ОАО «Савушкин продукт». Данные примеры свидетельствуют о том, что производители и ритейлеры рассматривают указанный сегмент как устойчивую зону потребительского интереса с высоким потенциалом масштабирования. Подобные инициативы подтверждают рыночную значимость категории, демонстрируют уверенность участников рынка в стабильном спросе и готовность инвестировать в ее дальнейшее развитие.

По результатам анализа рынка можно сделать вывод, что в целом белорусский сегмент напитков на основе сыворотки развивается в направлении расширения ассортимента и дифференциации форматов (таблица 2).

Таблица 2 – Ассортимент белорусских напитков на основе молочной сыворотки

Название / торговая марка (бренд) / производитель	Ассортимент и особенности
1	2
Напиток сывороточный «Свежесть» ТМ «Савушкин» ОАО «Савушкин продукт»	7 SKU ² , объем – 850 г, PET-бутылка; вкусы: ананас-кокос, апельсин, малина-маракуйя, тропик; линейка «Детокс», вкусы: облепиха-апельсин-имбирь, лимон-мята-огурец, ананас-имбирь-лимон-мята; формат: потребление «на ходу»
Напиток на основе молочной сыворотки «Био-Ритм» ТМ «Молочный мир» ОАО «Молочный мир»	7 SKU, объем – 950 мл и 1450 мл, PET-бутылка; вкусы: апельсин-манго, персик-маракуйя, лимон-лайм; формат: для домашнего употребления
Напиток на основе сыворотки ТМ «Бабушкина крынка» ОАО «Бабушкина крынка» – управляющая компания холдинга «Могилевская молочная компания «Бабушкина крынка»	3 SKU, объем – 450 г, PET-бутылка; вкусы: апельсин, арбуз-дыня, тропик; формат: потребление «на ходу»

Продолжение таблицы 2

1	2
Напиток на основе молочной сыворотки ТМ «Сафійка» ОАО «Полоцкий молочный комбинат»	4 SKU, объем – 950 мл, PET-бутылка; вкусы: апельсин, вишня-клюква, лимон с мятой и лаймом, ананас-манго; формат: для домашнего употребления.
Напиток на основе молочной сыворотки ТМ «Краіна малака» ОАО «Мозырские молочные продукты»	2 SKU, объем – 900 мл, PET-бутылка; вкусы: апельсин, ананас-манго; формат: для домашнего употребления.
Напиток на основе молочной сыворотки «Fresh time» ТМ «Milkavita» ОАО «Милкавита»	2 SKU, объем – 900 мл, PET-бутылка; вкусы: мультифрут, апельсин; формат: для домашнего употребления
Напиток на основе молочной сыворотки «Skittles» СТМ ³ «Skittles» по заказу ООО «Евроопт» (произведен на мощностях ОАО «Полоцкий молочный комбинат»)	2 SKU, объем – 950 г, PET-бутылка; вкусы: ананас-манго, вишня-клюква; формат: для домашнего употребления.

Источник данных: [20–25].

Примечания:

1 – SKU (Stock Keeping Unit – учетная единица товара или товарная позиция);

1 – СТМ – собственная торговая марка.

Установлено, что производство сывороточных напитков в Беларуси освоено на шести предприятиях. Ассортимент представлен как продуктами для домашнего употребления в объемах 900–1450 мл, так и форматами «на ходу» (450 мл). Во вкусовой палитре предлагаются классические фруктовые сочетания, такие как апельсин, ананас-манго и мультифрут, и более сложные композиции с добавлением имбиря, мяты, огурца и облепихи, что подтверждает направленность на дифференциацию вкусов и поиск уникальных органолептических решений. Использование PET-бутылки в качестве упаковки подчеркивает ориентацию на удобство и мобильность.

По результатам анализа фактического предложения напитков на основе сыворотки установлено, что в розничной сети г. Минска по состоянию на 04–08.08.2025 г. были представлены продукты пяти торговых марок: «Свежесть» (малина-маракуйя, лимон-мята-огурец, облепиха-апельсин-имбирь, апельсин, тропик, манго и ананас-кокос), «Бабушкина крынка» (яблоко и тропик), «Био-ритм» (апельсин-манго), «Fresh time» (мультифрут) и «Сафійка» (лимон с мятой и лаймом, вишня-клюква и апельсин).

Проведенный анализ позволил установить, что рынок сывороточных напитков в Беларуси характеризуется определенной ценовой дифференциацией: минимальные значения на дату исследования отмечены у бренда «Био-ритм» (2,14–2,68 руб/кг), а максимальные – у «Бабушкиной крынки» (до 3,89 руб/кг), что формирует почти двукратный разрыв между нижним и верхним сегментами. ТМ «Свежесть» занимала промежуточную позицию (2,22–3,35 руб/кг), цены на напитки ТМ «Сафійка» и «Fresh time» находились на уровне 2,21–2,31 руб/кг. В разрезе торговых сетей наименьшие цены чаще отмечались в торговых сетях «Санта» и «Соседи», тогда как в «Е-доставке» зафиксированы верхние ценовые уровни [26–29].

Таким образом, выявленная тенденция расширения ассортимента, вкусовая и упаковочная диверсификация, а также ценовая конкуренция свидетельствуют о сформированном потребительском интересе и благоприятных предпосылках для вхождения в данную нишу, что обоснованно проецируется и на напитки на основе пермеата.

Наряду с сегментом напитков на основе сыворотки выявлено наличие других смежных конкурентных категорий: сокодержательные напитки и морсы. Данные типы

продуктов содержат сок в различных концентрациях, что позволяет сравнивать их по признаку функционального назначения (таблица 3). Данные категории объединяет схожее позиционирование как освежающих, полезных и доступных напитков, часто воспринимаемых потребителями в качестве более натуральной альтернативы традиционным лимонадам и газировкам. Общими маркетинговыми факторами для пермеатных, сывороточных, сокосодержащих напитков и морсов являются гибкость рецептур, вариативность форматов и ценовых ниш, актуальность тренда на натуральность и устойчивое производство.

Таблица 3 – Содержание сока по категориям напитков

Категория	Содержание сока, %
Жидкие напитки на основе пермеата	1–10
Сывороточные напитки	1–10
Сокосодержащие напитки	10–40
Морсы	15–40
Нектары	25–50

Источник данных: [30–31].

По результатам анализа розничных цен установлено, что среди рассматриваемых категорий напитки на основе сыворотки занимают самую доступную ценовую нишу (таблица 4).

Таблица 4 – Средние розничные цены на сокосодержащие напитки, руб/л

Категория напитка	Средняя розничная цена, руб/л
Сывороточные напитки	2,75
Сокосодержащие напитки	3,78
Морсы	5,04
Нектары	3,80
Соки	4,40

Источник данных: [26–29].

Справочно: ожидаемая розничная цена на напиток на основе пермеата определена на уровне 2,50 руб/л с учетом информации о стоимости (цене производителя), представленной в технико-экономическом обосновании задания 4.33 «Разработать технологию производства и ассортимент новых видов напитков на основе продуктов переработки молока и освоить их производство», и Постановления Совета Министров Республики Беларусь № 713 [32].

Результаты исследований российского рынка безалкогольных сокосодержащих напитков, которые ввиду схожести потребительских привычек и моделей поведения правомерно интерпретировать применительно к белорусскому рынку, указывают на устойчивый рост категории морсов. В то же время в аналитических обзорах регулярно подчеркивается, что морсы, сокосодержащие и сывороточные напитки являются преимущественно сезонными товарами, спрос на которые во многом зависит от погодных условий в летний период [33–34]. На этом фоне важным конкурентным преимуществом напитка на основе пермеата может быть его позиционирование как всесезонного продукта, не зависящего от погодных условий. Наряду с доступной ценой создаются благоприятные условия для выхода на рынок и формирования устойчивого спроса. Указанные факторы в сочетании с активным маркетинговым продвижением под уже известными потребителю торговыми марками и брендами, могут обеспечить в первые три года после запуска продукта долю на рынке жидких напитков от 1 % до 3 % в пределах конкурентных сегментов. При условии реализации обозначенного сценария в течение трех лет после запуска продукта, потенциальный объем реализации сокосодержащих напитков на основе пермеата может составить от 135 до 405 т в абсолютном выражении, что эквивалентно от 280 тыс. до 1,01 млн руб. выручки, исходя из установленной цены (таблица 5).

Необходимо отметить, что при проведении оценки потенциала рынка использовались официальные статистические данные об объемах производства по состоянию на 2021 г. Если допустить, что к концу 2024 г. выпуск всех категорий напитков увеличился, что с учетом роста потребления и расширения ассортимента потенциал рынка для напитка-новинки будет соответственно выше, чем указано в базовом сценарии.

Таблица 5 – Оценка потенциала рынка жидких напитков на основе пермеата

Конкурентные сегменты	Объем производства, тыс. т	Потенциальный объем реализации продукта					
		1 %		2 %		3 %	
		т	тыс. руб.	т	тыс. руб.	т	тыс. руб.
Напитки на основе сыворотки ¹	2,0	20	50,0	40	100,0	60	150,0
Морсы ²	3,0	30	60,0	60	150,0	90	225,0
Сокодержущие напитки	8,5	85	170,0	170	425,0	255	637,5
Итого:		135	280,0	270	675,0	405	1012,5

Источник данных: [27–29, 35]

Примечания: 1 – оценка; 2 – в расчетах приняты данные официальной статистики об объемах производства морсов и сокодержущих напитков за 2021 г.

Прогнозируемая доля новинки (1–3 %) в обозначенных конкурентных сегментах обоснована ее соответствием актуальным рыночным тенденциям. В частности, продукт ориентирован на растущий спрос на функциональные напитки, обладающие дополнительными потребительскими свойствами, такими как поддержка иммунной системы, повышение уровня энергии и др. Согласно аналитическим данным сегмент функциональных напитков демонстрирует устойчивую положительную динамику и является одним из наиболее быстрорастущих направлений в индустрии жидких напитков. Дополнительным фактором, способствующим достижению указанной рыночной доли, является наличие у продукта оригинальных вкусовых характеристик и инновационной рецептуры, что обеспечивает ему конкурентное преимущество в условиях насыщенного ассортимента [33–34].

Вместе с тем важно отметить, что исследуемая категория напитков выходит на высококонкурентный рынок прохладительных и безалкогольных напитков, где сложно работать без сильного продвижения. Необходимость активного маркетинга обуславливает важность оценки стратегической позиции жидких напитков на основе пермеата с точки зрения их сильных и слабых сторон, а также возможностей и угроз на рынке (SWOT-анализ), по результатам которого сделаны следующие выводы:

- продукт обладает комбинацией преимуществ: низкая себестоимость, наличие природных электролитов и потенциал обогащения витаминами, что позволяет занять функциональную нишу;

- исследуемая ниша попадает в категорию растущего спроса, обусловленного интересом потребителей к функциональному питанию, персонализированным продуктам, эко-трендам и устойчивому производству;

- так как продукт формой и характеристиками близок к прохладительным напиткам, он может конкурировать на рынке сокодержущих напитков и напитков «on-the-go» благодаря инновационности и функциональности в сочетании с сильным маркетингом.

В качестве слабых сторон и угроз результаты SWOT-анализа указывают на высокую насыщенность рынка напитков в целом и низкую осведомленность потребителей о преимуществах напитков на основе пермеата. В данной связи для реализации рыночного потенциала необходимы образовательные маркетинговые

стратегии, включая storytelling, пробные запуски и партнерства с экспертами ЗОЖ (таблица 6).

Таким образом, экологичное производство и объективная польза делают пермеатные напитки способными выделиться, особенно за счет привлекательной упаковки и позиционирования. Потенциал жидких сокосодержащих напитков на основе пермеата характеризуется как умеренный с высокой зависимостью от маркетинга.

Таблица 6 – Жидкие напитки на основе пермеата: SWOT-анализ

Сильные стороны (Strengths)	Слабые стороны (Weaknesses)	Возможности (Opportunities)	Угрозы (Threats)
Напитки на основе пермеата сокосодержащие			
– низкая себестоимость производства; – источник природных электролитов; – возможность обогащения витаминами и пробиотиками; – экологичность (переработка побочного продукта)	– низкая потребительская осведомленность; – неочевидная вкусовая привлекательность; – отсутствие привычки употребления	– увеличение интереса к функциональным продуктам; – персонализированное питание; – эко-тренды и устойчивое производство	– высокая конкуренция со стороны привычных категорий; – скепсис потребителей к «новым» молочным продуктам
Напитки на основе сыворотки сокосодержащие			
– высокая биологическая ценность; – низкая себестоимость; – богатый аминокислотный состав; – возможность обогащения витаминами и пробиотиками; – экологичность (переработка побочного продукта)	– непривычный вкус для массового потребителя; – слабая маркетинговая поддержка	– тренд на функциональное и спортивное питание	– конкуренция с традиционными прохладительными напитками; – потребительский скепсис к «молочным отходам»
Сокосодержащие напитки			
– широкий ассортимент вкусов; – в среднем цена ниже, чем у 100 % соков; – растущий сегмент	– снижение доверия из-за низкого содержания натурального сока; – высокая доля искусственных добавок	– форматы «on-the-go» (находу); – упаковочные инновации; – гибридные рецептуры	– возрастающий потребительский интерес к продукции с «чистой» этикеткой (clean label)
Морсы			
– натуральный вкус и состав; – высокая узнаваемость и доверие; – разнообразие вкусов	– высокая конкуренция с соками и лимонадами	– рост интереса к локальным и натуральным продуктам; – развитие HoReCa и доставки	– конкуренция с зарубежными брендами

Источник данных: собственная разработка.

При грамотной маркетинговой стратегии, включая акцент на функциональные преимущества, устойчивое производство и вариативность формата, напитки на основе пермеата способны успешно конкурировать за долю рынка в смежных сегментах. Пересечение категорий (молочные, функциональные и сокосодержащие напитки), к

которым относится разработанный напиток, дает дополнительные возможности для создания и расширения потребительской базы, а также формирования нового товарного подтипа в пределах рынка безалкогольных напитков.

Выводы. Исследование показало, что использование пермеата как побочного продукта переработки молока открывает перспективы для создания функциональных напитков, отвечающих современным требованиям устойчивости и ожиданиям потребителей. Опыт США (GoodSport) подтверждает успешность подобных решений, а белорусский рынок сывороточных напитков демонстрирует устойчивый интерес и ценовую конкуренцию, создавая условия для внедрения продуктов на основе пермеата. Сравнение со смежными категориями выявило их ценовую доступность и потенциал позиционирования как всепогодного продукта, что делает их освоение перспективным направлением и формирует новую нишу в сегменте функциональных напитков.

Примечание. Исследование выполнено в рамках задания 4.33 «Разработать технологию производства и ассортимент новых видов напитков на основе продуктов переработки молока и освоить их производство» ГНТП «Инновационные агропромышленные и продовольственные технологии» на 2021–2025 годы, подпрограмма «Агрокомплекс – инновационное развитие» (№ гос. регистрации 20240966).

Список использованных источников

1. Functional Dairy Products Market // Future Market Insights. – URL: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/functional-dairy-products-market> (date of access: 10.08.2025.).
2. Functional Beverage Market // Business Research Insights. – URL: <https://www.businessresearchinsights.com/market-reports/functional-beverage-market-119424> (date of access: 10.08.2025).
3. Арсеньева, Т. П. Разработка пивоподобного напитка на основе пермеата молочной сыворотки / Т. П. Арсеньева, Е. В. Борздая, О. Н. Стрижнева // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия: Технология пищевых производств. – 2015. – № 1 (219). – С. 26–30. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-pivopodobnogo-napitka-na-osnove-permeata-molochnoy-syvorotki> (дата обращения: 22.07.2025).
3. Arsen'eva, T. P. Razrabotka pivopodobnogo napitka na osnove permeata molochnoj syvorotki [Development of a beer-like drink based on whey permeate] / T. P. Arsen'eva, E. V. Borzdaja, O. N. Strizhneva // Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU. Serija: Tehnologija pishhevyyh proizvodstv. – 2015. – № 1 (219). – S. 26–30. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-pivopodobnogo-napitka-na-osnove-permeata-molochnoy-syvorotki> (data obrashhenija: 22.07.2025).
4. Нерсесян, Т. В. Разработка технологии ферментированного напитка на основе пермеата молочной сыворотки с использованием инкапсулированных лактозображивающих дрожжей : дис. ... канд. техн. наук : 4.3.3 / Тигран Валерьевич Нерсесян ; ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» – Ставрополь, 2025. – 125 л. – URL: <https://www.dissercat.com/content/razrabotka-tehnologii-fermentirovnnogo-napitka-na-osnove-permeata-molochnoi-syvorotki-s-isp> (дата обращения: 22.07.2025).
4. Nersesjan, T. V. Razrabotka tehnologii fermentirovannogo napitka na osnove permeata molochnoj syvorotki s ispol'zovaniem inkapsulirovannyh lactozobrazhivayuschih drozhzhej : dis. ... kand. tehn. nauk [Development of a technology of fermented drink based on whey permeate using encapsulated yeast. ... Cand. Tech. Sciences] : 4.3.3 / Tigran Valer'evich Nersesjan. – Stavropol, 2025. – 125 l. – URL: <https://www.dissercat.com/content/razrabotka-tehnologii-fermentirovnnogo-napitka-na-osnove-permeata-molochnoi-syvorotki-s-isp> (data obrashhenija: 22.07.2025).

5. Фомкина, И. Н. Производство напитков на основе молочной сыворотки, содержащих функциональные компоненты / И. Н. Фомкина, Д. С. Лозовская // Современные технологии сельскохозяйственного производства : сб. науч. ст. по материалам XXIII Междунар. науч.-практ. конф. (Гродно, 23 апреля, 24 марта, 5 июня 2020 года) : агрономия, защита растений, технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции / УО «Гродн. гос. аграрн. ун-т». – Гродно, 2020. – С. 318–320.
5. Fomkina, I. N. Proizvodstvo napitkov na osnove molochnoj syvorotki, soderzhashhih funkcional'nye komponenty [Production of whey-based beverages containing functional components] / I. N. Fomkina, D. S. Lozovskaja // Sovremennye tehnologii sel'skohozjajstvennogo proizvodstva : sb. nauch. St. po materialam XXIII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Grodno, 23 aprelja, 24 marta, 5 ijunja 2020 goda) : agronomija, zashhita rastenij, tehnologija hranenija i pererabotki sel'skohozjajstvennoj produkcii / Ministerstvo sel'skogo hozjajstva i prodovol'stvija Respubliki Belarus', UO «Grodn. gos. agrarn. un-t». – Grodno, 2020. – S. 318–320.
6. Physicochemical and Functional Properties of New Sports Drink with Ricotta Cheese Whey and a Brazilian Passion Fruit Variety / G. S. Silva, L. R. Ferreira, S. R. Paiva [et al.] // Journal of Food Science and Technology. – 2023. – Vol. 60, No. 2. – P. 538–548. – URL: <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05636-5> (date of access: 22.07.2025).
7. Elaboration and Characterization of Isotonic Beverage Based on Whey Permeate with Carotenoid Powder from Pequi / L. Ferreira, E. Fontes, L. Marinho [et al.] // Research, Society and Development. – 2021. – Vol. 10, No. 7. – Article e1723315631. – URL: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/17233/15631/221583> (date of access: 22.07.2025.).
8. This Dairy Innovation Just Made Gatorade Look Like Sugar Water – And It's Now at Costco // The Bullvine. – URL: <https://www.thebullvine.com/news/this-dairy-innovation-just-made-gatorade-look-like-sugar-water-and-its-now-at-costco>. – Date of publ.: 11.07.2025.
9. Berry, D. GoodSport hits the mark / D. Berry // Dairy Processing. – URL: <https://www.dairyprocessing.com/articles/3463-goodsport-hits-the-mark>. – Date of publ.: 31.07.2025.
10. Success Story: GoodSport. New sports drink could be a game changer // Center for Dairy Research. – URL: <https://www.cdr.wisc.edu/beverages-success-goodsport> (date of access: 01.08.2025).
11. Goodsport : [website] – 2025. – URL: <https://goodsport.com> (date of access: 01.08.2025).
12. Эконад : [сайт]. – Москва, 2021–2025. – URL: <https://eco-nad.ru> (дата обращения: 13.08.2025).
12. Jekonad [Econade]: [sajt]. – Moskva, 2021–2025. – URL: <https://eco-nad.ru> (data obrashhenija: 13.08.2025).
13. Lattella : [website]. – Wörgl (Austria), 1979–2025. – URL: <https://www.lattella.at> (date of access: 10.07.2025).
14. Rivella : [website]. – Rothkreuz (Switzerland), 1952–2025. – URL: <https://www.rivella.ch> (date of access: 10.07.2025).
15. Мажител' : [сайт]. – Москва (Россия), 2001–2025. – URL: <https://mazhitel.ru> (дата обращения: 08.08.2025).
15. Mazhitel' [Mazhitel] : [sajt]. – Moskva (Rossija), 2001–2025. – URL: <https://mazhitel.ru> (data obrashhenija: 08.08.2025).

16. Село Зеленое : [сайт]. – Ижевск (Россия), 2012–2025. – URL: <https://www.milkom-komos.ru/products/brand/selo-zelenoe/> (дата обращения: 08.08.2025).
17. Рахта : [сайт]. – Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (Россия), 2009–2025. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Рахта> (дата обращения: 08.08.2025).
18. ЗАО «Переяславский молочный завод» : [сайт]. – Переяславка (Россия), 2015–2025. – URL: <https://www.lazomilk.ru> (дата обращения: 08.08.2025).
19. ПК «Вологодский молочный комбинат» : [сайт]. – Вологда (Россия), 2025. – URL: <https://vmkmilk.ru/ru/catalog/napitki-syvorotochnye> (дата обращения: 08.08.2025).
20. ОАО «Савушкин продукт» : [сайт]. – Брест, 2001–2025. – URL: <https://ru.savushkin.com> (дата обращения: 07.07.2025).
21. ОАО «Бабушкина крынка» – управляющая компания холдинга «Могилевская молочная компания «Бабушкина крынка» : [сайт]. – Могилев, 2008–2025. – URL: <https://babushkina.by> (дата обращения: 07.07.2025).
22. ОАО «Молочный Мир» : [сайт]. – Гродно, 2008–2025. – URL: <https://milk.by> (дата обращения: 07.07.2025).
23. ОАО «Полоцкий молочный комбинат» : [сайт]. – Полоцк, 2011–2025. – URL: <https://www.safijka.by> (дата обращения: 07.07.2025).
24. КПУП «Мозырские молочные продукты» : [сайт]. – Мозырь, 2011–2025. – URL: <https://mmp.by> (дата обращения: 07.07.2025).
25. ОАО «Милкавита»: [сайт]. – Гомель, 2010–2025. – URL: <https://www.milkavita.by> (дата обращения: 07.07.2025).
26. Евроопт : [сайт]. – Минск, 2001–2025. – URL: <https://evroopt.by> (дата обращения: 07.07.2025).
27. E-dostavka : [сайт]. – Минск, 2012–2025. – URL: <https://edostavka.by> (дата обращения: 07.07.2025).
28. InfoPrice : [сайт]. – Минск, 2020–2025. – URL: <https://infoprice.by> (дата обращения: 08.08.2025).
29. НеДоставка : [сайт]. – Минск, 2024–2025. – URL: <https://nedostavka.net> (дата обращения: 08.08.2025).
16. Selo Zelenoe [Selo Zelenoe] : [sajt]. – Izhevsk (Rossija), 2012–2025. – URL: <https://www.milkom-komos.ru/products/brand/selo-zelenoe/> (data obrashhenija: 08.08.2025).
17. Rahta [Rakhta] : [sajt]. – Hanty-Mansijskij avtonomnyj okrug – Jugra (Rossija), 2009–2025. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Rahta> (data obrashhenija: 08.08.2025).
18. ZAO «Perejaslavskij molochnyj zavod» [CJSC «Perejaslav Dairy Plant»] : [sajt]. – Perejaslavka (Rossija), 2015–2025. – URL: <https://www.lazomilk.ru> (data obrashhenija: 08.08.2025).
19. PK «Vologodskij molochnyj kombinat» [PC «Vologda Dairy Plant»] : [sajt]. – Vologda (Rossija), 2025. – URL: <https://vmkmilk.ru/ru/catalog/napitki-syvorotochnye> (data obrashhenija: 08.08.2025).
20. OAO «Savushkin produkt» [OJSC «Savushkin Product»] : [sajt]. – Brest, 2001–2025. – URL: <https://ru.savushkin.com> (data obrashhenija: 07.07.2025).
21. OAO «Babushkina krynka» – upravljajushhaja kompanija holdinga «Mogilevskaja molochnaja kompanija «Babushkina krynka» [OJSC «Babushkina Krynka» is the management company of the holding «Mogilev Dairy Company «Babushkina Krynka»] : [sajt]. – Mogilev, 2008–2025. – URL: <https://babushkina.by> (data obrashhenija: 07.07.2025).
22. OAO «Molochnyj Mir» [OJSC «Molochny Mir»] : [sajt]. – Grodno, 2008–2025. – URL: <https://milk.by> (data obrashhenija: 07.07.2025).
23. OAO «Polockij molochnyj kombinat» [OJSC «Polotsk Dairy Plant»] : [sajt]. – Polock, 2011–2025. – URL: <https://www.safijka.by> (data obrashhenija: 07.07.2025).
24. KPUP «Mozyrskie molochnye produkty» [KPUE «Mozyr Dairy Products»] : [sajt]. – Mozyr', 2011–2025. – URL: <https://mmp.by> (data obrashhenija: 07.07.2025).
25. OAO «Milkavita» [OJSC «Milkavita»] : [sajt]. – Gomel', 2010–2025. – URL: <https://www.milkavita.by> (data obrashhenija: 07.07.2025).
26. Evroopt [Euroopt] : [sajt]. – Minsk, 2001–2025. – URL: <https://evroopt.by> (data obrashhenija: 07.07.2025).
27. E-dostavka [E-delivery] : [sajt]. – Minsk, 2012–2025. – URL: <https://edostavka.by> (data obrashhenija: 07.07.2025).
28. InfoPrice [InfoPrice] : [sajt]. – Minsk, 2020–2025. – URL: <https://infoprice.by> (data obrashhenija: 08.08.2025).
29. NeDostavka [Non-Delivery] : [sajt]. – Minsk, 2024–2025. – URL: <https://nedostavka.net> (data obrashhenija: 08.08.2025).

30. Классификация безалкогольных напитков // Студопедия. – URL: https://studopedia.ru/7_177190_klassifikatsiya-bezalkogolnih-napitkov (дата обращения: 11.08.2025).
31. Bates, R.P. Principles and practices of small and medium scale fruit juice processing / R.P. Bates, J.R. Morris, P.G. Crandall // Fao Agricultural Services Bulletin 146. – Rome : FAO, 2001. – 226 p.
32. О системе регулирования цен : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 19 октября 2022 г. № 713 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22200713> (дата обращения: 11.08.2025).
33. Тренды индустрии: безалкогольные напитки // NielsenIQ. – URL: <https://nielseniq.com/global/ru/insights/education/2024/trendy-industrii-bezalkogolnye-napitki/>. – Дата публ.: 23.01.2024.
34. Тренды на рынке напитков – 2023 // Food Technologist. – URL: <https://foodtechnologist.ru/2023/08/15/trendy-na-rynke-napitkov-2023/>. – Дата публ.: 15.08.2023.
35. Национальный статистический комитет Республики Беларусь : [сайт]. – Мн., 1998–2025. – URL: <https://www.belstat.gov.by> (дата обращения: 11.08.2025).
30. Klassifikacija bezalkogol'nyh napitkov [Classification of soft drinks] // Stydopediya. – URL: https://studopedia.ru/7_177190_klassifikatsiya-bezalkogolnih-napitkov (data obrashhenija: 11.08.2025).
32. O sisteme regulirovanija cen [On the system of price regulation] : postanovlenie Soveta Ministrov Resp. Belarus' ot 19 oktjabrja 2022 g. № 713 // Nacional'nyj pravovoj Internet-portal Respubliki Belarus'. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22200713> (data obrashhenija: 11.08.2025).
33. Trendy industrii: bezalkogol'nye napitki [Industry Trends: Soft Drinks] // NielsenIQ. – URL: <https://nielseniq.com/global/ru/insights/education/2024/trendy-industrii-bezalkogolnye-napitki/>. – Data publ.: 23.01.2024.
34. Trendy na rynke napitkov – 2023 [Trends in the beverage market – 2023] // Food Technologist. – URL: <https://foodtechnologist.ru/2023/08/15/trendy-na-rynke-napitkov-2023/>. – Data publ.: 15.08.2023.
35. Nacional'nyj statisticheskij komitet Respubliki Belarus' [National Statistical Committee of the Republic of Belarus] : [sajt]. – Mн., 1998–2025. – URL: <https://www.belstat.gov.by> (data obrashhenija: 11.08.2025).

В.М. Жудро, к.э.н.

Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь

ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ РАЗВИТИЯ ИНДУСТРИИ И ПРОДАЖ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

V. Zhudro

Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus

PREDICTIVE ASSESSMENT OF TECHNOLOGICAL POLICY FOR DEVELOPMENT OF THE INDUSTRY AND SALES OF DAIRY PRODUCTS

e-mail: immp_economic@mail.ru

В статье изложены теоретико-методические вопросы практики формирования традиционных инженерно-экономических компетенций в процессе конструирования прогностических оценок развития технологической политики индустрии и продаж перерабатывающих предприятий на основе «маркетинг-микс» и понимания спроса и предложения как линейных цепочек создания добавленной стоимости. Автором статьи выявлены особенности, факторы и основные тренды развития молочной промышленности в направлении производства органических и альтернативных молочных продуктов.

The article outlines the theoretical and methodological issues of the practice of forming traditional engineering and economic competencies in the process of constructing predictive assessments of the development of the technological policy of the industry and sales of processing enterprises based on the "marketing mix" and understanding supply and demand as linear value chains. The author of the article identifies the features, factors and main trends in the development of the dairy industry in the direction of the production of organic and alternative dairy products.

Ключевые слова: рынок продовольственных товаров, молочная промышленность, инструментарий, маркетинговая политика, прогностическая оценка, тренды.

Key words: food market, dairy industry, tools, marketing policy, predictive assessment, trends.

Введение. Выполненные аналитические и экспертные исследования трендов развития мировой и национальной индустрии продовольственных товаров свидетельствуют о наличии разноскоростной и конфликтной страновой, секторальной и ассортиментной ее динамики.

В настоящее время, с одной стороны, отмечается ежегодный положительный рост мировой торговли сельскохозяйственной продукцией на уровне порядка 10 % в год, что значительно опережает увеличение численности населения планеты. При этом удельный вес сельхозпродукции в общем объеме мировых продаж достигает почти 9 % при ежегодном приросте. Международная торговля продовольствием в среднем удваивает разнообразие продуктов питания, доступных в странах мира, стимулируя более разнообразные виды поставляемой продукции и рационы питания [1]. С другой стороны, сохраняется страновой продовольственный разрыв в объемах производства, продаж и потребления продуктов питания. Так, объем мирового экспорта сельхозпродукции составляет около 1,5 трлн долл. США, более 20 % которого приходится на три страны: США (10 %), Нидерланды (6 %) и Бразилия (6 %). Основным мировым импортером продовольствия является Китай, осуществляющий закупки зерновых и мяса.

Кроме того, сохраняются диспропорции в темпах роста объемов поставок на мировой и национальные продовольственные рынки, а также расходов населения на приобретение продуктов питания. Так, при уровне инфляции 2–3 % цены на продовольствие в странах Европейского Союза остаются стабильно высокими и растут ежегодно в среднем на 6 %. Как следствие, потребители платят больше за наполнение продуктовой корзины, что вызывает доминирование формирования ценового поведения покупателей над эмоциональным и здоровым. Значимость данного факта усиливается в домашних хозяйствах с низким уровнем среднедушевых доходов [2].

Указанный тренд диспропорционального изменения объемов поставок, продаж и уровня цен на продукты питания свидетельствует о методологической уязвимости существующего закона спроса и предложения в рамках теории эффективного рынка, согласно которому рост предложения должен сопровождаться снижением в определенной пропорции уровня цен на продовольственные товары.

Установленная разноскоростная и конфликтная страновая, секторальная и ассортиментная динамика мировой и национальной индустрии продовольственных товаров в определенной мере характерна и для рынка молочных продуктов. Так, рост объемов мирового производства молока сохраняется на уровне 2 % в год и к 2031 году, согласно прогнозам, превысит 1 млрд т. При этом основной прирост производства приходится на Индию и Пакистан, доля которых в мировых объемах составит порядка 30 %. В структуре производства доминирует коровье молоко – 81% мирового производства, буйволиное молоко – 15 %, козье, овечье и верблюжье молоко – 4 % [3].

Выявлено, что ежегодный рост производства молочных продуктов в странах СНГ уступает темпам роста мировой торговли продовольственными товарами и составляет около 5 %. Наиболее существенный прирост производства молочной продукции приходится на Российскую Федерацию, Республику Казахстан и Республику Беларусь, снижение – в Молдове [4].

В Республике Беларусь также имеет место рост цен на продовольствие (около 6 %) [5]. Биржевые цены на сухое обезжиренное молоко увеличиваются, масло животное – снижаются в связи с усилением конкуренции на ключевом для Беларуси рынке России, которая для сдерживания инфляционных процессов существенно нарастила поставки масла из таких стран, как Индия, Иран и Турция, что позволило отечественным молокоперерабатывающим предприятиям даже в периоды пониженного спроса получать дополнительную выручку [6].

В связи с сохранением страновых, секторальных и ассортиментных диспропорций на мировом продовольственном рынке требуется совершенствование методологии прогностической оценки развития производства и продаж молочных продуктов.

Результаты и их обсуждение. Выявлено, что прогностическая оценка технологической политики развития индустрии и продаж продовольствия перерабатывающими предприятиями предполагает учет следующих ключевых драйверов: проектируемые институциональные параметры национальной экономики, уровень технологических, мехатронных, цифровых, культурных страновых компетенций и их конкурентоспособности на мировом рынке, современные вызовы и угрозы социально-экономического функционирования стран.

В данной связи следует отметить, что сформулированная социально-экономическая двойственность развития мирового рынка продовольствия сохраняется. Так, рост объемов и разнообразия продуктов питания сопровождается высокой инфляцией в странах ЕС, которая, согласно данным за август 2025 года, достигла пика свыше 15 % и нормализовалась гораздо медленнее, удерживаясь на уровне 3,2 %. Эта дивергенция не только статистическая, но имеет реальное влияние на повседневную жизнь. Основные продукты питания значительно выросли в цене:

мясо – более чем на 30 %, молоко – 40 %, масло – на 50 % по сравнению с уровнем до пандемии [7].

Синтезируя аналитику ключевых драйверов технологической политики развития индустрии и продаж перерабатывающих предприятий следует констатировать особую значимость исследования концепции конструирования инженерно-экономических методологических подходов к прогностической оценке потенциала рынка традиционных, специализированных, органических и альтернативных продуктов питания, включая мясные и молочные продукты, с целью привлечения долгосрочных инвестиций и формирования высокотехнологичной и высококонкурентоспособной продовольственной экосистемы, способствующей повышению ее социально-экономической привлекательности, разнообразному, сбалансированному и здоровому питанию населения, росту экспорта. Установлено, что целесообразно учитывать следующие факторы: платежеспособность потребителей, профессиональную профилизацию, функционально-эмоциональные предпочтения, возраст (пожилые люди, дети), особенности здоровья, степень физической активности, а также приверженность здоровому образу жизни и стремлению к долголетию и т. д.

При этом, во-первых, в условиях динамично развивающейся мировой индустрии производства инновационных классических и специализированных мясных и молочных продуктов питания, а также риска, связанного с расширением потенциальных и текущих импортных поставок на внутренний рынок Беларуси, возникает объективная необходимость учета страновой специфики оценки и прогнозирования потенциала развития индустрии и продаж продовольственных товаров на национальном и мировом рынках.

Во-вторых, Республика Беларусь располагает научно-технологическим и индустриальным потенциалом в продовольственной сфере, но отсутствует действенный методологический инструментарий исследования оценки и прогнозирования его экспортных возможностей и перспектив импортозамещения в условиях роста неопределённости и турбулентности межгосударственных коммуникаций.

В-третьих, оценка результатов использования традиционной методологии исследования оценки и прогнозирования количественных параметров потенциала продовольственного рынка, свидетельствует об отсутствии их практического подтверждения и эконометрической состоятельности.

Вышеизложенное актуализирует композитное исследование социально-экономической значимости технологической политики развития продовольственной индустрии и продаж перерабатывающих предприятий.

Выявлено, что ключевым драйвером успешного преодоления сформулированных выше вопросов развития продовольственной индустрии является не только исследование опережающего использования технологий, но и актуальных трендов рынка альтернативных таргетированных продуктов питания, организации производства и продаж. Последнее требует формирования инженерно-экономических smart-компетенций прогностических оценок технологической политики развития продовольственной индустрии и продаж перерабатывающих предприятий не на основе концепции «маркетинг-микс» и понимания спроса и предложения как линейных функций, а посредством реализации предлагаемой концепции конвергенции использования высоких технологий и smart-бизнеса [8–13].

В этой связи особую значимость приобретает исследование концепции развития двух конкурирующих технологических политик развития индустрии и продаж молокоперерабатывающих предприятий в мире: 1) производство органического коровьего молока и молочных продуктов, не содержащих вредных химических веществ (без консервантов, примесей, стероидов и антибиотиков);

2) производство растительных альтернатив животному молоку, что обусловлено отсутствием доминирующей конструкции научно-технологических, гастрономических и этических доказательств всех существующих преимуществ традиционного производства и потребления молочных продуктов.

Выявлено, что всё большее число потребителей, формирующих гастрономическую культуру покупки качественных, органических, натуральных и полезных продуктов питания, готовы платить за них больше. Продукты с повышенным содержанием белка (йогурты, сыры и снеки) остаются в центре внимания, особенно на рынках с акцентом на здоровый образ жизни: а) функциональные и обогащенные продукты (растет спрос на ферментированные и пробиотические продукты, производители расширяют ассортимент ультрапастеризованной продукции длительного хранения); б) безлактозные молочные продукты (их популярность растет особенно среди потребителей, ориентированных на здоровое питание); в) продукты для здорового старения (в азиатских странах усиливается интерес к молочным продуктам, укрепляющим кости, мышцы и иммунитет) [3].

Как следствие, тренды на функциональные, безлактозные и высокобелковые молочные продукты продолжают оказывать влияние на развитие молочной промышленности. В ближайшие 10–15 лет компании, предлагающие высокие технологии индустрии экологически чистых продуктов питания займут порядка 20–25 % мирового рынка продовольствия [14]. При этом доминирующей бизнес-моделью станут инженерно-экономические конструкции бизнес-коммуникаций и технологических сквозных сетевых конвейеров производства молока с акцентом на устойчивое развитие, отказ от антибиотиков и поддержание хорошего состояния почвы, его переработки в продукты питания с высокой добавленной стоимостью, такие как панир, сыр, пахта и творог и др. и их продаж напрямую потребителям.

Существующие бизнес-модели стимулируют рост рынка благодаря повышению осознанности потребления покупателями большего количества белка, что приводит к росту спроса на молочные продукты. Так, компанией New Animal Free Dairy Unicorn Perfect Day реализуется проект по производству альтернативных молочных продуктов из растительных заменителей молока, предоставляя компаниям услуги по разработке и продаже технологий [15].

Положительно характеризуя сформулированный тренд развития потенциала рынка традиционных, специализированных, органических и альтернативных молочных продуктов с целью привлечения долгосрочных инвестиций и формирования высокотехнологичной и высококонкурентоспособной продовольственной экосистемы, выявлен ряд деструктивных факторов, включая:

– необходимость разработки и внедрения функциональных молочных продуктов, конкурентоспособных бизнес-моделей, сетевых цепочек поставок;

– дефицит сырья в отдельных регионах. Так, в Европейском союзе наблюдается снижение объемов производства молока из-за климатических факторов, сокращения поголовья и экологических ограничений. Растущая себестоимость сырья и высокая инфляция ограничивают покупательную способность потребителей и усиливают конкуренцию между основными экспортёрами, такими как США, Новая Зеландия и ЕС, оказывают давление на цены и объемы;

– инвестиционная осведомленность о снижении капитализации акций в условиях роста стоимости кормов для сельскохозяйственных животных и условий содержания, смягчения негативных последствий роста выбросов метана на изменение климата;

– социально-профессиональная непривлекательность традиционного животноводства среди высококвалифицированных специалистов.

Указанные деструктивные факторы развития традиционной молочной промышленности усиливаются с появлением альтернативных технологий производства молочных продуктов, в том числе из растительного сырья.

Субъекты индустрии альтернативного белка инициируют поиск вариантов технологического использования инновационной продукции в фармацевтике и других отраслях, разрабатывая бизнес-модели, максимизирующие выгоду для всех участников инновационного процесса. По данным Wall Street Journal объём активов фондов устойчивых инвестиций достиг почти 2 трлн долл. США на фоне роста спроса [16].

Вместе с тем в индустрии растительных альтернатив молочных продуктов выявлены такие особенности, как:

- в процессе производства животные не эксплуатируются и не страдают;
- возможные аллергические реакции у людей с непереносимостью и аллергией на молочные продукты;

- в сфере маркетинга и мерчандайзинга. Магазины иногда выставляют на полках продукты, с маркировкой «растительный». Однако этот продукт не производится из растений, и для тех, кто не знаком с молочными продуктами, особенно с аллергией на молочные продукты, его употребление может оказаться проблематичным;

- сохранение инвестиционной активности в индустрии на фоне снижения капитализации акций, т.к. по сравнению с традиционными молочными продуктами при производстве альтернативных молочных белков получают на 97 % меньше выбросов.

Выводы. Таким образом, изложенные в статье результаты страновой прогностической оценки технологической политики развития продовольственной индустрии и продаж перерабатывающих предприятий позволили выявить технологические, инвестиционные, экономические и экологические диспропорции в молочной промышленности, которые ограничивают ее перспективное устойчивое функционирование в условиях роста строго неопределенной технологической и гастрономической конъюнктуры мирового рынка продовольствия.

Для их эффективного преодоления актуализируется необходимость разработки и внедрения концепции конструирования инженерно-экономических методологических подходов к композитной прогностической оценке потенциала рынка традиционных, специализированных, органических и альтернативных продуктов питания, включая мясные и молочные продукты, с целью привлечения долгосрочных инвестиций и формирования высокотехнологичной и высококонкурентоспособной национальной продовольственной экосистемы, способствующей повышению инвестиционной, технологической и социально-экономической ее привлекательности, разнообразному, сбалансированному и здоровому питанию населения, росту экспорта в условиях роста позитивного государственного, межстранового протекционизма и неопределенности бизнес-коммуникаций.

Список использованных источников

1. ФАО заявила о двукратном росте мировой торговли продовольствием // Агентство экономической информации Прайм. – URL: <https://1prime.ru/20241129/prodovolstvie-853192164.html>. – Дата публ.: 29.11.2024.

1. FAO zayavila o dvukratnom roste mirovoj trgovli prodovolstviem [The FAO reported a twofold increase in global food trade] // Agentstvo ekonomicheskoy informatsii Prajm. – URL: <https://1prime.ru/20241129/prodovolstvie-853192164.html>. – Data publ.: 29.11.2024.

2. ЕС: за продуктовую корзину платим на треть больше // SFERA. – URL: <https://sfera.lv/p/es-za-produktovuyu-korzinu-platim-na-tret-bolshe>. – Дата публ.: 28.09.2025.
3. Мировой молочный рынок: итоги 2024 года и ключевые тренды на 2025-й // The DairyNews. – URL: <https://dairynews.today/kz/news/mirovoy-molochnyy-rynok-itogi-2024-goda-i-klyucheveye-trendy-na-2025-y.html>. – Дата публ.: 31.12.2024.
4. Кто кого на самом деле кормит? Ломаем стереотипы про Америку, Африку и Китай // Сетевое издание «Onliner.by». – URL: <https://money.onliner.by/2022/09/05/kto-kogo-kormit>. – Дата публ.: 05.09.2022.
5. Эксперты ЕАБР сказали, почему растут цены на продукты в Беларуси // Комсомольская правда. – URL: <https://news.mail.ru/economics/63200009>. – Дата публ.: 14.11.2024.
6. На БУТБ продолжается рост экспортных цен на молочную продукцию // SB.BY. Беларусь сегодня. – URL: <https://www.sb.by/articles/na-butb-prodolzhaetsya-rost-eksportnykh-tsen-na-molochnuyu-produktsiyu>. – Дата публ.: 13.01.2025.
7. Основные тренды молочного рынка Беларуси // ibMedia. Бизнес. Финансы. Управление. – URL: <https://ibmedia.by/news/osnovnye-trendy-molochnogo-rynka>. – Дата публ.: 30.09.2024.
8. Технологические рекомендации по организации производства молока на новых и реконструируемых молочно-товарных фермах // Н. А. Попков [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, «Науч.-практический центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству». – Жодино, 2018. – 138 с.
9. 11 startups disrupting the dairy industry // FoodNavigator. – URL: <https://www.foodnavigator-usa.com/Article/2024/10/25/11-startups-disrupting-the-dairy-industry>. – Date of publ.: 25.10.2024.
10. Гусаков, Г. В. Эконометрическое исследование инновационно-активной деятельности молочных компаний / Г. В. Гусаков, В. М. Жудро, Т. П. Шакель, Л. Т. Ёнчик // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья: сб. науч. тр. / РУП «Институт мясо-молочной промышленности»; редкол.: А. В. Мелешеня (гл. ред.) [и др.]. – Мн, 2023. – Вып. 17. – С. 9–24.
2. ES: za produktovuyu korzину platim na tret bolshe [EU: We pay a third more for the food basket] // SFERA. – URL: <https://sfera.lv/p/es-za-produktovuyu-korzinu-platim-na-tret-bolshe>. – Data publ.: 28.09.2025.
3. Mirovoj molochnyj rynek: itogi 2024 goda i klyucheveye trendy na 2025-j [Global Dairy Market: 2024 Results and Key Trends for 2025] // The DairyNews. – URL: <https://dairynews.today/kz/news/mirovoy-molochnyy-rynok-itogi-2024-goda-i-klyucheveye-trendy-na-2025-y.html>. – Data publ.: 31.12.2024.
4. Kto kogo na samom dele kormit? Lomaem stereotipy pro Ameriku, Afriku i Kitaj [Who's Really Feeding Who? Breaking Stereotypes About America, Africa, and China] // Setevoye izdaniye «Onliner.by». – URL: <https://money.onliner.by/2022/09/05/kto-kogo-kormit>. – Data publ.: 05.09.2022.
5. Eksperty YEABR skazali, pochemu rastut tseny na produkty v Belarusi [EDB experts explained why food prices are rising in Belarus] // Komsomol'skaya pravda. – URL: <https://news.mail.ru/economics/63200009>. – Data publ.: 14.11.2024.
6. Na BUTB prodolzhaetsya rost eksportnykh cen na molochnuyu produkciyu [Export prices for dairy products continue to rise at the BUCE] // SB.BY. Belarus' segodnya. – URL: <https://www.sb.by/articles/na-butb-prodolzhaetsya-rost-eksportnykh-tsen-na-molochnuyu-produktsiyu>. – Data publ.: 13.01.2025.
7. Osnovnye trendy molochnogo rynka Belarusi [Key trends in the Belarusian dairy market] // ibMedia. Biznes. Finansy. Upravleniye. – URL: <https://ibmedia.by/news/osnovnye-trendy-molochnogo-rynka>. – Data publ.: 30.09.2024.
8. Tehnologicheskie rekomendacii po organizacii proizvodstva moloka na novykh i rekonstruiruemyykh molochnotovarnyykh fermah [Technological recommendations for organizing milk production on new and reconstructed dairy farms] // N. A. Popkov [i dr.]; Nac. akad. nauk Belarusi, «Nauch.-prakticheskij centr Nac. akad. nauk Belarusi po zhivotnovodstvu». – Zhodino, 2018. – 138 s.
10. Gusakov, G. V. Ekonometricheskoe issledovanie innovacionno-aktivnoj deyatel'nosti molochnykh kompanij [An econometric study of innovation activities of dairy companies] / G. V. Gusakov, V. M. Zhudro, T. P. Shakel, L. T. Yonchik // Aktualnye voprosy pererabotki myasnogo i molochnogo syrya: sb. nauch. tr. / RUP «Institut myaso-molochnoj promyshlennosti»; redkol.: A. V. Meleshenya (gl. red.) [i dr.]. – Mn, 2023. – Vyp. 17. – S. 9–24.

11. Гусаков, Г. В. Институциональное обоснование инновационной привлекательности предприятий молочной промышленности / Г. В. Гусаков, Е. Д. Шегидевич, В. М. Жудро // Аграрная экономика. – 2023. – № 11. – С. 49–56.
12. Гусаков, Г. В. Теоретическое исследование разработки концепции и инструментария создания странового бренда молочной продукции / Г. В. Гусаков, В. М. Жудро, Т. П. Шакель, Л. Т. Ёнчик // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья: сб. науч. тр. / РУП «Институт мясо-молочной промышленности»; редкол.: А. В. Мелешеня (гл. ред.) [и др.]. – Мн, 2022. – Вып. 16. – С. 32–40.
13. Гусаков, Г. В. Методика оценки эффективности технологических процессов в молочной промышленности / Г. В. Гусаков, В. М. Жудро // Аграрная экономика. – 2025. – № 6. – С. 70–77.
14. Organic milk player Akshayakalpa to make forays into Pune, Mumbai markets in May / The Hindu Newspaper. – URL: <https://www.thehindu.com/news/national/karnataka/organic-milk-player-akshayakalpa-to-make-forays-into-pune-mumbai-markets-in-may/article66599636.ece>. – Date of publ.: 18.03.2023.
15. New Animal Free Dairy Unicorn Perfect Day Raises \$350M in Pre-IPO Round / Green Queen Media. – URL: <https://www.greenqueen.com.hk/perfect-day-dairy-identical-late-stage-funding>. – Date of publ.: 01.10.2021.
16. 15 Best Dairy Startups to Watch in 2025 / Seedtable. Discover Startups, Investors & Founders. – URL: <https://www.seedtable.com/best-dairy-startups> (date of access: 26.09.2025).
11. Gusakov, G. V. Institucionalnoe obosnovanie innovacionnoj privlekatelnosti predpriyatij molochnoj promyshlennosti [Institutional justification of the innovative attractiveness of dairy industry enterprises] / G. V. Gusakov, E. D. Shegidevich, V. M. Zhudro // Agrarnaya ekonomika. – 2023. – № 11. – S. 49–56.
12. Gusakov, G. V. Teoreticheskoe issledovanie razrabotki koncepcii i instrumentariya sozdaniya stranovogo brenda molochnoj produkcii [A theoretical study of the development of a concept and tools for creating a country brand of dairy products] / G. V. Gusakov, V. M. Zhudro, T. P. Shakel, L. T. Yonchik // Aktualnye voprosy pererabotki myasnogo i molochnogo syrya: sb. nauch. tr. / RUP «Institut myaso-molochnoj promyshlennosti»; redkol.: A. V. Meleshnya (gl. red.) [i dr.]. – Mn, 2022. – Vyp. 16. – S. 32–40.
13. Gusakov, G. V. Metodika ocenki effektivnosti tehnologicheskikh processov v molochnoj promyshlennosti [Methodology for assessing the efficiency of technological processes in the dairy industry] / G. V. Gusakov, V. M. Zhudro // Agrarnaya ekonomika. – 2025. – № 6. – S. 70–77.

Г.В. Гусаков, к.э.н., доцент, Л.И. Довнар, к.э.н., Л.Т. Ёнчик
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

G. Gusakov, L. Dovnar, L. Yonchyk
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus

METHODOLOGY FOR A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF USING THE PRODUCTION AND ECONOMIC POTENTIAL OF MEAT PROCESSING ENTERPRISES

e-mail: gordei.v.gusakov@gmail.com, ec-research.immp@yandex.ru, yonya@tut.by

В статье представлена методика комплексной оценки эффективности использования производственно-экономического потенциала предприятий мясоперерабатывающей промышленности. Обоснована система частных показателей и интегральных индексов оценки в разрезе производственно-технологического, финансово-экономического, организационно-управленческого, инновационного, трудового, маркетингового и экспортного потенциалов. Предложен методический подход к оценке производственной мощности мясоперерабатывающего предприятия, учитывающий современные условия функционирования субъектов мясной отрасли (разнообразие и вариативность ассортимента выпускаемой продукции, техническую оснащенность производства, режимы работы оборудования).

Ключевые слова: предприятия мясоперерабатывающей промышленности, производственно-экономический потенциал, показатели эффективности использования потенциала, производственная мощность.

The article presents a methodology for a comprehensive assessment of the efficiency of using the production and economic potential of meat processing enterprises. The system of individual indicators and integral indices of assessment in the context of production-technological, financial and economic, organizational and managerial, innovative, labor, marketing and export potentials is justified. A methodological approach to assessing the production capacity of a meat processing enterprise is proposed, taking into account the current operating conditions of meat industry entities (diversity and variability of the product range, technical equipment of production, operating modes of equipment).

Key words: enterprises of meat processing industry, production and economic potential, indicators of efficiency of potential using, production capacity.

Введение. В современных условиях формирование и эффективное использование производственно-экономического потенциала предприятий АПК является одним из направлений повышения конкурентоспособности производителей продовольствия на внутреннем и внешнем рынках и важнейшей составной частью долгосрочной экономической стратегии развития страны. По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, уровень использования производственной мощности на предприятиях мясоперерабатывающей промышленности в Республике Беларусь составляет 71,2 % по мясу и 69,5 % – по изделиям колбасным (2022 г.). Удельный вес инновационной продукции в общем объеме отгруженной продукции по виду экономической деятельности «переработка и

консервирование мяса и производство мясной и мясосодержащей продукции» составляет 5,7 %, удельный вес инновационно-активных организаций в общем числе обследованных – 16,0 % (2022 г.) [1, с. 117–118].

Сложившиеся в отрасли диспропорции между фактической и номинальной производительностью обуславливают актуальность пересмотра методологических основ оценки и управления производственно-экономическим потенциалом. В настоящее время мясоперерабатывающие предприятия функционируют в условиях высокой вариативности ассортиментной структуры выпускаемой продукции и частых технологических изменений. Системный разрыв между нормативными требованиями и производственной практикой приводит к необходимости формирования методических подходов, учитывающих индивидуальную конфигурацию оборудования и режимы его работы.

Материалы и методы исследований. В качестве материалов при выполнении исследований использованы труды отечественных и зарубежных ученых по вопросу оценки производственно-экономического потенциала предприятия и официальная правовая информация государственных органов Республики Беларусь. При проведении исследований были применены следующие методы: общелогические (индукции и дедукции, аналогии, системного и сравнительного анализа), монографический, абстрактно-логический; использованы приемы систематизации, аналитический, формально-логический.

Результаты и их обсуждение. С целью формирования действенного аналитического инструмента по выявлению и оценке внутренних резервов роста результативности деятельности предприятий мясоперерабатывающей промышленности разработана методика комплексной оценки эффективности использования их производственно-экономического потенциала, направленная на выработку и реализацию комплекса мер по выявлению имеющихся резервов и повышению эффективности функционирования отрасли.

Новизна методики заключается в разработке обобщающего интегрального показателя эффективности использования производственно-экономического потенциала мясоперерабатывающих предприятий, который базируется на комплексе ключевых индикаторов, отражающих уровень и результативность использования имеющихся производственных ресурсов (основные фонды, оборотные средства, трудовые, финансовые и нематериальные ресурсы).

Практическая значимость методики состоит в ее направленности на разработку и реализацию комплекса мер по повышению эффективности функционирования предприятий мясоперерабатывающей промышленности, что позволит, во-первых, обосновать ключевые показатели эффективности использования производственно-экономического потенциала и их пороговые значения с учетом специфических особенностей функционирования отрасли, во-вторых, будет способствовать росту результативности деятельности предприятий на основе повышения эффективности используемых в производстве ресурсов.

Методика базируется на комплексном подходе и может быть использована для проведения анализа влияния внутренних факторов на уровень и эффективность использования производственно-экономического потенциала в мясоперерабатывающей промышленности в разрезе его структурных элементов – производственно-технологического, финансово-экономического, организационно-управленческого, инновационного, трудового, маркетингового и экспортного потенциалов. В основе разработанной методики лежит проведение комплексной многомерной оценки показателей, характеризующих эффективность использования производственно-экономического потенциала в мясоперерабатывающей промышленности, с применением индикаторного метода, согласно которому осуществляется обоснование пороговых (нормативных, целевых) значений ключевых

индикаторов, а также последующее их сопоставление с фактическими величинами, и метода расстояний – математического приема, позволяющего ранжировать объекты оценки по величине отклонений от порогового значения по каждому индикатору.

Методика предполагает реализацию поэтапного алгоритма в соответствии с разработанной блок-схемой оценки эффективности использования производственно-экономического потенциала в мясоперерабатывающей промышленности, включающей блоки: постановки цели и задач исследования; выбора и обоснования метода оценки эффективности использования производственно-экономического потенциала с учетом специфики исследуемой отрасли; формирования системы частных показателей и выбора ключевых показателей оценки эффективности использования производственно-экономического потенциала предприятия; интегральной оценки производственно-экономического потенциала в разрезе структурных элементов; разработки обобщающего интегрального показателя и интерпретации результатов; разработки комплекса мер по повышению эффективности использования производственно-экономического потенциала.

Блок постановки цели и задач исследования предполагает определение цели и задач по развитию производственно-экономического потенциала предприятий мясоперерабатывающей промышленности в соответствии с национальными приоритетами отрасли, определенными в государственных программах социально-экономической направленности, включая развитие отрасли животноводства на основе реализации потенциала продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы; рост инновационной восприимчивости предприятий за счет применения ресурсосберегающих и безотходных технологий, технического переоснащения и модернизации; обеспечение физической и экономической доступности мяса и мясопродуктов на внутреннем потребительском рынке; развитие внешних рынков сбыта.

В соответствии с ранее проведенными исследованиями установлено, что основными факторами, оказывающими отрицательное влияние на эффективное функционирование мясоперерабатывающей отрасли в стране, являются факторы обеспеченности и использования субъектами хозяйствования производственных ресурсов, включая: нестабильное качество поступающего на переработку мясного сырья; недостаток отечественной свинины для переработки; дефицит квалифицированных кадров; нехватка оборотных активов, а также другие факторы (длительные сроки согласования производства новых видов мясных продуктов; конкурентная среда; конъюнктура внутреннего потребительского рынка и рынков зарубежных стран-импортеров и др.).

В данной связи в качестве *приоритетного направления* развития отечественной мясоперерабатывающей промышленности определено наращивание конкурентного потенциала на основе формирования высокотехнологичного производства, базирующегося на инновациях и использовании технологий глубокой переработки сырья, с целью насыщения внутреннего рынка широким ассортиментом продукции, в т.ч. специализированного и функционального назначения, и обеспечения экспортной направленности производства с учетом рыночной конъюнктуры [2].

Блок выбора и обоснования метода оценки эффективности использования производственно-экономического потенциала с учетом специфики исследуемой отрасли.

В качестве основного метода, применяемого при оценке эффективности использования производственно-экономического потенциала, определен индикаторный метод, основанный на разработке специальных индикаторов, отражающих отдельные характеристики исследуемого субъекта, что позволяет в формализованном виде проанализировать состояние параметров его развития.

С помощью метода многомерных оценок осуществляется оценка по ряду показателей с расчетом средней многомерной величины, что обеспечивает сопоставимость результатов при оценке совокупности субъектов по уровню эффективности использования производственно-экономического потенциала.

При проведении оценки может также использоваться индексный метод, согласно которому показатель оценки каждого элемента производственно-экономического потенциала сопоставляется со средним значением показателя по совокупности исследуемых предприятий с расчетом результативного индекса, отражающего относительную эффективность конкретного предприятия.

Таким образом, оценка эффективности использования производственно-экономического потенциала предприятия может быть представлена как в формализованном виде с учетом обоснованных пороговых значений оценочных показателей, так и выражена в относительных величинах.

Показатели, определяемые в качестве оценочных, обосновываются с учетом особенностей и специфики отрасли, в которой осуществляют деятельность предприятия, являющиеся объектами оценки. Непосредственно особенности мясной промышленности обусловлены спецификой исходного сырья для переработки (необходимы особые условия для транспортировки, от которых зависит качество сырья), производственно-технологического процесса (высокая материалоемкость, наличие побочной продукции и отходов, строгое соблюдение санитарно-гигиенических требований), разнообразием вырабатываемых продуктов и их социальной значимостью, что предопределяет выбор показателей для оценки.

Блок формирования системы частных показателей и выбора ключевых показателей оценки эффективности использования производственно-экономического потенциала предприятия. В рамках данного блока формируется перечень частных показателей оценки эффективности использования производственно-экономического потенциала мясоперерабатывающего предприятия в разрезе его структурных элементов: производственно-технологического, финансово-экономического, трудового, организационно-управленческого, инновационного, маркетингового и экспортного потенциалов.

По результатам исследований установлено, что для оценки производственно-технологического потенциала предприятия применяют показатели, отражающие эффективность использования его основных и оборотных средств. В работе предложено наряду с обобщающими показателями оценки ресурсного потенциала использовать частный показатель – коэффициент использования производственной мощности, который рассчитывается по следующим видам продукции: мясо, колбасные изделия, консервы (таблица 1).

В рамках реализации *блока интегральной оценки производственно-экономического потенциала в разрезе структурных элементов* формируется система пороговых (нормативных, целевых) значений ключевых индикаторов, на основе которых будет осуществляться интегральная оценка (рисунок 1).

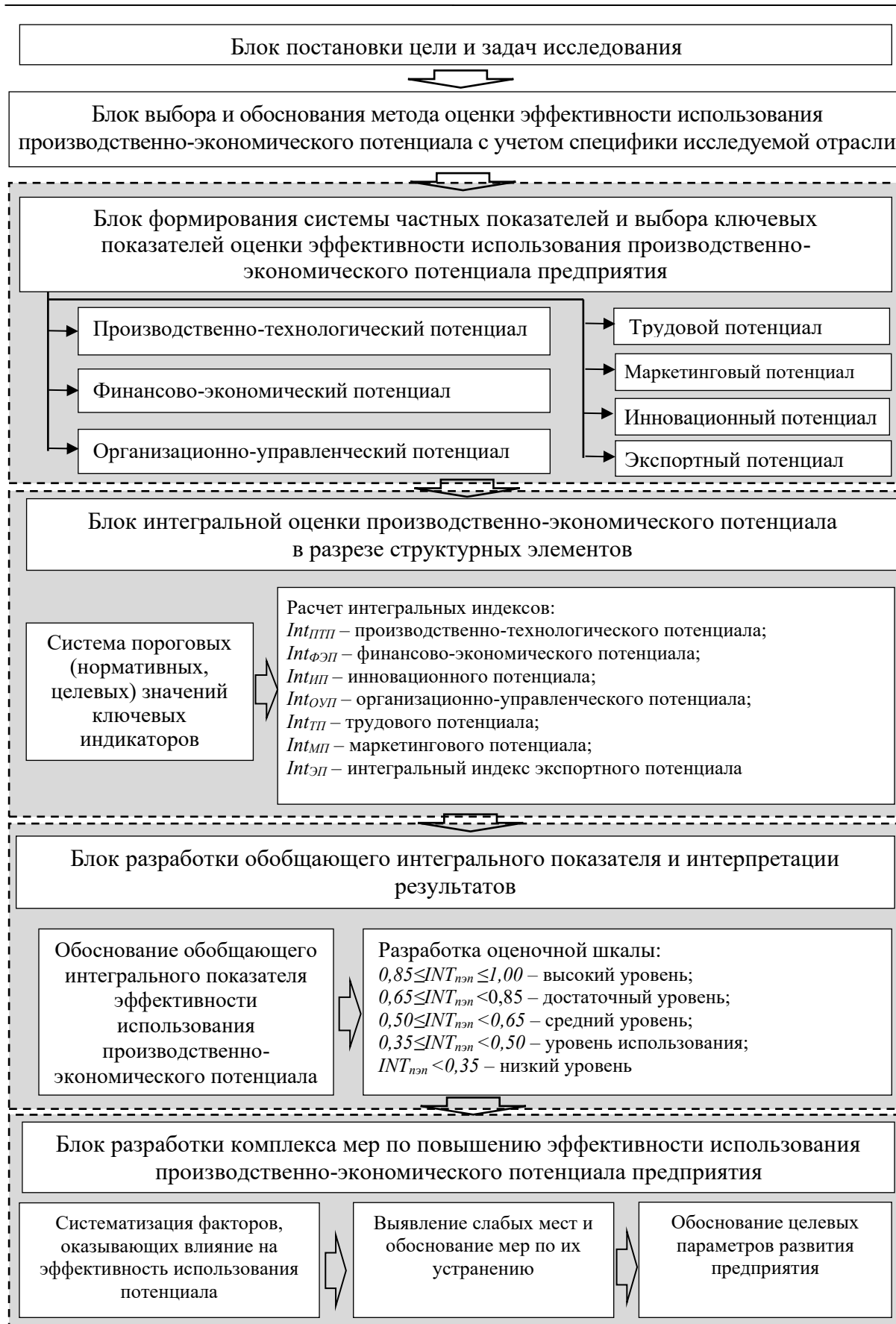


Рисунок 1 – Блок-схема комплексной оценки эффективности использования производственно-экономического потенциала мясоперерабатывающего предприятия
 Источник данных: собственная разработка.

Таблица 1 – Ключевые показатели оценки и пороговые (нормативные, целевые) значения ключевых показателей эффективности использования производственно-экономического потенциала мясоперерабатывающего предприятия

Показатель	Используемый метод расчета	Эталонное значение показателя
1	2	3
Производственно-технологический потенциал		
Коэффициент фондоотдачи основных фондов ($K_{фо}$)	Индикаторный метод	Целевое значение по совокупности предприятий за период
Рентабельность основных средств ($P_{ос}$), %		
Коэффициент использования производственной мощности (K_M)	Значение критерия учитывает запас производственной мощности на уровне 15 %	0,85
Коэффициент оборачиваемости оборотных средств ($K_{об}$)	Индикаторный метод	Целевое значение по совокупности предприятий за период
Материалоотдача (M_o)		
Длительность одного оборота, дн. (D_o)		
Выход товарной продукции с 1 т сырья, тыс. руб. ($K_{ТП}$)		
$Интегральный\ индекс - Int_{ПТП} = \sqrt[7]{I_{K_{фо}} \times I_{P_{ос}} \times I_{K_M} \times I_{K_{об}} \times I_{M_o} \times I_{D_o} \times I_{K_{ТП}}}$ (1)		
Финансово-экономический потенциал		
Коэффициент обеспеченности обязательств имуществом ($K_{об.им.}$)	Критерии соответствуют низкой степени риска наступления банкротства согласно постановлению Министерства экономики Республики Беларусь и Министерства финансов Республики Беларусь от 07.08.2023 г. № 16/46	1 – $K_{об.им.} \leq 0,5$ 2 – $0,5 < K_{об.им.} \leq 0,7$ 3 – $0,7 < K_{об.им.} \leq 0,9$
Коэффициент просроченных обязательств ($K_{об.пр.}$)		1 – $K_{об.пр.} \leq 0,20$ 2 – $K_{об.пр.} \leq 0,10$ 3 – $K_{об.пр.} \leq 0,01$
Коэффициент текущей ликвидности ($K_{мл}$)	Пороговые значения, определенные в методических рекомендациях по проведению комплексной системной оценки финансового состояния организаций (утв. Приказом Министерства финансов Республики Беларусь от 14.10.2021 г. № 351)	$K_{мл} > 1,0$
Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами ($K_{об.ос.}$)		$K_{об.ос.} > 0,1$
Коэффициент финансовой независимости ($K_{фн}$)		$K_{фн} \geq 0,5$
Коэффициент финансового левериджа ($K_{фл}$)		$K_{фл} \leq 1,0$
Коэффициент отношения процентных обязательств к EBITDA ($K_{ЕВИТДА}$)		$K_{ЕВИТДА} < 3,0$
Рентабельность операционной деятельности ($P_{од}$)	Индикаторный метод	Целевое значение по совокупности предприятий за период
Рентабельность продаж ($P_{пр}$)		
$Интегральный\ индекс - Int_{ФЭП} = \sqrt[9]{I_{K_{об.им.}} \times I_{K_{об.пр.}} \times I_{K_{мл}} \times I_{K_{об.ос.}} \times I_{K_{фн}} \times I_{K_{фл}} \times I_{K_{ЕВИТДА}} \times I_{P_{од}} \times I_{P_{пр}}}$ (2)		
Инновационный потенциал		
Рентабельность нематериальных активов ($P_{на}$)	Индикаторный метод	Целевое значение по совокупности предприятий за период
Коэффициент отдачи нематериальных активов ($K_{на}$)		
Доля затрат на приобретение и создание основных средств, нематериальных активов и других долгосрочных активов в совокупных затратах на инвестиции, % ($K_{инв}$)		
Доля новой продукции в общем объеме ее выпуска, % ($K_{ин}$)	Метод экспертных оценок	$T_{3т} \leq 98,0$
Темп снижения уровня затрат на 1000 руб. реализованной продукции, товаров, работ, услуг, % ($T_{3т}$)		
$Интегральный\ индекс - Int_{ИП} = \sqrt[5]{I_{P_{на}} \times I_{K_{на}} \times I_{K_{инв}} \times I_{K_{ин}} \times I_{T_{3т}}}$ (3)		

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Организационно-управленческий потенциал		
Удельный вес управленческого персонала в среднесписочной численности работников, % (K_{yn})	Индикаторный метод	Целевое значение по совокупности предприятий за период
Уровень выполнения плановых показателей: – товарная продукция в сопоставимых ценах, тыс. руб. ($П_1$); – отгружено на экспорт, тыс. долл. США ($П_2$); – рентабельность продаж ($П_3$)	Достижение плановых значений индикаторов развития предприятия	>100,0 %
<i>Интегральный индекс – $Int_{OУП} = \sqrt[4]{I_{K_{yn}} \times I_{П_1} \times I_{П_2} \times I_{П_3}}$</i> (4)		
Трудовой потенциал		
Рентабельность персонала, % (P_n)	Индикаторный метод	Целевое значение по совокупности предприятий за период
Соотношение темпов роста производительности труда и средней заработной платы ($K_{nm/zn}$)		
Выработка продукции в расчете на одного среднесписочного работника предприятия, тыс. руб. ($Пр_{раб.}$)		
Добавленная стоимость в расчете на одного среднесписочного работника предприятия, тыс. руб. ($ДС_{раб.}$)		
<i>Интегральный индекс – $Int_{ТП} = \sqrt[4]{I_{P_n} \times I_{K_{nm/zn}} \times I_{Пр_{раб.}} \times I_{ДС_{раб.}}}$</i> (5)		
Маркетинговый потенциал		
Рыночная доля предприятия на рынке мяса и мясопродуктов, % ($Д_p$)	Метод экспертных оценок	Положительная динамика показателя
Темп роста объема продаж, % ($K_{продаж}$)	Метод экспертных оценок	$K_{продаж} > 105,0 \%$
Имидж производителя на рынке среди покупателей (K_u)	Метод экспертных оценок	Максимальное значение по совокупности критериев оценки
Эффективность маркетинговых коммуникаций с потребителями продукции ($K_{МК}$)		
<i>Интегральный индекс – $Int_{МП} = \sqrt[4]{I_{Д_p} \times I_{K_{продаж}} \times I_{K_u} \times I_{K_{МК}}}$</i> (6)		
Экспортный потенциал		
Удельный вес выручки, полученной в иностранной валюте, в общем объеме выручки от реализации продукции, товаров, работ, услуг (с учетом налогов и сборов, включаемых в выручку), % ($Э_e$)	Индикаторный метод	Целевое значение по совокупности предприятий за период
Коэффициент диверсификации экспорта ($K_δ$)		
<i>Интегральный индекс – $Int_{ЭП} = \sqrt[4]{I_{Э_e} \times I_{K_δ}}$</i> (7)		

Источник данных: собственная разработка по данным [3–9].

Расчет частных индексов эффективности использования производственно-экономического потенциала мясоперерабатывающего предприятия осуществляется путем сопоставления фактических значений соответствующих ключевых показателей с их нормативными/целевыми величинами (критериями оценки):

$Int_{ТПП}$ – интегральный индекс производственно-технологического потенциала;

$Int_{ФЭП}$ – интегральный индекс финансово-экономического потенциала;

$Int_{ИП}$ – интегральный индекс инновационного потенциала;

$Int_{OУП}$ – интегральный индекс организационно-управленческого потенциала;

$Int_{ТП}$ – интегральный индекс трудового потенциала;

$Int_{МП}$ – интегральный индекс маркетингового потенциала;

$Int_{ЭП}$ – интегральный индекс экспортного потенциала.

Анализ эффективности использования производственно-экономического потенциала предприятия производится в разрезе каждого составляющего его

элемента, что позволяет выявить слабые стороны исследуемого субъекта, оказывающие отрицательное влияние на потенциал результативности его деятельности, и на этой основе выработать комплекс мер по их устранению и реализации выявленных резервов.

Блок разработки обобщающего интегрального показателя и интерпретации результатов. В рамках указанного блока осуществляется расчет обобщающего интегрального показателя эффективности использования производственно-экономического потенциала мясоперерабатывающего предприятия ($INT_{ПЭП}$) по следующей формуле:

$$INT_{ПЭП} = \sqrt[7]{Int_{ППП} \times Int_{ФЭП} \times Int_{ИП} \times Int_{ОУП} \times Int_{ТП} \times Int_{МП} \times Int_{ЭП}} \quad (8)$$

Обобщающий интегральный показатель позволяет учесть совокупность значимых критериев, определяющих эффективность использования производственно-экономического потенциала предприятия. Интерпретацию полученных результатов предлагается осуществлять с использованием следующей оценочной шкалы:

$0,85 \leq INT_{нэп} \leq 1,00$ – высокий уровень использования потенциала (имеющиеся на предприятии производственные ресурсы, нематериальные активы, уровень финансовой устойчивости и платежеспособности позволяют достигать стратегических целей развития и установленных целевых показателей);

$0,65 \leq INT_{нэп} < 0,85$ – достаточный уровень использования потенциала (имеющийся в организации производственно-экономический потенциал используется на достаточном уровне при имеющихся резервах повышения эффективности);

$0,50 \leq INT_{нэп} < 0,65$ – средний уровень использования потенциала (производственно-экономический потенциал используется недостаточно эффективно, требуется проведение детального анализа уровня и динамики каждого индикатора, что позволит выявить причины и возможности по достижению имеющихся резервов);

$0,35 \leq INT_{нэп} < 0,50$ – уровень использования потенциала ниже среднего (требуется разработка комплекса мер по повышению эффективности использования имеющихся на предприятии ресурсов и освоению выявленных резервов роста эффективности в разрезе каждого элемента);

$INT_{нэп} < 0,35$ – низкий уровень использования потенциала (характерно неэффективное использование производственных ресурсов, в связи с чем возникает неопределенность по дальнейшему осуществлению деятельности предприятия).

Блок разработки комплекса мер по повышению эффективности использования производственно-экономического потенциала. С учетом выполненной комплексной оценки производится анализ факторов, оказывающих влияние на эффективность использования производственно-экономического потенциала, и их ранжирование по степени значимости в формировании обобщающего интегрального показателя. На этой основе выявляются слабые места и обосновываются меры по их устранению.

В рамках разработанной методики предложен методический подход к оценке производственной мощности мясоперерабатывающего предприятия, адаптированный к специфике колбасного и мясоконсервного производства, сущность которого заключается в определении, анализе и обосновании предельных и фактических объемов выпуска продукции в рамках заданных ресурсных, технологических и организационных условиях с целью обеспечения обоснованности принимаемых управленческих решений и разрабатываемых стратегических планов модернизации. В предлагаемом подходе учтены видовая структура выпуска продукции, особенности технологического процесса, режимы эксплуатации оборудования, лимитирующие звенья в технологическом маршруте.

В связи с широким разнообразием используемого на предприятиях мясоперерабатывающей промышленности оборудования, технологических схем и

ассортимента продукции установлено, что применение единых нормативов производительности оборудования методически необоснованно. Производительность должна определяться индивидуально для каждого предприятия с учетом реального технологического уклада, режима работы и ассортиментной специализации.

Основная особенность разработанного подхода состоит в том, что он базируется на принципе оценки по продукту-этalonу (виду продукции, имеющему наибольший удельный вес в структуре выпуска), что одновременно согласуется с Инструкцией по определению производственных мощностей предприятий мясной промышленности (Москва, 1987 г.) и позволяет обеспечить сопоставимость расчетов при сохранении гибкости в условиях разнообразия технологических решений.

Предлагаемый методический подход предполагает при расчете среднесменной производственной мощности участка по выпуску готовой продукции применение нескольких корректирующих коэффициентов:

– средний коэффициент использования производительности основного оборудования типа j ($k_{ср пр j}$):

$$k_{ср пр j} = \frac{100}{\sum_{i=1}^q \left(\frac{\gamma_i}{k_{прив ij}} \right)}, \quad (9)$$

где: q – количество видов продукции в рамках одной ассортиментной группы (колбасные изделия, мясные консервы, полуфабрикаты), произведенных на оборудовании типа j в отчетном году;

γ_i – удельный вес продукции вида i в общем объеме выпуска продуктов ассортиментной группы на оборудовании типа j в отчетном году, %;

$k_{прив ij}$ – коэффициент приведения продукции вида i к эталонной единице на оборудовании типа j .

Коэффициент приведения ($k_{прив ij}$) определяется как отношение производительности основного оборудования типа j для продукции вида i в рамках одной ассортиментной группы к производительности для эталонной единицы:

$$k_{прив ij} = \frac{Пр_{ij}}{Пр_{эj}}, \quad (10)$$

где: $Пр_{ij}$ – производительность единицы оборудования типа j для продукции вида i в рамках одной ассортиментной группы;

$Пр_{эj}$ – производительность оборудования типа j для эталонного вида продукции;

– коэффициент использования режимного фонда времени работы оборудования (k_{tj}), отражающий долю фактически отработанного времени от режимного и позволяет учесть технологические перерывы, санитарные процедуры и техническое обслуживание:

$$k_{tj} = \frac{t_{ффвj}}{t_{рфвj}}, \quad (11)$$

где: $t_{ффв j}$ – фактический годовой фонд времени работы оборудования (за вычетом времени на мойку, плановый ремонт, настройку оборудования и др.), мин;

$t_{рфв j}$ – режимный (номинальный) фонд времени работы оборудования, мин;

– коэффициент доли времени эксплуатации оборудования за год (k_{ij}) – используется в случае, если в течение отчетного года отдельное основное оборудование вводилось в эксплуатацию или выводилось из эксплуатации. Учет «неполного года» эксплуатации оборудования предполагает необходимость введения поправки на календарный факт работы каждой единицы оборудования:

$$k_{tj} = \frac{T_{\text{мес факт}}}{12}, \quad (12)$$

где: $T_{\text{мес факт}}$ – количество фактически отработанных участком (единицей основного оборудования) месяцев в отчетном году, мес.

Выводы. Разработана методика комплексной оценки эффективности использования производственно-экономического потенциала предприятий мясоперерабатывающей промышленности, которая базируется на поэтапной реализации следующих основных блоков: блок постановки цели и задач исследования; блок выбора и обоснования метода оценки эффективности использования производственно-экономического потенциала с учетом специфики исследуемой отрасли; блок формирования системы частных показателей и выбора ключевых показателей оценки производственно-экономического потенциала предприятия; блок интегральной оценки производственно-экономического потенциала в разрезе структурных элементов; блок разработки обобщающего интегрального показателя и интерпретации результатов; блок разработки комплекса мер по повышению эффективности использования производственно-экономического потенциала.

Новизна методики заключается в разработке обобщающего интегрального показателя эффективности использования производственно-экономического потенциала мясоперерабатывающих предприятий на основе комплекса ключевых индикаторов, отражающих уровень и результативность использования имеющихся производственных ресурсов (основные фонды, оборотные средства, трудовые, финансовые и нематериальные ресурсы) с учетом специфики отрасли, а также обосновании методического подхода к расчету производственной мощности мясоперерабатывающего предприятия по производству готовой продукции, который учитывает современные условия функционирования субъектов мясной отрасли (разнообразие ассортимента выпускаемой продукции, используемого оборудования, режимы работы).

Практическая значимость методики состоит в ее направленности на разработку и реализацию комплекса мер по повышению эффективности функционирования предприятий мясоперерабатывающей промышленности на основе обоснования ключевых показателей эффективности использования производственно-экономического потенциала и их пороговых значений с учетом специфических особенностей функционирования отрасли, что будет способствовать росту результативности деятельности предприятий на основе повышения эффективности используемых в производстве ресурсов.

Примечание. Исследование выполнено в рамках задания 5.12 «Изучение технологических и экономических аспектов комплексной переработки сырья животного происхождения» НИР 4 «Разработка методологического обоснования эффективного развития потенциала организаций мясоперерабатывающей промышленности в условиях технико-технологической модернизации производства» ГПНИ «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность» на 2021–2025 годы, подпрограммы «Продовольственная безопасность» (№ гос. регистрации 20240919).

Список использованных источников

1. Мониторинг продовольственной безопасности – 2022 с учетом социально-экономических факторов / В. Г. Гусаков, А. В. Пилипук, С. А. Кондратенко [и др.]. – Мн. : Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2023. – 261 с.
1. Monitoring prodovol'stvennoi bezopasnosti – 2022 s uchetom sotsial'no-ekonomicheskikh faktorov [Food security monitoring – 2022, taking into account socio-economic factors] / V. G. Gusakov, A. V. Pilipuk, S. A. Kondratenko [i dr.]. – Mn. : In-t sistem. issled. v APK NAN Belarusi, 2023. – 261 s.
2. Довнар, Л. И. Перспективные направления развития мясоперерабатывающих предприятий в контексте мировых потребительских трендов / Л. И. Довнар, Л. Т. Ёнчик // Экономические вопросы развития сельского хозяйства Беларуси: межвед. темат. сб. / Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси; редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Мн., 2025. – Вып. 53. – С. 129–149.
2. Dovnar, L. I. Perspektivnyye napravleniya razvitiya myasopererabatyvayushchikh predpriyatii v kontekste mirovykh potrebitel'skikh trendov [Promising directions for the development of food processing enterprises in the context of global consumer trends] / L. I. Dovnar, L. T. Enchik // Ekonomicheskie voprosy razvitiya sel'skogo khozyaistva Belarusi: mezhved. temat. sb. / In-t sistem. issled. v APK NAN Belarusi; redkol.: V. G. Gusakov (gl. red.) [i dr.]. – Mn., 2025. – Vyp. 53. – S. 129–149.
3. Анализ эффективности использования основных фондов предприятия : учеб. пособие / В. М. Воронина, Е. В. Смирнова, О. В. Федорищева, О. П. Михайлова. – Оренбург: ОГУ, 2019 – 114 с.
3. Analiz effektivnosti ispol'zovaniya osnovnykh fondov predpriyatiya [Analysis of the efficiency of the use of fixed assets of the enterprise] : ucheb. posobie / V. M. Voronina, E. V. Smirnova, O. V. Fedorishcheva, O. P. Mikhailova. – Orenburg: OGU, 2019 – 114 s.
4. Румянцева, А. В. Экономика предприятия / А. В. Румянцева, Л. М. Теслюк, Л. Л. Абржина; Уральский федеральный университет. – Екатеринбург: УФУ, 2016. – 199 с.
4. Rumyantseva, A. V. Ekonomika predpriyatiya [Enterprise economics] / A. V. Rumyantseva, L. M. Teslyuk, L. L. Abrzhina; Ural'skii federal'nyi universitet. – Ekaterinburg: UFU, 2016. – 199 s.
5. Об оценке степени риска наступления банкротства: постановление Министерства экономики Респ. Беларусь и Министерства финансов Респ. Беларусь от 7 авг. 2023 г. № 16/46 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22340308> (дата обращения: 07.05.2025).
5. Ob otsenke stepeni riska nastupleniya bankrotstva [On assessing the degree of bankruptcy risk]: postanovlenie Ministerstva ekonomiki Resp. Belarus' i Ministerstva finansov Resp. Belarus' ot 7 avg. 2023 g. № 16/46 // Natsional'nyi pravovoi Internet-portal Respubliki Belarus'. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22340308> (data obrashcheniya: 07.05.2025).
6. Об утверждении методических рекомендаций: приказ Министерства финансов Респ. Беларусь от 14 окт. 2021 № 351 // Эталон : информ. – поисковая система (дата обращения: 05.05.2025).
6. Ob utverzhenii metodicheskikh rekomendatsii [On the approval of methodological recommendations]: prikaz Ministerstva finansov Resp. Belarus' ot 14 okt. 2021 № 351 // Etalon: inform. – poiskovaya sistema (data obrashcheniya: 05.05.2025).
7. Разъяснение аудиторской палаты по анализу финансовой устойчивости и платежеспособности организаций в процессе проведения аудита бухгалтерской (финансовой) отчетности // Аудиторская палата. – URL: <https://audit-ap.by/uploads/files/Koeffitsienty.pdf> (дата обращения: 02.06.2025).
7. Raz'yasnenie auditorskoi palaty po analizu finansovoi ustoichivosti i platezhesposobnosti organizatsii v protsesse provedeniya audita bukhgalterskoi (finansovoi) otchetnosti [Explanation of the Audit Chamber on the analysis of financial stability and solvency of organizations in the process of auditing accounting (financial) statements] // Auditorskaya palata. – URL: <https://audit-ap.by/uploads/files/Koeffitsienty.pdf> (data obrashcheniya: 02.06.2025).
8. Нестеров, В. Н. Методические подходы к оценке инновационной деятельности / В. Н. Нестеров, Л. Б. Сунгатуллина // Дайджест-Финансы. – 2024. – Т. 29. – Вып. 3. – С. 244–264.
8. Nesterov, V. N. Metodicheskie podkhody k otsenke innovatsionnoi deyatel'nosti [Methodological approaches to the assessment of innovation activity] / V. N. Nesterov, L. B. Sungatullina // Daidzhest-Finansy. – 2024. – T. 29. – Vyp. 3. – S. 244–264.

9. Овчинникова, О. А. Практика анализа эффективности использования нематериальных активов предприятия / О. А. Овчинникова // Auditorium: электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2015. – № 2 (06). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/praktika-analiza-effektivnosti-ispolzovaniya-nematerialnyh-aktivov-predpriyatiya/viewer> (дата обращения: 12.05.2025).

9. Ovchinnikova, O. A. Praktika analiza effektivnosti ispol'zovaniya nematerial'nykh aktivov predpriyatiya [The practice of analyzing the effectiveness of using intangible assets of an enterprise] / O. A. Ovchinnikova // Auditorium: elektronnyi nauchnyi zhurnal Kurskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2015. – № 2 (06). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/praktika-analiza-effektivnosti-ispolzovaniya-nematerialnyh-aktivov-predpriyatiya/viewer> (data obrashcheniya: 12.05.2025).

А.Г. Лобан

Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ КОРМОВОЙ БАЗЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

A. Loban

Research in Agro-Industrial Complex of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC MECHANISM FOR IMPROVING THE SUSTAINABILITY OF THE FODDER BASE OF AGRICULTURAL ORGANIZATIONS

e-mail: lobanandreilegion@mail.ru

В статье представлен организационно-экономический механизм повышения устойчивости кормовой базы, который включает: постановку задач на отраслевом и внутрихозяйственном уровнях в соответствии со стратегическими целями; выделение принципов устойчивой кормовой базы; определение экономических и организационных инструментов; обоснование уровней, критериев и индикаторов устойчивости кормовой базы сельскохозяйственных организаций.

The article presents an organizational and economic mechanism for increasing the sustainability of the feed base, which includes: setting tasks at the sectoral and intra-farm levels in accordance with strategic goals; highlighting the principles of a sustainable feed base; defining economic and organizational tools; and justifying the levels, criteria, and indicators of the sustainability of the feed base in agricultural organizations.

Ключевые слова: кормовая база, устойчивость, сельскохозяйственные организации, организационно-экономический механизм, инструменты.

Key words: feed base, sustainability, agricultural organizations, organizational and economic mechanism, tools.

Введение. Сельское хозяйство Республики Беларусь характеризуется высоким уровнем развития: темп прироста выручки в хозяйствах всех категорий в текущих ценах в 2023–2024 гг. составил 3,4 % [1]. Данные условия позволяют не только поддерживать продовольственную безопасность, но и формировать конкурентные преимущества на внутреннем и внешнем рынках. Вместе с тем эффективность отрасли с учетом ее специализации в большей степени определяется уровнем развития животноводства, результативность которого связана в первую очередь с уровнем кормления, а во вторую – комплексом зооветеринарных мероприятий и условиями содержания скота и птицы.

Материалы и методы исследований. Для выполнения исследований использовались официальные нормативно-правовые документы Республики Беларусь. Основными методами явились: монографический, аналитический, абстрактно-логический и др.

Результаты и их обсуждение. В рамках проводимой аграрной политики Республики Беларусь одним из ключевых векторов развития сельского хозяйства выступает обеспечение устойчивой кормовой базы, в основе которой лежит

совершенствование внутрихозяйственного и внехозяйственного кормопроизводства. Главными документами в данной области выступают: Государственная программа «Аграрный бизнес» на 2021–2025 гг., Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2035 г., Директива Президента Республики Беларусь № 6 «О развитии села и повышении эффективности аграрной отрасли» от 04.03.2019 г., Государственная программа «АПК будущего» и др.

В современных условиях хозяйствования устойчивость кормовой базы обеспечивается за счет локализации производственных субъектов, учета дифференцированной составляющей относительно имеющегося ресурсного потенциала у товаропроизводителей. Данная особенность нашла отражение в трудах В. Г. Гусакова, Б. М. Шундалова, А. В. Горбатовского, О. Н. Горбатовской и др. [2–4], в которых представлены результаты в области разработки перспективных направлений развития животноводства с учетом взаимосвязи с кормопроизводством на региональном и республиканском уровнях. Организационно-экономический механизм повышения устойчивости кормовой базы сельскохозяйственных организаций представляет собой систему мер и инструментов, включает нормативно-правовые, финансово-экономические, административно-управленческие и иные методы. Его применение ориентировано на увеличение объемов и улучшение качества внутрихозяйственной заготовки кормов. Конечной целью является обеспечение устойчивости кормовой базы и создание предпосылок для эффективного функционирования животноводства и кормопроизводства. При этом присутствие инструментов государственного регулирования обеспечивает проведение необходимой технико-технологической модернизации с целью повышения уровня производственно-экономических показателей кормовой базы на отраслевом и внутрихозяйственном уровнях (рисунок 1).

Отметим, что в основе организационно-экономического механизма лежит комплексный подход, базирующийся на возможности обеспечения процессов сбалансированного потребления ресурсов и формирования полноценных рационов с учетом воздействия внешних и внутренних факторов. Таким образом, стратегической целью на отраслевом уровне является повышение устойчивости кормовой базы сельскохозяйственных организаций, обеспечивающей рост эффективности функционирования животноводства и кормопроизводства, внутрихозяйственном – бесперебойное кормление скота и птицы.

Проведенные нами исследования показали, что приоритетными направлениями устойчивости выступают:

- развитие отечественного кормопроизводства в рамках применения отечественных районированных сортов и гибридов кормовых культур, а также соблюдения научно-обоснованных севооборотов и технологических регламентов по заготовке кормов;

- оптимизация кормовых рационов в рамках ресурсного потенциала товаропроизводителей;

- достижение устойчивости кормовой базы с учетом возможной оптимизации стоимости затрат на корма.

Реализация данных направлений должна базироваться на принципах:

- максимального соответствия кормовой базы специализации сельскохозяйственной организации;

- опережения темпов роста объемов возделывания кормовых ресурсов относительно темпов роста поголовья;

- формирования собственной кормовой базы на основе эффективного землепользования;

- максимальной экономичности производства кормов в контексте оптимального удовлетворения потребностей поголовья.

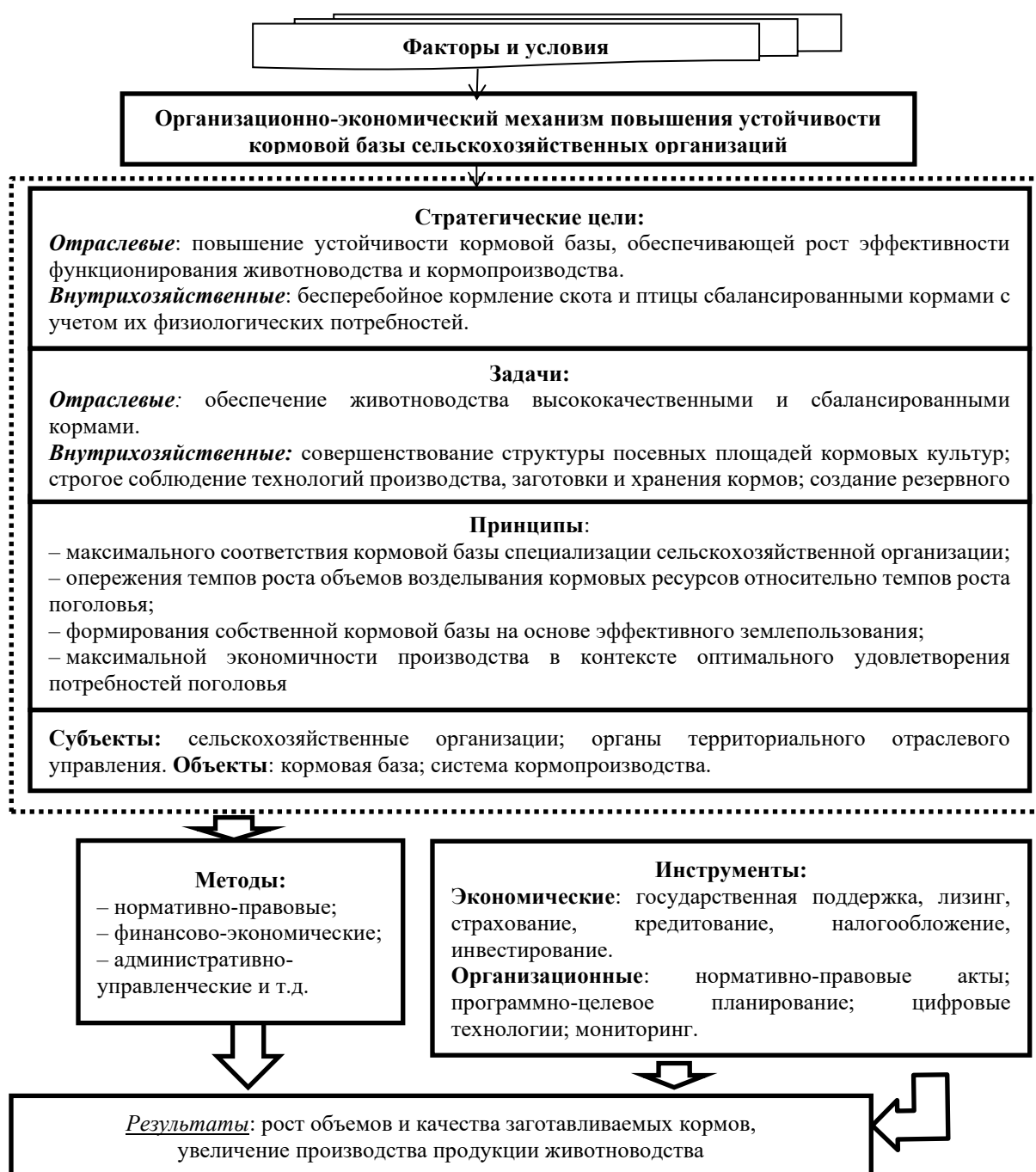


Рисунок 1 – Организационно-экономический механизм повышения устойчивости кормовой базы сельскохозяйственных организаций

Источник данных: собственная разработка.

Субъектами механизма являются сельскохозяйственные производители с развитым кормопроизводством, органы территориального отраслевого управления. Объектами механизма выступает система кормопроизводства и кормовая база, взаимосвязь между которыми определяется в разрезе источника поступления кормов с учетом ресурсного и производственного потенциалов, а также приоритетов экономического развития хозяйствующего субъекта.

Научная новизна механизма состоит в обосновании ключевых экономических (государственная поддержка, лизинг, страхование, кредитование, налогообложение, инвестирование) и организационных (нормативно-правовые акты, программно-целевое планирование, цифровые технологии, мониторинг) инструментов

регулирования применительно к действующей институциональной среде, характеризующихся синергией уровня развития кормопроизводства и результативности животноводства с учетом требований рационального использования ресурсов и роста их производительности. Практическая значимость состоит в том, что он позволяет сформировать комплексную, стратегическую программу развития кормовой базы, в том числе на внутрихозяйственном уровне.

Следует отметить, что ключевые экономические (государственная поддержка, лизинг, страхование, налогообложение, кредитование, инвестирование) и организационные (программно-целевое планирование, нормативно-правовые акты, цифровые технологии) инструменты в контексте внедрения инноваций ориентированы на рост эффективности, поддержание экологической безопасности и создание условий для реализации конкурентных преимуществ посредством повышения устойчивости кормовой базы (таблица 1).

Таблица 1 – Экономические и организационные инструменты повышения устойчивости кормовой базы сельскохозяйственных организаций

Инструмент	Институциональная основа	Сущность
1	2	3
Экономические		
Государственная поддержка	Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 14 января 2025 г. № 23 «О мерах по подготовке к полевым работам, созданию прочной кормовой базы и уборке урожая в 2025 году»	Субсидии на уплату части процентов за пользование кредитами, которые выданы для финансирования полевых работ
Лизинг	Указ Президента Республики Беларусь от 02.04.2015 г. № 146 «О финансировании закупок современной техники и оборудования»	Стимулирует приобретение современной отечественной техники сельскохозяйственными товаропроизводителями на оптимальных условиях
Страхование	Указ Президента Республики Беларусь от 4 апреля 2024 г. № 131 «О страховании урожая сельскохозяйственных культур, скота и птицы»	Частичное возмещение издержек при гибели озимых культур, а также затрат на их пересев в размере 35 % при наступлении страхового случая
Налогообложение	Указ Президента Республики Беларусь от 31 декабря 2019 г. № 503 «О налогообложении»	Дифференцируемость размеров взимаемого земельного налога в зависимости от условий сельскохозяйственного производства (кадастровая оценка земель)
Инвестирование	Указ Президента Республики Беларусь от 7 августа 2012 года № 385 «О порядке формирования и использования средств инновационных фондов»	Средства инвестиционных фондов зачисляются на специальные счета, которые открывают организации, использование накопленных денежных средств носит строго целевой характер (лизинг, совершенствование производственных мощностей и т.д.)
Кредитование	Постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 21 февраля 2003 г. № 6 «Инструкция о порядке и условиях кредитования закупки тракторов, сельскохозяйственных машин и оборудования отечественного производства»	Предоставление кредитов на приобретение сельскохозяйственной техники, автотранспортных средств и оборудования с возможной отсрочкой платежей

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Организационные		
Программно-целевое планирование	Постановление Совета Министров Республики Беларусь «О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы»; Рабочий план по заготовке травяных кормов в 2025 году; Государственная программа «АПК будущего»	Отражает индикаторы развития кормопроизводства: повышение продуктивности кормовых угодий; заготовка сенажа в полимерную пленку ежегодно на уровне не менее 9 % от общего объема заготовки; производство к концу 2025 г. 9810 тыс. т к.ед. концентрированных кормов и 10324,6 тыс. т к.ед. травяных кормов
Нормативно-правовые акты	Технический регламент Республики Беларусь (ТР 2010/025/ВУ) «Корма и кормовые добавки. Безопасность»; Ветеринарно-санитарные правила по производству, заготовке и хранению кормов и кормовых добавок от 29 января 2018 г.	Требования к организации технологических процессов, связанных с производством, заготовкой и хранением кормов
Цифровые технологии	Постановление Совмина от 20 сентября 2024 г. № 691 «О внедрении технологии точного земледелия	Предусматривается поставка современной высокопродуктивной самоходной и прицепной техники в 2025 г., внедрение информационно-аналитической системы «Цифровая платформа точного земледелия (первая очередь) в 2025–2026 г., дооснащение элементами системы точного земледелия в разрезе отдельных организаций
Мониторинг	Решение Минского областного исполнительного комитета от 4 июля 2011 г. № 867 «Положение о комитете по сельскому хозяйству и продовольствию Минского областного исполнительного комитета»	Контроль в области семеноводства, надзор за техническим состоянием машин и оборудования в регионе

Источник данных: [5–13].

Установлено, что инструментам присущи и недостатки, а именно, организационному, в частности программно-целевому планированию – необходимость в корректировке планируемых показателей объемов заготовки кормов, обусловленной изменчивостью условий хозяйствования. В то же время в рамках совершенствования экономического инструментария, на наш взгляд, целесообразно развивать сотрудничество с научно-практическими учреждениями и субъектами инновационной инфраструктуры.

Исследования показывают, что важным аспектом механизма является мониторинг эффективного функционирования кормовой базы, который позволяет снижать возможность возникновения угроз, сдерживающих развитие отрасли. При рассмотрении сущности мониторинга в целом необходимо ориентироваться на систему показателей, лежащих в основе оценки устойчивости кормовой базы сельскохозяйственных организаций, в рамках реализации выделенных индикаторов (рисунок 2). Учет особенностей кормовой базы на отраслевом и внутривладельческом уровнях обеспечивает своевременное проведение корректировки по предложенным индикаторам, а также принятие необходимых управленческих решений.

Отметим, что существенное место следует отводить внутривладельческому мониторингу. Так, главный зоотехник организует мероприятия по кормлению поголовья, а также оптимальному использованию кормовых угодий, планирует размер кормовой базы и страхового фонда кормов, разрабатывает полноценные рационы. В обязанности главного агронома входит осуществление комплекса мероприятий, которые направлены на стимулирование отдачи кормовых угодий, увеличение плодородия почв, рациональное использование трудовых и производственных

ресурсов, а также средств защиты растений и удобрений; построение оптимальной системы севооборотов, проведение анализа выполнения плановых показателей по эффективности реализованных мероприятий возделывания сельскохозяйственных культур, в том и числе кормовых.



Рисунок 2 – Уровни, критерии и индикаторы устойчивости кормовой базы сельскохозяйственных организаций
 Источник данных: собственная разработка.

Выводы. Организационно-экономический механизм повышения устойчивости кормовой базы сельскохозяйственных организаций в современных условиях развития и технико-технологической модернизации отрасли направлен на увеличение отдачи кормовых ресурсов и обеспечение соответствующего роста основных производственно-экономических показателей отечественных товаропроизводителей за счет применения комплекса организационных и экономических инструментов при надлежащем своевременном контроле на внутрихозяйственном и отраслевом уровнях.

Список использованных источников

1. Производство сельхозпродукции в Беларуси в 2024 году увеличилось на 3,4 % // SB.BY. – URL: <https://www.sb.by/articles/proizvodstvo-selkhozproduktsii-v-belarusi-v-2024-godu-velichilos-na-3-4-.html>. – Дата публ.: 15.01.2025.

1. Proizvodstvo sel'khozprodukcii v Belarusi v 2024 godu uvelichilos' na 3,4 % [Agricultural production in Belarus increased by 3.4% in 2024] // SB.BY. – URL: <https://www.sb.by/articles/proizvodstvo-selkhozproduktsii-v-belarusi-v-2024-godu-velichilos-na-3-4-.html>. – Data publ.: 15.01.2025.

2. Гусаков, В. Г. Факторы и методы эффективного хозяйствования. Ч.1. Интенсификация, концентрация, специализация и размещение производства / В. Г. Гусаков // Весті Нац. акад. навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2020. – Т. 58, № 1. – С. 7–12.
2. Gusakov, V. G. Faktory i metody ehffektivnogo khozyajstvovaniya. CH.1. Intensifikaciya, koncentraciya, specializaciya i razmeshchenie proizvodstva [Factors and Methods of Effective Management. Part 1. Intensification, Concentration, Specialization, and Placement of Production] / V. G. Gusakov // Vesci Nacyyanal'naj akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk. – 2020. – Т. 58, № 1. – С. 7–12.
3. Шундалов, Б. М. Полевое кормопроизводство Беларуси: состояние отрасли, производительность труда, результативность работы / Б. М. Шундалов // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 3. – С. 24–29.
3. Shundalov, B. M. Polevoe kormoproizvodstvo Belarusi: sostoyanie otrasli, proizvoditel'nost' truda, rezul'tativnost' raboty [Field forage production in Belarus: state of the industry, labor productivity, and performance] / B. M. Shundalov // Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii. – 2021. – № 3. – S. 24–29.
4. Научные рекомендации по сбалансированному развитию отраслей животноводства и кормопроизводства / А. В. Горбатовский, О. Н. Горбатовская, В. В. Шварацкий [и др.] // Научные принципы регулирования развития АПК: предложения и механизмы реализации / Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси; редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Мн., 2019. – Гл. 1. – С. 19–30.
4. Nauchnye rekomendacii po sbalansirovannomu razvitiyu otraslej zhivotnovodstva i kormoproizvodstva [Scientific recommendations for the balanced development of livestock and forage production sectors] / A. V. Gorbatovskij, O. N. Gorbatovskaya, V. V. Shvarackij [i dr.] // Nauchnye principy regulirovaniya razvitiya APK: predlozheniya i mekhanizmy realizacii / In-t sistem. issled. v APK NAN Belarusi; redkol.: V. G. Gusakov (gl. red.) [idr.]. – Mn., 2019. – Gl. 1. – S. 19–30.
5. О мерах по подготовке к полевым работам, созданию прочной кормовой базы и уборке урожая в 2025 году: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 14 янв. 2025 г. № 23 // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – URL: <https://mshp.gov.by/ru/plant-ru/view/o-merax-podgotovke-k-polevym-rabotam-sozdaniyu-prochnoj-kormovoj-bazy-i-uborke-urozhaja-v-2025-godu-9713/> (дата обращения: 14.11.2025).
5. O merakh po podgotovke k polevym rabotam, sozdaniyu prochnoj kormovoj bazy i uborke urozhaya v 2025 godu [On measures to prepare for field work, create a sustainable forage base, and harvest in 2025] : postanovlenie Soveta Ministrov Resp. Belarus' ot 14 yanv. 2025 g. № 23 // Ministerstvo sel'skogo khozyajstva i prodovol'stviya Respubliki Belarus'. – URL: <https://mshp.gov.by/ru/plant-ru/view/o-merax-podgotovke-k-polevym-rabotam-sozdaniyu-prochnoj-kormovoj-bazy-i-uborke-urozhaja-v-2025-godu-9713/> (data obrashcheniya: 14.11.2025).
6. О налогообложении: указ Президента Респ. Беларусь от 31 декабря 2019 г. № 503 // Национальный Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P31900503> (дата обращения: 14.10.2025).
6. O nalogooblozhenii [About taxation] : ukaz Prezidenta Resp. Belarus' ot 31 dekabrya 2019 g. № 503 // Nacional'nyj Internet-portal Respubliki Belarus'. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P31900503> (data obrashcheniya: 14.10.2025).
7. О страховании урожая сельскохозяйственных культур, скота и птицы в 2024 году: указ Президента Респ. Беларусь от 4 апр. 2024 г. № 131 // Президент Республики Беларусь. – URL: <https://president.gov.by/ru/documents/ukaz-no-131-ot-4-aprelya-2024-g> (дата обращения: 14.11.2025).
7. O strakhovanii urozhaya sel'skokhozyajstvennykh kul'tur, skota i pticy v 2024 godu [On crop insurance for agricultural crops, livestock, and poultry in 2024] : ukaz Prezidenta Resp. Belarus' ot 4 apr. 2024 g. № 131 // Prezident Respubliki Belarus'. – URL: <https://president.gov.by/ru/documents/ukaz-no-131-ot-4-aprelya-2024-g> (data obrashcheniya: 14.11.2025).

8. Инструкция о порядке и условиях кредитования закупки тракторов, сельскохозяйственных машин и оборудования отечественного производства: постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь от 21 фев. 2003 г. № 6 // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – URL: <https://mshp.gov.by/special/ru/credit-ru/view/instruktsija-o-porjadke-i-uslovijax-kreditovaniya-zakupki-traktorov-selskoxozjajstvennyx-mashin-i-8869/> (дата обращения: 10.11.2025).

9. Лобан, А. Г. Определение инструментов повышения устойчивости кормовой базы / А. Г. Лобан // Молодежь в науке – 2024: тез. докл. XXI Междунар. науч. конф. молодых ученых, 29–31 окт. 2024 г., г. Минск: в 2 ч. / Нац. акад. наук Беларуси, Совет молодых ученых; редкол.: В.Г. Гусаков [и др.]. – Мн., 2024. – С. 111–113.

10. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 1 февр. 2021 г. № 59 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100059> (дата обращения: 10.04.2023).

11. О внедрении технологии точного земледелия: постановление Совмина Респ. Беларусь от 20 сент. 2024 г. № 691 // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – URL: <https://mshp.gov.by/ru/cifra-ru/view/o-vnedrenii-9632/> (дата обращения: 24.10.2025).

12. О государственной инновационной политике и инновационной деятельности в Республике Беларусь: Закон Респ. Беларусь от 10 июля 2012 г. № 425-3 // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – URL: https://mshp.gov.by/printv/ru/documents_nauka-ru/view/gosudarstvennaja-innovatsionnaja-politika-i-innovatsionnaja-deyatelnost-v-respublike-belarus-3331/ (дата обращения: 22.10.2025).

8. Instrukciya o poryadke i usloviyakh kreditovaniya zakupki traktorov, sel'skokhozyajstvennykh mashin i oborudovaniya otechestvennogo proizvodstva [Instructions on the procedure and conditions for lending for the purchase of tractors, agricultural machinery, and equipment of domestic production]: postanovlenie Ministerstva sel'skogo khozyajstva i prodovol'stviya Resp. Belarus' ot 21 fev. 2003 g. № 6 // Ministerstvo sel'skogo khozyajstva i prodovol'stviya Respubliki Belarus'. – URL: <https://mshp.gov.by/special/ru/credit-ru/view/instruktsija-o-porjadke-i-uslovijax-kreditovaniya-zakupki-traktorov-selskoxozjajstvennyx-mashin-i-8869/> (data obrashcheniya: 10.11.2025).

9. Loban, A. G. Opredelenie instrumentov povysheniya ustojchivosti kormovoj bazy [Identifying tools to improve the sustainability of the food supply] / A.G. Loban // Molodezh' v nauke – 2024: tez. dokl. XXI Mezhdunar.nauch. konf. molodykhuchenykh, 29–31 okt. 2024 g., g. Minsk: v 2 ch. / Nac. akad. nauk Belarusi, Sovet molodykh uchenykh; redkol.: V.G. Gusakov [i dr.]. – Mн., 2024. – S. 111–113.

10. O Gosudarstvennoj programme «Agrarnyj biznes» na 2021–2025 gody [On the State Program "Agricultural Business" for 2021–2025] : postanovlenie Soveta Ministrov Resp. Belarus' ot 1 fevr. 2021 g. № 59 // Nacional'nyj pravovoj Internet-portal Respubliki Belarus'. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100059> (data obrashcheniya: 10.04.2023).

11. O vnedrenii tekhnologii tochnogo zemledeliya [On the implementation of precision farming technology] : postanovlenie Sovmina Resp. Belarus' ot 20 sent. 2024 g. № 691 // Ministerstvo sel'skogo khozyajstva i prodovol'stviya Respubliki Belarus'. – URL: <https://mshp.gov.by/ru/cifra-ru/view/o-vnedrenii-9632/> (data obrashcheniya: 24.10.2025).

12. O gosudarstvennoj innovacionnoj politike i innovacionnoj deyatelnosti v Respublike Belarus' [On state innovation policy and innovation activities in the Republic of Belarus] : Zakon Resp. Belarus' ot 10 iyul. 2012 goda № 425-Z // Ministerstvo sel'skogo khozyajstva i prodovol'stviya Respubliki Belarus'. – URL: https://mshp.gov.by/printv/ru/documents_nauka-ru/view/gosudarstvennaja-innovatsionnaja-politika-i-innovatsionnaja-deyatelnost-v-respublike-belarus-3331/ (data obrashcheniya: 22.10.2025).

13. Об утверждении Положения о комитете по сельскому хозяйству и продовольствию Минского областного исполнительного комитета от 17 декабря 2010 г. № 1596: решение Минского областного исполнительного комитета от 4 июля 2011 г. № 867 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: https://pravo.by/pdf/2011-84/2011_84_9_42536.pdf (дата обращения: 14.11.2025).

13. Ob utverzhdenii Polozheniya o komitete po sel'skomu khozyajstvu i prodovol'stviyu Minskogo oblastnogo ispolnitel'nogo komiteta ot 17 dekabrya 2010 g. № 1596 [On approval of the Regulation on the Committee on Agriculture and Food of the Minsk Regional Executive Committee dated December 17, 2010 No. 1596]: reshenie Minskogo oblastnogo ispolnitel'nogo komiteta ot 4 iyulya 2011 g. № 867 // Nacional'nyj pravovoj Internet-portal Respubliki Belarus'. – URL: https://pravo.by/pdf/2011-84/2011_84_9_42536.pdf (data obrashcheniya: 14.11.2025).

БИОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 637.146.1.054

Поступила в редакцию 03 декабря 2025 года

*Е.Н. Бирюк, к.с.-х.н., Н.К. Жабанос, к.т.н., доцент, А.Г. Трафимова,
Т.А. Савельева, к.в.н., доцент
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

ПОСТОКИСЛИТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ЗАКВАСОЧНЫХ КУЛЬТУР ЛАКТОКОККОВ И ТЕРМОФИЛЬНОГО СТРЕПТОКОККА

*A. Biruk, N. Zhabanos, A. Trafimova, T. Savelyeva
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

POST-ACIDIFICATION ACTIVITY OF STARTER CULTURES OF *LACTOCOCCUS* AND *STREPTOCOCCUS THERMOPHILUS*

e-mail: biohimbel@yandex.by, nzhabanos@tut.by, alexash.323@gmail.com, t.savelyeva@tut.by

Проведены исследования по изучению изменений активной кислотности в образцах молока, ферментированного штаммами лактококков и термофильного стрептококка при различных режимах хранения (+4°C, +8°C и +12°C). Установлено, что критической температурой хранения является температура +12°C, при которой активная кислотность снижалась до значения 4,4 ед. рН и ниже во всех исследованных образцах на 7 сутки хранения. Не выявлено достоверной зависимости снижения активной кислотности в образцах молока, ферментированных культурами термофильного стрептококка с разным сахаролитическим профилем.

Studies were conducted to investigate changes in active acidity (pH) in milk samples fermented with strains of Lactococcus and Streptococcus thermophilus under different storage temperature regimes (+4°C, +8°C, and +12°C). It was established that +12°C represents a critical storage temperature, at which the active acidity decreased to pH 4.4 and below in all examined samples by the 7th day of storage. No statistically significant relationship was found between the decrease in active acidity and the saccharolytic profile of Streptococcus thermophilus cultures used for milk fermentation

Ключевые слова: *Lactococcus lactis* ssp., *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, активная кислотность, рН, постокисление.

Key words: *Lactococcus lactis* ssp., *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, active acidity, pH, post-acidification.

Введение. Одним из основных показателей, снижающих качество кисломолочных продуктов в процессе хранения, является излишняя кислотность. Важное значение для снижения данных рисков приобретает отбор культур по кислотообразующей активности в процессе хранения, т.е. обладающих низкой постокислительной активностью. Современные технологии позволяют увеличивать сроки хранения молочных продуктов, но это усложняет задачу контроля постокисления. Низкое постокисление гарантирует, что продукт сохранит свои вкусовые качества и консистенцию на протяжении всего срока хранения, даже при нестабильных условиях транспортировки и хранения. Под постокислением чаще всего понимают кислотообразование, происходящее в готовом продукте (после окончания технологических процессов). В результате постокисления сокращается срок годности продукта, ухудшаются его вкусовые характеристики и текстура, снижается количество живых молочнокислых бактерий, изменяется стабильность пробиотиков, входящих в состав таких продуктов [1]. Постокисление считается низким, если после окончания ферментации в течение последующих 30 часов рН снижается на $\leq 0,3$ единицы от рН продукта на конец ферментации [2].

Для решения проблемы постокисления в молочных продуктах и продления их срока хранения разработаны различные подходы, основанные как на биологических, так и на технологических решениях. Один из таких подходов – использование штаммов молочнокислых бактерий с низким уровнем кислотообразования (при температуре хранения продуктов). Другой подход, успешно применяемый для контроля постокисления, включает коферментацию – процесс одновременного использования нескольких видов штаммов с различной скоростью кислотообразования. Дополнительное преимущество коферментации заключается в улучшении текстуры продукта благодаря использованию штаммов, продуцирующих экзополисахариды [1].

Одним из наиболее технологически значимых видов молочнокислых бактерий является молочный лактококк. Микроорганизмы вида *Lactococcus lactis* широко используются в биотехнологическом процессе ферментации молочных продуктов. В пределах вида *Lactococcus lactis* выделяют два подвида *lactis* и *cremoris*, а также биовариант *L. lactis* ssp. *lactis* biovar. *diacetylactis* [3].

Streptococcus salivarius subsp. *thermophilus* считается вторым по значимости видом промышленных молочнокислых бактерий. Помимо традиционного применения в сочетании с *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* в йогурте, *St. thermophilus* используется для производства разных сортов сыра, таких как швейцарский сыр, сыр брикет, пармезан, проволоне, моцарелла и Азиаго [4].

В зависимости от способности метаболизировать галактозу, термофильный стрептококк разделяют на две категории: штаммы, которые ферментируют галактозу, и штаммы, которые ее не ферментируют. Многие штаммы *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, используемые в молочной промышленности, метаболизируют только глюкозную часть лактозы и не могут использовать галактозу, что приводит к накоплению галактозы в готовых кисломолочных продуктах [5]. Исследованиями Zhao J. et al., (2023) отмечено, что в природе встречаются галактозаположительные штаммы, использование которых позволяет снижать количество галактозы в продукте в процессе ферментации, такие штаммы характеризуются низким постокислением [6].

Таким образом, актуальным является поиск культур молочного лактококка и термофильного стрептококка с разной кислотообразующей активностью, определение их сахаролитического профиля и установление способности к постокислению при различных температурных режимах.

Материалы и методы исследований. Объектами исследований являлись 12 штаммов лактококков и 14 штаммов термофильного стрептококка из Республиканской коллекции промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов. В работе использовали общепринятые микробиологические и физико-химические методы исследований. Образцы молока, ферментированного заквасочными культурами лактококков и термофильного стрептококка, инкубировали при температурах +4°C, +8°C и +12°C, измерения активной кислотности проводили в течение 21 дня хранения.

Результаты и их обсуждение. Молочнокислые бактерии, используемые в бактериальных заквасках, должны активно ферментировать лактозу, обладать кислотообразующей активностью, аромато- и газообразованием. Большинство штаммов лактококков сбраживают глюкозу, галактозу, лактозу, мальтозу и фруктозу. Отдельные штаммы ферментируют сахарозу, раффинозу, инулин и др. [7]. Особенностью термофильного стрептококка является слабовыраженная сахаролитическая активность. Бактерии вида *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* постоянно ферментируют только лактозу, глюкозу и сахарозу, реже сбраживают раффинозу, и, как правило, не ферментируют манит, инулин, глицерин, сорбит, салицин, рамнозу, трегалозу и декстрин. Способность термофильного стрептококка быстро перерабатывать лактозу является определяющим фактором в

некоторых ферментативных процессах. Лактоза – дисахарид, состоящий из двух частей – глюкозной и галактозной. Известно, что представители вида *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* практически не обладают галактозной активностью [8].

Анализ сахаролитического профиля 12 штаммов лактококков и 14 штаммов термофильного стрептококка осуществлен с использованием стрип-тестов API 50 CH (таблица 1). Установлено, что исследуемые культуры *Lactococcus lactis subsp. lactis* ферментируют от 13 до 17 сахаров и их производных, культуры диацетильного лактококка – от 15 до 19 различных сахаров и их производных, культуры *Lactococcus lactis subsp. cremoris* (2717 М-А и 2843 М-А) – 19 и 18 сахаров (соответственно). Определено, что все исследуемые культуры лактококков ферментируют глюкозу, лактозу и галактозу, что является характерным признаком лактококков.

Как видно из данных, представленных в таблице 1, среди исследуемых штаммов термофильного стрептококка 5 культур (2586 St-A, 2756 St-A, 2758 St-A, 2757 St-A, 2958 St-A) ферментируют три сахара – глюкозу, лактозу и сахарозу. Одна культура (2093 St-A) ферментирует 5 сахаров: D-глюкозу, D-галактозу, лактозу, сахарозу и туранозу. При этом остальные 6 культур ферментируют 4 сахара: глюкозу, галактозу, лактозу и сахарозу. Проведены исследования по оценке изменений значений активной кислотности в образцах молока, ферментированного штаммами лактококков и термофильного стрептококка, исследуемые образцы хранили при разных температурных режимах: +4°C, +8°C и +12°C. Установлено, что снижение активной кислотности зависит как от штамма молочнокислых бактерий, так и от температуры хранения образцов продукта.

При температуре хранения +4°C у пяти образцов продуктов, полученных ферментацией молока исследуемыми культурами лактококков 167 М-А, 2604 М-А, 2843 М-А, 2717 М-А, 2210 М-AD, на 7 сутки хранения активная кислотность не снижается ниже 4,6 ед. рН.

При температуре хранения +8°C двух образцов молока, ферментированных культурами сливочного лактококка 2717М-А и 2843 М-А, активная кислотность составила 4,52 ед. рН на 7 сутки хранения. При этих же условиях хранения у трех образцов молока, ферментированного культурами 167 М-А, 2604 М-А и 1771 М-AD, значение рН снизилось до 4,46–4,49, в то время как у образцов молока, ферментированного с использованием остальных культур, значение рН снизилось до 4,4 ед. рН и ниже.

Установлено, что при температуре +12°C во всех исследованных образцах ферментированного молока на 7 сутки хранения зарегистрированы значения активной кислотности на уровне 4,4 ед. рН и ниже. Следует отметить, что наиболее интенсивно снижение активной кислотности в процессе хранения происходило в образцах молока, ферментированного культурами термофильного стрептококка.

Для исследования активности кислотообразования отобраны культуры термофильного стрептококка с разным сахаролитическим профилем и сформированы в две группы: группа 1 (gal+), включающая 9 культур *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, которые ферментируют глюкозу, лактозу, сахарозу и галактозу: 2103 ST-A, 2116 ST-A, 2250 ST-AV, 2255 ST-AV, 2268 ST-AV, 2093 ST-A, 2107 ST-A, 2260 ST-AV, 606 ST-A, и группа 2 (gal-), включающая 5 культур *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, которые ферментируют глюкозу, лактозу, сахарозу, но не ферментируют галактозу: 2586 ST-A, 2756 St-A, 2758 St-A, 2757 ST-A, 2958 ST-A. Образцы исследовали в течение 21 суток при разных температурах хранения (+4°C, +8°C и +12°C). Результаты исследований приведены в таблицах 2–4. В образцах молока, ферментированных галактазаположительными штаммами (группа 1) на конец срока хранения при температуре +4 °C значения активной кислотности установлены в диапазоне 4,27–4,60 ед. рН; а в образцах молока, ферментированных галактазаотрицательными штаммами (группа 2) – в диапазоне 4,44–4,56 ед. рН.

Таблица 1 – Сахаролитический профиль культур лактококков и термофильного стрептококка

№ п/п	Штамм	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
		Д-рибоза (5)	Д-ксилоза (6)	Д-галактоза (10)	Д-глюкоза (11)	Д-фруктоза (12)	Д-манноза (13)	Д-маннит (18)	N-ацетил-глюкозамин (22)	Амигдалин (23)	Арбутин (24)	Эскулин/Железа пикрат (25)	Салицин (26)	Д-целлобиоза (27)	Д-мальтоза (28)	Д-лактоза (29)	Д-сахароза (31)	Д-трегалоза (32)	Амидон (36)	Гентиобиоза (39)	Д-гураноза (40)	Калия глюконат (47)
1	1865 M-A	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-
2	581 M-A	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-
3	835 M-A	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-
4	2604 M-A	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-
5	167 M-A	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-
6	1322 M-A	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-
<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>																						
7	2717 M-A	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
8	2843 M-A	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-
<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>																						
<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> biovar <i>diacetylactis</i>																						
9	2210 M-AD	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-
10	1771 M-AD	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-
11	2747 M-ADG	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
12	493 M-AD	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-
<i>Streptococcus salivarius</i> subsp. <i>thermophilus</i>																						
13	2103 St-AV	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
14	2116 St-A	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
15	2250 St-AV	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
16	2255 St-AV	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
17	2268 St-AV	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
18	2093 St-A	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-
19	2107 St-A	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
20	2260 St-AV	-	-	±	±	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
21	606 St-A	-	-	±	±	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
22	2586 St-A	-	-	-	±	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
23	2756 St-A	-	-	-	±	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
24	2758 St-A	-	-	-	±	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
25	2757 St-A	-	-	-	±	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
26	2958 St-A	-	-	-	±	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-

Источник данных: собственная разработка.

Таблица 2 – Изменение активной кислотности образцов молока, ферментированного штаммами *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* в процессе хранения при +4°C

Номер штамма	Среднее значение рН				
	1 сутки	7 суток	14 суток	21 сутки	Δ рН
группа 1 (gal+)					
2103 St-AV	4,58±0,008	4,38±0,001	4,33±0,001	4,30±0,001	0,28
2116 St-A	4,66±0,021	4,42±0,005	4,32±0,008	4,27±0,001	0,39
2250 St-AV	4,67±0,022	4,47±0,014	4,42±0,012	4,40±0,012	0,27
2255 St-AV	4,95±0,012	4,66±0,008	4,62±0,014	4,60±0,012	0,35
2268 St-AV	4,82±0,014	4,63±0,008	4,54±0,012	4,56±0,012	0,26
2093 St-A	4,79±0,008	4,58±0,008	4,53±0,005	4,50±0,005	0,29
2107 St-A	4,77±0,025	4,58±0,017	4,53±0,014	4,49±0,017	0,28
2260 St-AV	4,82±0,005	4,53±0,005	4,46±0,009	4,47±0,009	0,35
606 St-A	4,67±0,008	4,51±0,005	4,49±0,008	4,49±0,005	0,18
группа 2 (gal-)					
2586 St-A	4,79±0,024	4,52±0,008	4,44±0,008	4,44±0,008	0,35
2756 St-A	4,63±0,008	4,50±0,012	4,50±0,016	4,50±0,016	0,13
2758 St-A	4,63±0,005	4,52±0,008	4,51±0,005	4,51±0,005	0,12
2757 St-A	4,87±0,005	4,60±0,005	4,49±0,005	4,43±0,005	0,44
2958 St-A	4,83±0,071	4,63±0,038	4,58±0,028	4,56±0,021	0,27

Источник данных: собственная разработка.

На конец срока хранения при температуре +8°C значения активной кислотности установлены в диапазоне 4,19–4,51 ед. рН для образцов молока, ферментированного галактозаположительными штаммами, и в диапазоне 4,28–4,47 ед. рН для образцов молока, ферментированного галактозаотрицательными штаммами термофильного стрептококка.

Таблица 3 – Изменение активной кислотности образцов молока, ферментированного штаммами *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* в процессе хранения при +8°C

Номер штамма	Среднее значение рН				
	1 сутки	7 суток	14 суток	21 сутки	Δ рН
группа 1 (gal+)					
2103 St-AV	4,55±0,005	4,30±0,001	4,27±0,005	4,25±0,001	0,30
2116 St-A	4,62±0,022	4,31±0,005	4,23±0,005	4,19±0,005	0,43
2250 St-AV	4,65±0,014	4,46±0,009	4,38±0,012	4,36±0,012	0,29
2255 St-AV	4,89±0,008	4,61±0,001	4,56±0,005	4,54±0,005	0,35
2268 St-AV	4,75±0,021	4,54±0,009	4,51±0,012	4,51±0,014	0,24
2093 St-A	4,65±0,029	4,41±0,009	4,38±0,012	4,35±0,008	0,30
2107 St-A	4,63±0,005	4,39±0,008	4,36±0,005	4,33±0,001	0,30
2260 St-AV	4,63±0,008	4,44±0,012	4,38±0,008	4,38±0,008	0,25
606 St-A	4,58±0,012	4,41±0,009	4,40±0,009	4,40±0,008	0,18
группа 2 (gal-)					
2586 St-A	4,73±0,021	4,40±0,012	4,33±0,021	4,31±0,017	0,42
2756 St-A	4,54±0,012	4,42±0,005	4,41±0,005	4,41±0,008	0,13
2758 St-A	4,59±0,009	4,44±0,012	4,44±0,009	4,44±0,017	0,15
2757 St-A	4,78±0,017	4,42±0,012	4,32±0,008	4,28±0,009	0,50
2958 St-A	4,86±0,005	4,54±0,005	4,50±0,005	4,47±0,001	0,39

Источник данных: собственная разработка.

В условиях хранения при температуре +12°C значения активной кислотности в образцах молока, ферментированных галактозаположительными штаммами установлены в пределах 4,13–4,55 ед. рН, и в образцах молока, ферментированных галактозаотрицательными штаммами – в пределах 4,16–4,33 ед. рН.

Таблица 4 –Изменение активной кислотности образцов молока, ферментированного штаммами *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* в процессе хранения при +12°C

Номер штамма	Среднее значение pH				
	1 сутки	7 суток	14 суток	21 сутки	Δ pH
группа 1 (gal+)					
2103 St-AV	4,45±0,012	4,21±0,008	4,20±0,005	4,18±0,005	0,27
2116 St-A	4,51±0,017	4,23±0,016	4,16±0,012	4,13±0,012	0,38
2250 St-AV	4,57±0,022	4,37±0,005	4,31±0,005	4,29±0,008	0,28
2255 St-AV	4,78±0,029	4,50±0,005	4,46±0,009	4,44±0,008	0,34
2268 St-AV	4,63±0,012	4,54±0,019	4,54±0,021	4,55±0,031	0,08
2093 St-A	4,53±0,008	4,27±0,001	4,27±0,005	4,24±0,005	0,29
2107 St-A	4,53±0,012	4,27±0,005	4,25±0,009	4,22±0,009	0,31
2260 St-AV	4,61±0,016	4,35±0,014	4,31±0,008	4,30±0,008	0,31
606 St-A	4,48±0,005	4,28±0,005	4,28±0,005	4,27±0,005	0,21
группа 2 (gal-)					
2586 St-A	4,60±0,008	4,25±0,009	4,19±0,005	4,18±0,012	0,42
2756 St-A	4,43±0,005	4,26±0,012	4,25±0,001	4,25±0,001	0,18
2758 St-A	4,46±0,005	4,26±0,019	4,27±0,005	4,27±0,005	0,19
2757 St-A	4,60±0,085	4,24±0,005	4,18±0,005	4,16±0,005	0,44
2958 St-A	4,70±0,014	4,41±0,001	4,37±0,005	4,33±0,005	0,37

Источник данных: собственная разработка.

Таким образом, в результате исследований не выявлено достоверной зависимости снижения активной кислотности в образцах молока, ферментированных культурами термофильного стрептококка, от способности культур утилизировать галактозу.

Результаты исследований по оценке изменения активной кислотности в процессе хранения образцов молока, ферментированного культурами лактококков из Республиканской коллекции промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов в сравнении с образцами ферментированными заквасками зарубежных производителей: Chr.HansenCHN-19 (Дания), LyobacMCL24 (Alce, Италия), LyobacDSTM (Alce, Италия) показаны на рисунке 1.

По информации производителя, закваски Chr. HansenCHN-19 и LyobacMCL24 содержат мезофильные культуры, закваска LyobacDSTM – мезо-термофильные. Согласно данным производителя, закваска Chr.HansenCHN-19 характеризуются низким постокислением.

Образцы молока, ферментированного исследуемыми культурами, термостатировали в инкубаторе в течение 21 суток при +12°C, поскольку на предыдущих этапах исследований было установлено, что температура +12°C является критической, при которой активная кислотность снижалась во всех исследованных образцах. В то время как при температуре хранения +4°C значения активной кислотности зарегистрированы на уровне 4,6 ед. pH для 5 образцов молока, ферментированного коллекционными культурами лактококков: 167 М-А, 2604 М-А, 2843 М-А, 2717 М-А, 2210 М-АД.

В результате исследований установлено, что наименьшая разница в значениях активной кислотности между начальной точкой измерений (время образования молочного сгустка) и конечной (на 21 сутки хранения) отмечена для закваски Chr.Hansen CHN-19 (ΔpH = 0,35). В двух других контрольных образцах ΔpH составила 0,45 и 0,55 ед. соответственно.

В образцах молока, ферментированных исследуемыми коллекционными культурами, значения активной кислотности варьировали в зависимости от штамма. Минимальное значение ($\Delta\text{pH} = 0,39$) зарегистрировано в молоке, ферментированном штаммом 1865 М-А, максимальное ($\Delta\text{pH} = 0,70$) – штаммом 835 М-А.

Анализируя полученные результаты следует отметить, что в образцах молока, ферментированных коллекционными штаммами лактококков 581 М-А, 1865 М-А и 2210 М-АD, активная кислотность снижалась до значения 4,3 ед. рН уже на 3 сутки хранения и практически не изменялась при дальнейшем хранении. В то же время, в образцах молока, ферментированного культурами 835 М-А и 2604 М-А, наблюдали постепенное снижение значений рН в течение первых 10–14 суток хранения ($\Delta\text{pH} = 0,7$ и $0,67$ соответственно).

В образцах, ферментированных коммерческими заквасками, также зарегистрировано постепенное снижение значений активной кислотности на протяжении 14 суток. На 21 день хранения активная кислотность образцов молока, ферментированного заквасками Chr.HansenCHN-19, LyobacMCL24, LyobacD STM, составила соответственно 4,29, 4,31 и 4,29 ед. рН. Близкие значения активной кислотности были зарегистрированы и для образцов молока, ферментированного коллекционными штаммами лактококков 581 М-А, 1865 М-А, 2717 М-А и 2210 М-АD (4,34, 4,31, 4,29 и 4,31 ед. рН соответственно).

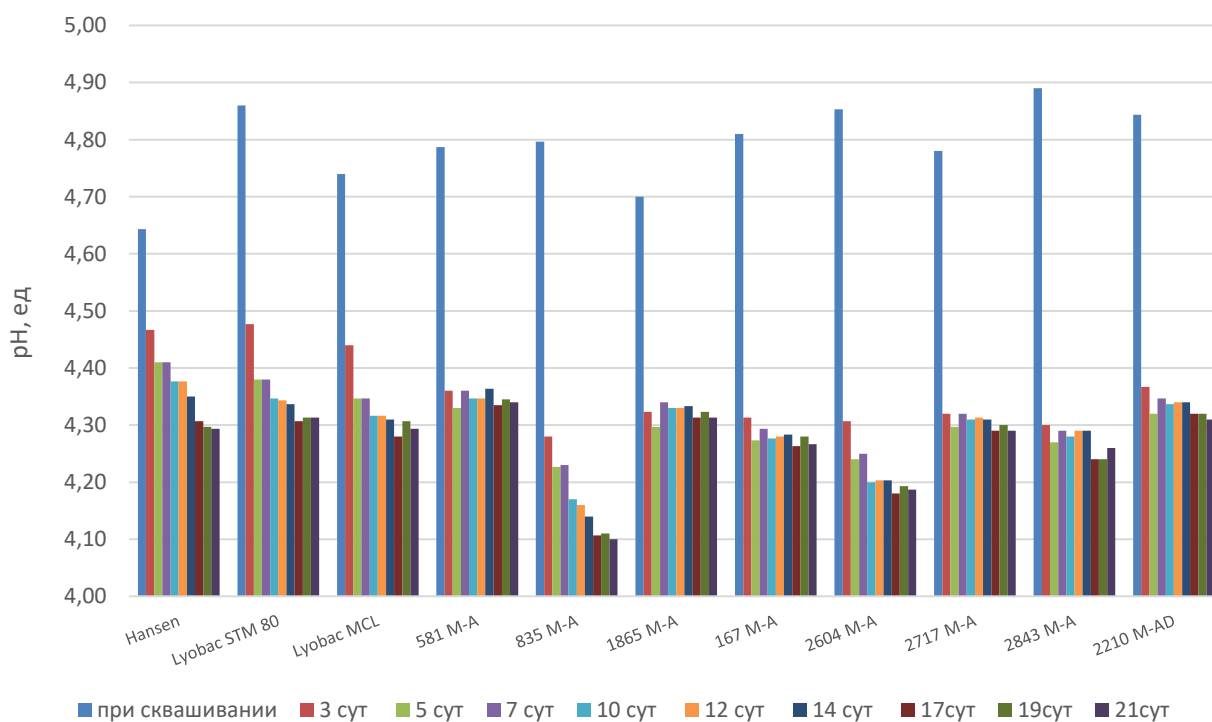


Рисунок 1 – Изменение активной кислотности образцов ферментированного молока в процессе хранения при 12°C.

Источник данных: собственная разработка.

Выводы. Проведены исследования по изучению изменений активной кислотности в образцах молока, ферментированного штаммами лактококков и термофильного стрептококка при различных температурных режимах хранения (+4°C, +8°C и +12°C). Установлено, что критической температурой хранения является температура +12°C, при которой активная кислотность снижалась до значения $\leq 4,4$ ед. рН во всех образцах молока, ферментированного исследованными культурами, на 7 сутки хранения. Не выявлено достоверной зависимости снижения

активной кислотности в образцах молока, ферментированных культурами термофильного стрептококка, от способности культур утилизировать галактозу.

Сравнительные исследования изменений активной кислотности образцов молока, ферментированного культурами лактококков из Республиканской коллекции промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов с образцами молока, ферментированного коммерческими заквасками, показали, что при +12°C на 21 сутки хранения значения активной кислотности зарегистрированы на уровне $\leq 4,3$ ед. рН во всех исследованных образцах.

Список использованных источников

1. Review on factors affecting and control of post-acidification in yoghurt and related products / G. K. Deshwal, S. Tiwari, A. Kumar [et al.] // Trends in Food Science & Technology. – 2021. – Vol. 109. – P. 499–512.
2. Патент RU 2 422 527 C2, МПК C12N 15/09 (2006.01). Мутантная молочная бактерия вида *Streptococcus thermophilus*, содержащая нефосфорилируемую лактозопермеазу : № 2007149272/10 : заявлено 30.05.2006 : опубл. 27.06.2011 / Дрюэн А., Гаро П., Фори Ж-М., Лико Н.; заявитель Danone. – URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/00/16/84/9139bc9657f930/RU2422527C2.pdf> (дата обращения: 06.06.2024)
2. Patent RU 2 422 527 S2, МПК C12N 15/09 (2006.01). Mutantnaya molochnaya bakteriya vida *Streptococcus thermophilus*, sodержashaya nefosforiliruemuyu laktosopermeazu [A mutant lactic acid bacterium of the species *Streptococcus thermophilus* containing nonphosphorylatable lactose permease] : № 2007149272/10 : заявлено 30.05.2006 : opubl. 27.06.2011 / Dryuen A., Garo P., Fori Zh-M., Liko N.; заявитель Danone. – URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/00/16/84/9139bc9657f930/RU2422527C2.pdf> (data obrashcheniya: 06.06.2024)
3. Lifestyle, metabolism and environmental adaptation in *Lactococcus lactis* / M. Kleerebezem, H. Bachmann, E. Pelt-KleinJan [et al.] // FEMS Microbiology Reviews. – 2020. – Vol. 44, № 6. – P. 804–820.
4. Iyer, R. *Streptococcus thermophilus* strains: Multifunctional lactic acid bacteria / R. Iyer S. Tomar, T. Maheswari, R. Singh // International Dairy Journal. – 2010. – Vol. 20, № 3. – P. 133–141.
5. Selection of a galactose-positive mutant strain of *Streptococcus thermophilus* and its optimized production as a high-vitality starter culture / H. Hu, G. Qimu, J. Nie [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2024. – Vol. 107, № 9. – P. 6558–6575.
6. Effect of sugar transporter on galactose utilization in *Streptococcus thermophilus* / J. Zhao, Y. Liang, S. Zhang [et al.] // Front. Microbiol. – 2023. – № 11. – URL: <https://doi.10.3389/fmicb.2023.1267237>. (date of access: 21.12.2024).
7. Биотехнологические свойства лактококков, выделенных из природных источников / Ю. М. Трубицына, Е. Ф Отт, Р. В. Дорофеев [и др.] // Ползуновский вестник. – 2024. – № 3. С. 29 – 35.
7. Biotechnologi-cheskie svojstva laktokokkov, vydelennyh iz prirodnyh istochnikov [Biotechnological properties of lactococci isolated from natural sources] / YU. M. Trubicyna, E. F Ott, R. V. Dorofeev [i dr.] // Polzunovskij vestnik. – 2024. – № 3. – S. 29 – 35.

8. Ботина, С. Г. Молочнокислые бактерии *Srteptococcus thermophilus*, обладающие галактозидазной активностью, как стартовые культуры в производстве функциональных кисломолочных продуктов / С. Г. Ботина // Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии : материалы VI Междунар. науч. конф., Минск, 2-6 июня 2008 г. : в 2 т. / Изд. И.П. Логвинов ; редкол.: Э. И. Коломиец. – Мн., 2008. – Т. 2. – С.132–133.

8. Botina, S. G. Molochnokislye bakterii *Srteptococcus thermophilus*, obla-dayushie galaktozidaznoj aktivnostyu, kak startovye kultury v proizvodstve funkcionalnyh kislomolochnyh produktov [Lactic acid bacteria *Srteptococcus thermophilus*, possessing galactosidase activity, as starter cultures in the production of functional fermented milk products] / S.G. Botina // Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya mikrobiologii i biotekhnologii : materialy VI Mezhdunar. nauch. konf., Minsk, 2-6 iyunya 2008 g. : v 2 t. / Izd. I.P. Logvinov ; redkol.: E. I. Kolomiec. – Mn., 2008. – Т. 2. – S.132–133.

*Н.Н. Фурик, к.т.н., доцент, Е.Н. Бирюк, к.с.-х.н., Н.К. Жабанос, к.т.н., доцент,
А.А. Соглаева, Д.С. Корягина
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

ВЫДЕЛЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ЕСТЕСТВЕННЫХ КОМБИНАЦИЙ МОЛОЧНОКИСЛЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ИЗ МОЛОКА И САМОКВАСНЫХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

*N. Furyk, A. Biruk, N. Zhabanos, A. Soglaeva, D. Koryagina
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

ISOLATION AND CHARACTERIZATION OF NATURAL COMBINATIONS OF LACTIC ACID MICROORGANISMS FROM MILK AND SPONTANEOUSLY FERMENTED DAIRY PRODUCTS

*e-mail: furik_nn@tut.by, biohimbel@yandex.by, nzhabanos@tut.by, alla_r@tut.by,
koryagina.darya06@gmail.com*

Из образцов сырого коровьего молока и самоквасных молочных продуктов выделено 19 образцов естественных комбинаций молочнокислых бактерий. С помощью молекулярно-генетических методов проведена идентификация полученных образцов. Исследованы производственно-ценные свойства и фагоустойчивость естественных комбинаций.

Nineteen samples of natural combinations of lactic acid bacteria were isolated from raw cow's milk and spontaneously fermented dairy products. The obtained samples were identified using molecular genetic methods. The production-related properties and bacteriophage resistance of the natural combinations were investigated

Ключевые слова: естественные комбинации, молочнокислые бактерии, идентификация методом ПЦР, биотехнологический потенциал, фагоустойчивость.

Key words: natural combinations, lactic acid bacteria, identification by PCR, biotechnological potential, phage resistance.

Введение. Качество готового молочного продукта во многом зависит от качества бактериальной закваски, используемой для приготовления этого продукта. Ассортимент бактериальных заквасок сегодня очень разнообразный, но все же поиск новых штаммов молочнокислых бактерий, перспективных в качестве заквасок и пробиотиков, остается приоритетным направлением развития различных отраслей пищевой промышленности [1, 2]. Вне зависимости от типа биотехнологического процесса использование консорциумов микроорганизмов встречается чаще, чем использование чистых культур, и, зачастую, они вносят важный вклад в обеспечение продукта желаемыми характеристиками. В целом, было отмечено, что сложные консорциумы более универсальны и устойчивы, чем чистые культуры, и обеспечивают большую устойчивость к воздействиям бактериофагов [3, 4].

Особую ценность представляют микробные штаммы и консорциумы, способные длительное время сохранять жизнеспособность и биохимическую активность. Эти свойства зависят не только от внешних факторов производства, таких как состав питательной среды и температурный режим, но и от баланса биохимически активных микробных клеток в популяциях. Именно этот баланс определяет жизнеспособность культур, их выживаемость и практическую значимость в современных производственных условиях [5, 6].

Известно также, что природные симбиозы микроорганизмов отличаются от чистых культур большей устойчивостью к изменениям качества молока-сырья и циркулирующим бактериофагам. Поэтому учеными постоянно предпринимаются попытки извлечь чистые культуры из естественного симбиоза [7].

Таким образом, изучение видового состава, свойств и взаимодействия заквасочных культур в естественных микробных ассоциациях остается важной задачей. Природные закваски могут рассматриваться как перспективный источник лактобактерий, обладающих ценными для перерабатывающей промышленности свойствами и необходимой стабильностью для использования в качестве заквасочных культур.

Материалы и методы исследований. Объектами исследования являлись 39 образцов молока коровьего сырого и 14 образцов самоквасных молочных продуктов, а также выделенные из них естественные комбинации молочнокислых бактерий.

В настоящих исследованиях применены общепринятые микробиологические, органолептические, микроскопические и молекулярно-генетические методы.

Для культивирования естественных комбинаций использованы среды ВОМ-10 и ГО 0,15 %.

Для контроля наличия БГКП, дрожжей, споровых микроорганизмов – среды Кесслер, Эндо, Сабуро, Ласса.

Видовой состав полученных естественных комбинаций микроорганизмов определяли методом ПЦР с использованием специфичных праймеров лактобацилл и лактококкам.

Результаты и их обсуждение. Для получения естественных комбинаций молочнокислых бактерий отобраны 39 образцов молока коровьего сырого и 14 образцов самоквасных молочных продуктов, из которых получены 50 накопительных культур.

Проведены исследования по изучению чистоты полученных накопительных культур (рисунок 1).

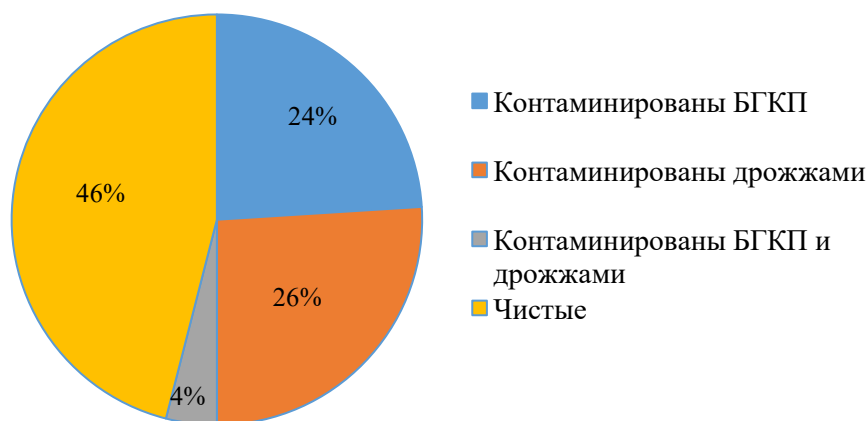


Рисунок 1 – Исследование накопительных культур на наличие посторонней микрофлоры

Источник данных: собственная разработка

Результаты исследований накопительных культур на наличие посторонней микрофлоры показали, что среди исследуемых накопительных культур у 24 % установлено наличие бактерий группы кишечной палочки (БГКП), у 26 % присутствовали культуры дрожжей, у 4 % – дрожжи и БГКП, у 46 % культур не обнаружено наличие посторонней микрофлоры.

Результаты проведенных исследований явились основой разработки схемы выделения естественных комбинаций микроорганизмов из сырого молока и самоквасных молочных продуктов, при этом выделено 19 естественных комбинаций молочнокислых бактерий, не содержащих посторонних микроорганизмов.

Проведена молекулярно-генетическая идентификация полученных естественных комбинаций. По результатам высокопроизводительного секвенирования (NGS) во всех исследуемых естественных комбинациях наибольшую долю прочтений составляет род *Lactococcus* – в среднем 73,06 %. Исследование методом ПЦР со специфичными праймерами к подвидам *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* и *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* подтвердило наличие лактококков, а со специфичными праймерами *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* выявило наличие термофильного стрептококка. Электрофореграммы представлены на рисунках 2–4.

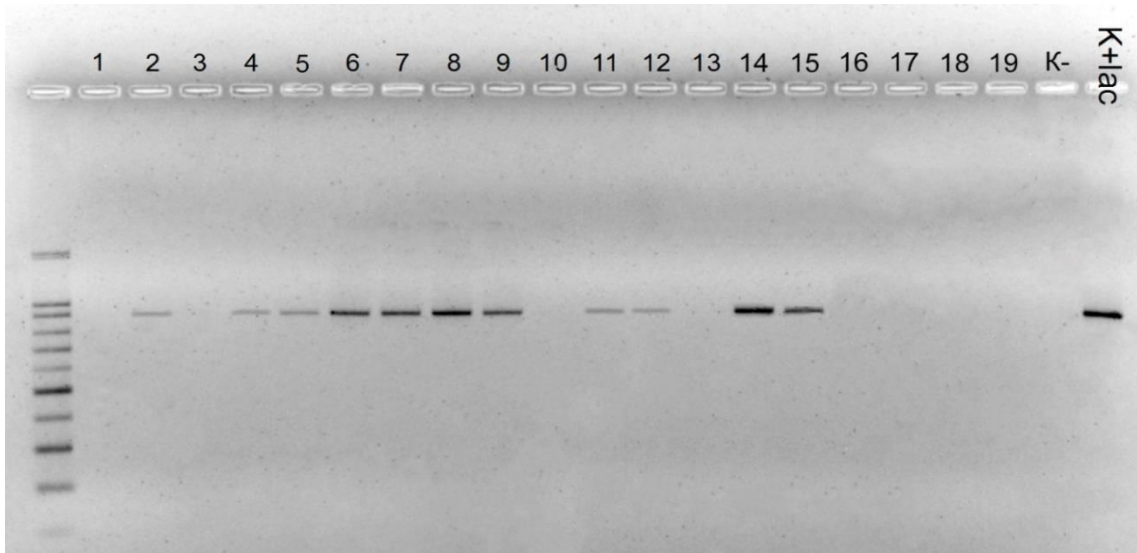


Рисунок 2 – Электрофореграмма продуктов амплификации ДНК из образцов естественных комбинаций с праймерами *lac-F* и *lacL-R* для идентификации *L. lactis* subsp. *lactis*

Источник данных: собственная разработка.

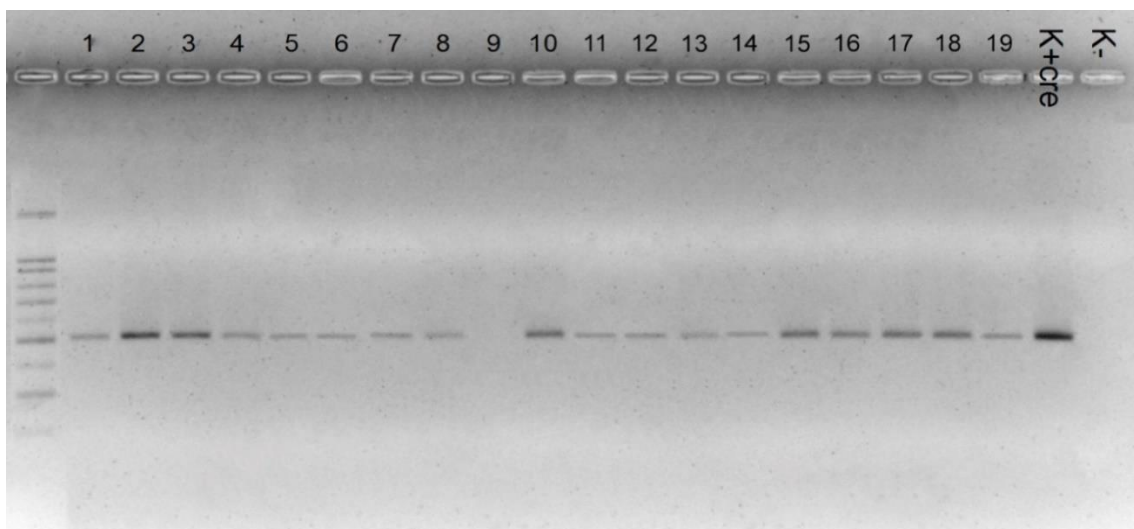


Рисунок 3 – Электрофореграмма продуктов амплификации ДНК из образцов естественных комбинаций с праймерами *Lcre-F* и *Lcre-R* для идентификации *L. lactis* subsp. *cremoris*

Источник данных: собственная разработка.

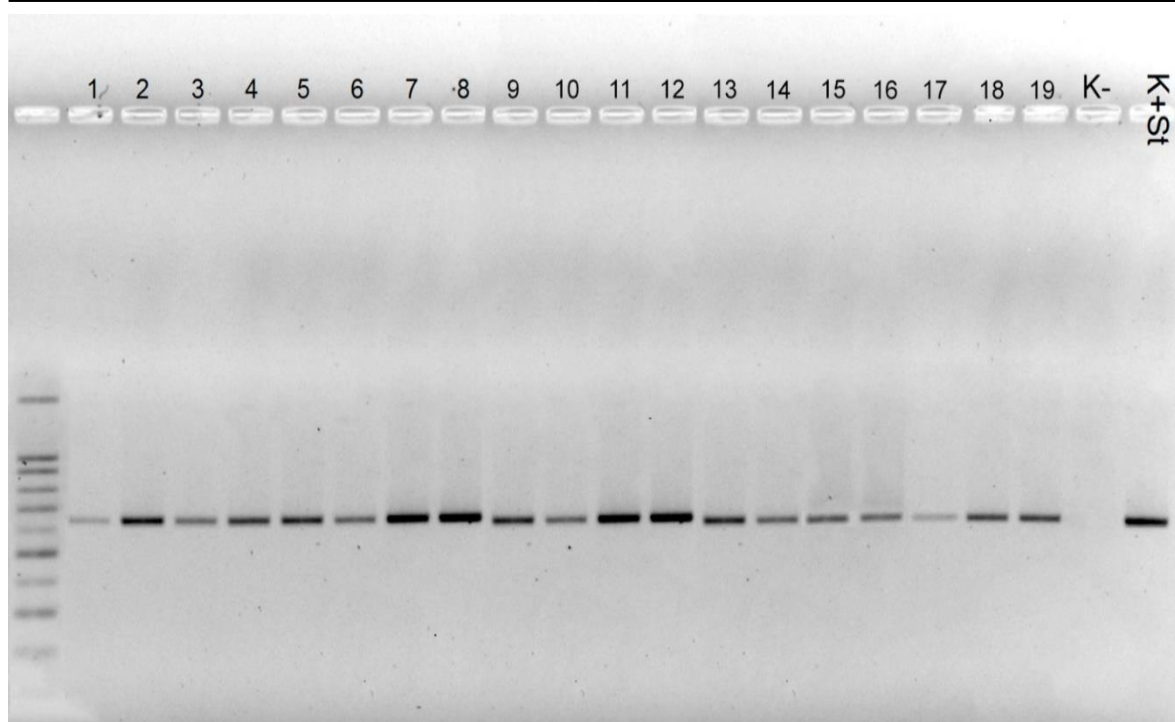


Рисунок 4 – Электрофореграмма продуктов амплификации ДНК из образцов естественных комбинаций с праймерами St-FiSt-R для идентификации *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*
 Источник данных: собственная разработка.

При этом наличие бактерий подвида *L. lactis* subsp. *lactis* установлено в 11 образцах естественных комбинаций, а бактерий подвида *L. lactis* subsp. *cremoris* – в 18 образцах. Исключение составила комбинация №9. Бактерии термофильного стрептококка выявлены во всех 19 образцах естественных комбинаций.

Результаты ПЦР со специфичными праймерами к бактериям вида *Lactococcus lactis* подтверждают ранее полученные результаты с использованием NGS – данные виды молочнокислых бактерии составляют основу естественных комбинаций.

Методом ПЦР со специфичными праймерами к различным видам лактобацилл определено наличие грамположительных молочных палочек в составе данных естественных комбинаций. Видовой состав 19 образцов естественных комбинаций представлен в таблице 1.

Среди грамположительных молочнокислых палочек в составе всех естественных комбинаций, кроме комбинации №9, обнаружен *Lactobacillus helveticus*. В четырех образцах выявлены микроорганизмы вида *Lactobacillus acidophilus*. В 16 естественных комбинациях установлено наличие *Lactobacillus casei*, в 13 – *Lactobacillus rhamnosus*. В одной естественной комбинации выявлено наличие бактерий *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*.

Таблица 1 – Видовой состав естественных комбинаций микроорганизмов

№ п/п	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>	<i>Leuconostoc</i> sp.	<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Lactobacillus paraplantarum</i>	<i>Lactobacillus pentosus</i>	<i>Lactobacillus helveticus</i>	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i>	<i>Lactobacillus casei</i>	<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	<i>Lactobacillus fermentum</i>	<i>Lactobacillus brevis</i>	<i>Lactobacillus reuteri</i>	<i>Lactobacillus buchneri</i>
1	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-
2	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-
3	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-
4	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-
5	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-
6	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
7	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-
8	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-
9	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-
11	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-
12	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
13	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-
15	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-
16	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
18	-	+	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-
19	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-

Источник данных: собственная разработка.

На рисунке 5 представлено количество видов молочнокислых бактерий, обнаруженных в естественных комбинациях.

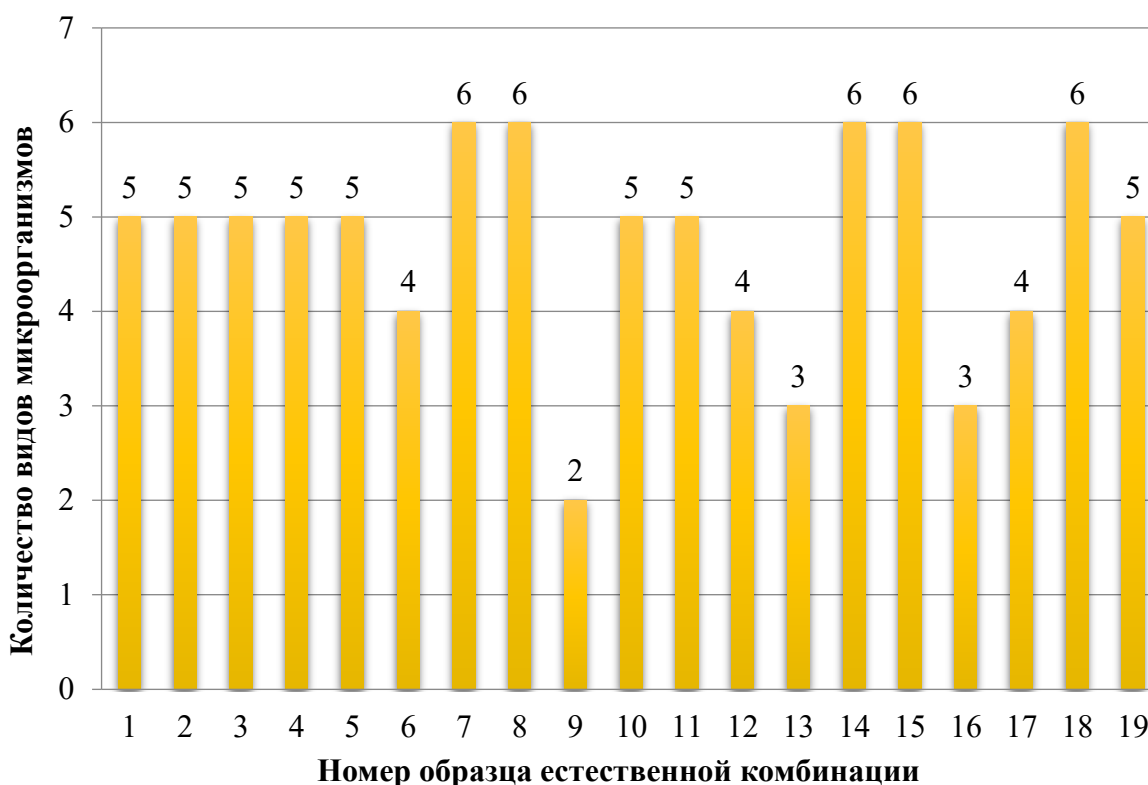


Рисунок 5 – Видовое разнообразие изученных естественных комбинаций микроорганизмов

Источник данных: собственная разработка.

Видовое разнообразие комбинации №7, №8, №14, №15, №18 обеспечено шестью видами молочнокислых бактерий, что позволяет считать его характеристики более устойчивыми. Консорциум №9 представлен только 2 видами молочнокислых бактерий. Несмотря на то, что консорциумы №7, №8 и №9 получены из одного исходного образца сырого молока, вследствие разных температурных режимов получения накопительных культур данные консорциумы имели разный видовой состав.

Исследование производственно-ценных свойств изучаемых 19 образцов естественных комбинаций показало, что:

- 8 комбинаций сквашивают цельное молоко за 5 ч – 6 ч 30 мин при температуре +30°C, с образованием сгустка с чистым кисломолочным вкусом, невязкой консистенции, из них 5 образцов способны к газообразованию (0,3-0,7 см);
- 7 естественных комбинаций сквашивают цельное молоко за 5 ч 30 мин – 6 ч 30 мин при температуре +37°C, с образованием сгустка с чистым кисломолочным вкусом, невязкой консистенции, из них два газообразующие (0,3–0,4 см);
- 4 естественные комбинации сквашивают цельное молоко за 3 ч 30 мин – 4 ч при температуре +47°C с образованием сгустка с чистым кисломолочным вкусом, невязкой консистенции.

Термофильные консорциумы №16–18 на стерильном молоке формировали предельная кислотность в 164–206 °Т, остальные консорциумы – предельную кислотность не выше 122 °Т.

Все образцы естественных комбинаций проявили способность к росту в питательной среде с содержанием NaCl в количестве 2 % и 4 %. Как показали исследования, при 6 % NaCl зарегистрирован активный рост всех исследуемых консорциумов, за исключением комбинаций №17 и №19.

Установлено, что исследуемые естественные комбинации микроорганизмов обладают способностью развиваться в среде MRS (значения оптической плотности и активной кислотности варьировали от 0,99 до 1,64 ед. ОП и от 4,72 до 4,17 ед. pH соответственно).

Оценка фагочувствительности естественных комбинаций показала, что все 19 образцов проявили устойчивость к 29 бактериофагам 18 группы, относящиеся к видам *Ceduovirus*, *Skunavirus* и *Moineavirus*.

Выделенные естественные комбинации микроорганизмов направлены на лиофилизацию и хранение с последующей оценкой производственно-ценных характеристик после хранения.

Выводы. Выделены из сырого коровьего молока 19 естественных комбинаций, способные сквашивать молочное сырье с образованием сгустка с чистым кисломолочным вкусом, невязкой консистенции. Видовой состав естественных комбинаций представлен 2–6 видами молочнокислых бактерий. Способность к газообразованию отмечена у 8 комбинаций. Подтверждена способность естественных комбинаций развиваться в питательной среде MRS, установлена их фагоустойчивость к 29 бактериофагам молочнокислых бактерий 3 видов (*Ceduovirus*, *Skunavirus* и *Moineavirus*).

Список использованных источников

1. Ганина, В. И. Производство заквасок в России / В. И. Ганина, С. А. Фильчакова // Переработка молока. – 2018. – № 3. – С. 38–41.
1. Ganina, V. I. *Proizvodstvo zakvasok v Rossii [Starter culture production in Russia]* / V. I. Ganina, S. A. Fil'chakova // *Pererabotka moloka*. – 2018. – № 3. – S. 38–41.
2. Орлова, Т. Н. Выделение молочнокислых бактерий из объектов природного происхождения и отбор среди них штаммов, наиболее перспективных для создания бактериальных заквасок и концентратов / Т. Н. Орлова, А. Н. Иркитова // Биотехнология и общество в XXI веке : сб. ст. конф., г. Барнаул, 15-18 сент. 2015 г. / Изд-во АлтГУ ; редкол.: А.А. Ильичев (гл. ред.) [и др.] – Барнаул, 2015. – С. 232–235.
2. Orlova, T. N. *Vydelenie molochnokislykh bakterij iz ob'ektov prirodного proishozhdenija i otbor sredi nih shtammov, naibolee perspektivnyh dlja sozdaniya bakterial'nyh zakvasok i koncentratov [Isolation of lactic acid bacteria from natural sources and selection of the most promising strains for the creation of bacterial starters and concentrates]* / T. N. Orlova, A. N. Irkitova // *Biotekhnologiya i obshchestvo v XXI veke : sb. st. konf., g. Barnaul, 15-18 sent. 2015 g. / Izd-vo AltGU ; redkol.: A.A. Il'ichev (gl. red.) [i dr.]* – Barnaul, 2015. – S. 232–235.
3. Parente, E. *Starter Cultures: General Aspects* / E. Parente, T.M. Cogan, I.B. Powell // *Cheese* / P. L.h. Mcsweeney, P. F. Fox, D. W. Everett [et. al.] ; editor Paul L.h. Mcsweeney. – London, 2017. – Chap. 8. – P. 201–226.
4. Smid, E. J. *Microbe – microbe interactions in mixed culture food fermentations* / E. J. Smid, C. Lacroix // *Current Opinion in Biotechnology*. – 2013. – Vol. 24, № 2. – P. 148–154.
5. Решетник, Е. И. Влияние компонентного состава на пищевую и биологическую ценность комбинированного продукта / Е. И. Решетник, Е. А. Уточкина // Вестник ВСГУТУ. – 2013. – Т. 2, № 41. – С. 63–67.
5. Reshetnik, E. I. *Vlijanie komponentnogo sostava na pishhevuyu i biologicheskuyu cennost' kombinirovannogo produkta [The influence of component composition on the nutritional and biological value of a combined product]* / E. I. Reshetnik, E. A. Utchikina // *Vestnik VSGUTU*. – 2013. – T. 2, № 41. – S. 63–67.

6. Сидоренко, О. Д. Использование некоторых признаков природных штаммов лактобактерий для заквасок / О. Д. Сидоренко, О. Н. Пастух // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 8. – С. 94–98.

7. Выделение и идентификация молочнокислых бактерий для ферментированных молочных продуктов / Т. Н. Орлова, И. А. Функ, Р. В. Дорофеев, [и др.] // Ползуновский вестник. – 2019. – № 2. – С. 47–50.

6. Sidorenko, O. D. Ispol'zovanie nekotoryh priznakov prirodnyh shtammov laktobakterij dlja zakvasok [Using some features of natural lactobacillus strains for starter cultures] / O. D. Sidorenko, O. N. Pastuh // Dostizhenija nauki i tehniki APK. – 2016. – Т. 30, № 8. – С. 94–98.

7. Orlova, T. N. Vydelenie i identifikacija molochnokislyh bakterij dlja fermentirovannyh molochnyh produktov [Isolation and identification of lactic acid bacteria for fermented dairy products] / T. N. Orlova, I. A. Funk, R. V. Dorofeev [i dr.] // Polzunovskij vestnik. – 2019. – № 2. – С. 47–50.

*И.А. Сидерко, Н.К. Жабанос, к.т.н., доцент, А.В. Везицкая,
М.М. Мистейко, к.в.н., доцент, Е.Н. Бирюк, к.с.-х.н.
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

ИЗУЧЕНИЕ УРОВНЯ БИОСИНТЕЗА ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ КУЛЬТУРАМИ ПРОПИОНОВОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ

*I. Siderko, N. Zhabanos, A. Viaziskaya, M. Misteika, A. Biruk
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

STUDY OF THE LEVEL OF ORGANIC ACID BIOSYNTHESIS BY PROPIONIC ACID BACTERIA CULTURES

*e-mail: myirinka718@gmail.com, nzhabanos@tut.by, alexandravez@mail.ru, 7535562@mail.ru,
biohimbel@yandex.by*

В статье представлены данные о снижении кислотности питательной среды культурами пропионовокислых бактерий, определен интервал максимального кислотообразования относительно прироста оптической плотности среды, определен профиль утилизации источников углерода культурами пропионовокислых бактерий, который представлен широким спектром моно- и дисахаридов, а также трисахаридом раффинозой и многоатомными спиртами. Установлены уровни содержания органических кислот после культивирования в среде на основе фугата гомоферментативных молочнокислых бактерий, содержащих молочную кислоту: муравьиной 1,5-5,9 г/л, молочной 0,2-4,9 г/л, уксусной 0,1-4,0 г/л, янтарной 0,4-2,9 г/л, пропионовой 3,2-10,3 г/л, а также отмечено снижение содержания молочной кислоты на 0,3-28,6 г/л.

The article presents data on the reduction of the acidity of the nutrient medium by cultures of propionic acid bacteria. The period of maximum acid production relative to the increase in the optical density of the medium was determined. The profile of carbon source utilization by propionic acid bacteria cultures was also established and was shown to include a broad range of mono- and disaccharides, as well as the trisaccharide raffinose and polyhydric alcohols. The concentrations of organic acids after cultivation in a medium based on the fugate of homofermentative lactic acid bacteria containing lactic acid were determined: formic acid, 1.5–5.9 g/L; lactic acid, 0.2–4.9 g/L; acetic acid, 0.1–4.0 g/L; succinic acid, 0.4–2.9 g/L; propionic acid, 3.2–10.3 g/L. A decrease in lactic acid content by 0.3–28.6 g/L was also observed.

Ключевые слова: пропионовокислые бактерии, активная кислотность, оптическая плотность, органические кислоты, пропионовая кислота.

Key words: propionic acid bacteria, active acidity, optical density, organic acids, propionic acid.

Введение. Пропионовокислые бактерии (*Propionibacterium*) – это каталазоположительные, грамположительные, анаэробные, аэротолерантные бактерии, которые синтезируют пропионовую кислоту в качестве основного продукта путем ферментации углеродных субстратов [1]. Пропионовокислые бактерии могут быть использованы как в технологиях получения и обогащения определенных групп продуктов питания, пробиотических биологически активных добавок, так и в качестве микроорганизмов-продуцентов пропионовой кислоты, ферментов, витаминов группы В. Пропионовая кислота находит широкое применение в качестве консервирующего агента, а также как сырье в химическом синтезе полимеров. Вместе с тем, пропионовая кислота, получаемая способом микробиологического биосинтеза, является более безопасным [2–4].

Кроме пропионовой кислоты, пропионовокислые бактерии продуцируют уксусную, янтарную кислоту, углекислый газ и другие продукты метаболизма. В качестве источника углерода для пропионовокислых бактерий наиболее благоприятна

глюкоза, вместе с этим, пропионовокислые бактерии способны к ферментации лактозы, лактата, пирувата и глицерина [1]. Биосинтез кислот зависит от состава и свойств питательной среды, природы углеродного субстрата в ее составе, концентрации ионов водорода, а также внешних условий: температуры, наличия кислорода, способа культивирования, однако, главное условие – это активность микроорганизма-продуцента [1, 5].

Следует отметить, что кислотообразование культур пропионовокислых бактерий может зависеть не только от индивидуальных свойств штамма и условий культивирования, также при биосинтезе органических кислот пропионовокислыми бактериями важным фактором является продолжительность культивирования [5, 6].

Целью настоящих исследований являлось установление уровня биосинтеза органических кислот штаммами пропионовокислых бактерий при различных параметрах культивирования *in vitro*.

Материалы и методы исследований. Объектами исследований являлись культуральная жидкость, получаемая при культивировании штаммов бактерий рода *Propionibacterium* Республиканской коллекции промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов РУП «Институт мясо-молочной промышленности», а именно:

- *Propionibacterium shermanii* 2016 МНО-К,
- *Propionibacterium freudenreichii* 2017 МНО-К,
- *Propionibacterium freudenreichii* 2018 МНО-К,
- *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* 2388 МНО-К.

Культуры пропионовокислых бактерий вносили в количестве 1,0 % в питательную среду ПГС (7,20 ед. рН) и культивировали при температуре 32°C. Определяли значения оптической плотности и активной кислотности среды через 1, 4, 6, 8, 10 суток.

Определение профиля утилизации углеводов проводили при внесении 2,0 % инокулята пропионовокислых бактерий в питательную среду (бульон), содержащую индикатор бромкрезоловый пурпурный и диск с источником углерода, учитывая изменение цвета среды после термостатирования.

Оптическую плотность (ОП) культуральной жидкости определяли на спектрофотометре Solar в пластмассовых кюветах толщиной 1,0 см при длине волны 540 нм, относительно нуля – оптической плотности среды.

Определение активной кислотности среды проводили по ГОСТ 32892-2014.

Определение органических кислот проводили методом ВЭЖХ на жидкостном хроматографе UltiMate 3000 (диодно-матричное детектирование в УФ-области, колонка обращеннофазная C-18, длиной 250 мм, диаметр 4,6 мм, размер частиц 5 мкм, с рабочим диапазоном 2,0-7,5 ед. рН), количественное содержание органических кислот определяли методом абсолютной градуировки (внешнего стандарта) с помощью программного обеспечения к хроматографу UltiMate 3000.

Для исследований использовали следующие среды:

- среда на основе сыворотки: 3 %-ный раствор сыворотки подсырной деминерализованной (СД-90), доводили до 7,45 ед. рН и стерилизовали при температуре (95±2)°С 20 мин,
- среда на основе мелассы: 5 %-ный раствор мелассы стерилизовали при температуре (112±1)°С 12 мин,
- среда на основе глицерина: 3 %-ный раствор глицерина стерилизовали при температуре (112±1)°С 12 мин,
- среда Ф1: стерильный фугат среды накопления гомоферментативных молочнокислых палочек,
- среда Ф2: стерильный фугат среды накопления гомоферментативных термофильных стрептококков,

– среда Ф3: стерильный фугат среды накопления гомоферментативных мезофильных лактококков.

Результаты и их обсуждение. Изменение оптической плотности и активной кислотности питательной среды при развитии культур пропионовокислых бактерий представлено на рисунке 1.

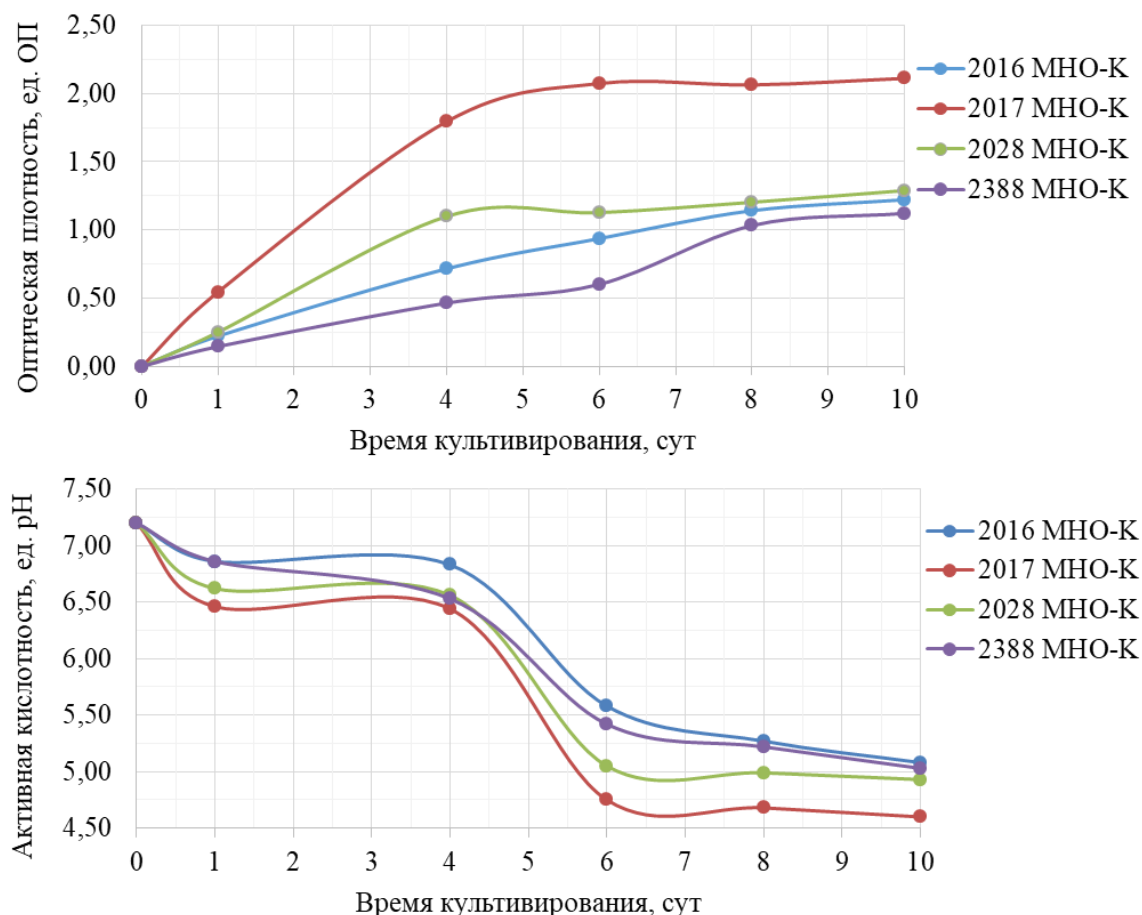


Рисунок 1 – Прирост оптической плотности и снижение активной кислотности среды при развитии культур пропионовокислых бактерий

Источник данных: собственная разработка.

При культивировании штаммов пропионовокислых бактерий отмечено, что через сутки культивирования оптическая плотность среды достигала уровня 0,145–0,545 ед. ОП, через четверо суток – 0,464–1,759 ед. ОП, через 6 суток – 0,601–2,063 ед. ОП, через 8 суток – 1,032–2,074 ед. ОП, через 10 суток – 1,122–2,111 ед. ОП. При этом отмечен постепенный прирост оптической плотности культуральной жидкости, получаемой при культивировании штаммов 2016 МНО-К и 2388 МНО-К пропионовокислых бактерий в течение 10 суток, а при культивировании штаммов 2017 МНО-К и 2028 МНО-К – замедление прироста оптической плотности культуральной жидкости после четырех суток.

Установлено, культуры пропионовокислых бактерий снижали кислотность питательной среды через сутки культивирования до уровня 6,46–6,86 ед. рН, через четверо суток – 6,44–6,83 ед. рН, через 6 суток – 4,75–5,58 ед. рН, через 8 суток – 4,68–5,27 ед. рН, через 10 суток – 4,60–5,08 ед. рН. Таким образом, активная кислотность питательной среды снижалась за первые – четвертые сутки культивирования на 0,37–0,76 ед. рН, через 6 суток - на 1,62–2,45 ед. рН, через 8 суток – на 1,93–2,52 ед. рН, через 10 суток – на 2,12–2,60 ед. рН. Максимальное снижение

кислотности среды при культивировании пропионовокислых бактерий наблюдали с четвертых по шестые сутки. Считаем целесообразным для получения максимального уровня биосинтеза органических кислот проводить культивирование пропионовокислых бактерий в течение пяти суток.

Вместе с тем, выявлено снижение активной кислотности питательной среды при развитии штамма 2017 МНО-К в течение всего времени культивирования, а прирост оптической плотности при этом возрастал, в сравнении аналогичными показателями культуральных сред других исследуемых штаммов пропионовокислых бактерий, что может быть связано с видовой принадлежностью данного штамма.

Таким образом, при различном характере накопления клеток пропионовокислых бактерий наблюдалась тенденция к максимальному снижению кислотности среды с четвертых по шестые сутки культивирования, что дает возможность оценки оптимального времени культивирования пропионовокислых бактерий с целью получения органических кислот. Однако, при изменении условий культивирования и состава питательной среды для культивирования продуцентов кислотообразования и накопление клеточной массы может происходить с иной скоростью, что требует дальнейших уточнений.

Важной характеристикой при изучении биохимических свойств культур-продуцентов является оценка их способности использовать различные вещества в качестве источников углерода: моно-, дисахаридов, многоатомных спиртов. Для оценки возможности использования в составе питательных сред различных источников углерода определена сахаролитическая способность культур пропионовокислых бактерий. Оценку развития культур проводили визуально по изменению окрашивания питательной среды, содержащей индикатор, через 5 суток культивирования. Способность пропионовокислых бактерий утилизировать различные источники углерода при развитии в питательной среде представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Сахаролитический профиль пропионовокислых бактерий

№ п/п	Источник углерода	Культуры <i>Propionibacterium</i>			
		2016 МНО-К	2017 МНО-К	2018 МНО-К	2388 МНО-К
1	арабиноза	+	+	+	+
2	галактоза	+	+	+	+
3	глюкоза	+	+	+	+
4	манноза	+	+	+	+
5	фруктоза	+	+	+	+
6	лактоза	-	+	+	+
7	мальтоза	+	+	+	+
8	сахароза	+	+	+	+
9	трегалоза	+	+	+	+
10	раффиноза	+	+	+	+
11	глицерин	-	+	+	+
12	маннит	+	+	+	+
13	инулин	-	-	-	-
14	сорбитол	-	-	-	-

Примечание: «+» - источник углерода ферментируется;

«-» - источник углерода не ферментируется.

Источник данных: собственная разработка.

Культуры пропионовокислых бактерий 2017 МНО-К, 2018 МНО-К, 2388 МНО-К развивались в питательной среде, где источником углерода выступали глюкоза, галактоза, лактоза, сахароза, мальтоза, раффиноза, арабиноза, трегалоза, манноза, фруктоза, маннит, глицерин.

При этом, все исследованные культуры пропионовокислых бактерий проявили неспособность ферментировать многоатомный спирт сорбитол и полисахарид инулин.

Культивирование штамма пропионовокислых бактерий 2016 МНО-К в среде с лактозой и глицерином не приводило к снижению кислотности питательной среды, достаточной для изменения цвета индикатора, что может быть связано с видовой принадлежностью штамма.

Широкий спектр утилизируемых пропионовокислыми бактериями источников углерода дает возможность потенциального использования множества питательных сред. Для исследований были отобраны три питательные среды, состоящие из побочных продуктов производства сыра, сахара и химического синтеза, перспективные для культивирования штаммов-продуцентов: сыворотка молочная (источник углерода – лактоза), раствор мелассы (источник углерода – сахароза), раствор глицерина (таблица 2).

Таблица 2 – Активная кислотность питательных сред, состоящих из побочных продуктов производства сыра, сахара и химического синтеза, после культивирования штаммов-продуцентов

Штамм пропионовокислых бактерий	Активная кислотность, ед. рН		
	питательной среды на основе		
	сыворотки	мелассы	глицерина
2016 МНО-К	5,18	6,54	4,98
2017 МНО-К	5,29	5,86	4,77
2018 МНО-К	5,31	5,64	4,71
2388 МНО-К	5,26	5,69	4,88
контроль	6,27	7,60	5,10

Источник данных: собственная разработка.

Результаты исследований, представленные в таблице 2, свидетельствуют, что развитие штаммов пропионовокислых бактерий приводило к снижению активной кислотности среды на основе сыворотки на 0,96–1,09 ед. рН, а при культивировании в среде на основе мелассы – на 1,06–1,96 ед. рН, глицерина – на 0,22–0,54 ед. рН. Отмечено, что активная кислотность питательных сред на основе побочных продуктов производства сыра, сахара и химического синтеза изначально имела разное значение, связанное с химической природой компонентов, что затрудняло дать объективную достоверную оценку ее изменений, однако, наибольшие значения снижения активной кислотности выявлено в среде на основе мелассы.

Следует отметить, что после культивирования штамма 2016 МНО-К, в питательной среде на основе сыворотки значения активной кислотности определялись ниже по сравнению с остальными питательными средами. Несмотря на то, что данная культура не ферментирует лактозу, но ферментирует лактат-ионы, содержащиеся в сыворотке, этот эффект наблюдался и на пятые сутки культивирования.

В связи с этим, для получения пропионовой кислоты из побочных продуктов биотехнологического производства перспективной питательной средой для культивирования пропионовокислых бактерий является фугат культуральных жидкостей молочнокислых бактерий. В фугате содержатся остатки компонентов питательной среды, метаболиты жизнедеятельности культивируемых бактерий, включая молочную кислоту, необходимую для роста пропионовокислых бактерий.

Проведены исследования по установлению уровней биосинтеза пропионовокислыми бактериями органических кислот в средах, содержащих молочную кислоту и ее соли: фугаты после культивирования гомоферментативных молочнокислых бактерий. В таблице 3 представлены значения активной кислотности

сред после культивирования культур пропионовокислых бактерий через 5 суток культивирования.

Таблица 3 – Активная кислотность питательных сред после культивирования пропионовокислых бактерий

№ п/п	Культура	Активная кислотность, ед. рН		
		Ф1	Ф2	Ф3
1	2016 МНО-К	5,09	5,25	5,67
2	2017 МНО-К	5,11	5,24	5,53
3	2018 МНО-К	5,11	5,27	5,72
4	2388 МНО-К	5,11	5,25	5,53
5	контроль	5,13	5,29	5,80

Источник данных: собственная разработка.

После культивирования пропионовокислых бактерий в среде на основе фугата (Ф 1), полученного при культивировании гомоферментативных молочнокислых палочек (лактобалл), активная кислотность достоверно снижалась на 0,02–0,04 ед. рН, в среде на основе фугата (Ф 2) термофильного стрептококка – на 0,02–0,05 ед. рН, в среде на основе фугата (Ф 3) гомоферментативных мезофильных лактококков - на 0,08–0,27 ед. рН по сравнению с контролем. Таким образом, установлено, что культивирование штаммов *Propionibacterium* приводило к незначительному снижению кислотности питательной среды, что связано с ферментацией лактат-ионов в ней и биосинтезу пропионовой и янтарной кислот. Данные результаты подтверждены уровнем содержания органических кислот в исследуемых культуральных жидкостях.

Установлено, что для пропионовокислых бактерий наиболее характерно продуцирование пропионовой, уксусной и янтарной кислот, а также их способность к биосинтезу ряда других соединений.

В таблице 4 представлены результаты определения уровня биосинтеза муравьиной, уксусной, пропионовой, молочной и янтарной кислот после культивирования пропионовокислых бактерий в фугате гомоферментативных бактерий (Ф 3).

Таблица 4 – Уровень биосинтеза органических кислот пропионовокислыми бактериями, культивируемыми в Ф 3

№ п/п	Культура/среда	Наименование кислоты	Содержание кислоты, г/л		
			Ф1	Ф2	Ф3
1	2	3	4	5	6
1.1	Среда фугат (Ф 3)	молочная	21,6	24,3	34,4
2.1	2016 МНО-К	муравьиная	не обн.	1,5	3,6
		молочная	26,5	23,5	27,6
		уксусная	0,9	0,1	1,2
		янтарная	не обн.	1,7	1,7
		пропионовая	не обн.	не обн.	3,2
2.2	2017 МНО-К	муравьиная	1,5	5,9	3,7
		молочная	26,3	24,0	19,3
		уксусная	0,6	не обн.	3,0
		янтарная	не обн.	не обн.	0,4
		пропионовая	не обн.	0,4	7,0

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6
2.3	2018 МНО-К	муравьиная	не обн.	3,4	1,5
		молочная	25,9	22,0	5,8
		уксусная	0,6	не обн.	4,0
		янтарная	не обн.	0,5	2,9
		пропионовая	не обн.	0,8	10,3
2.4	2388 МНО-К	муравьиная	1,7	2,7	-
		молочная	26,2	24,5	8,4
		уксусная	1,5	не обн.	3,5
		янтарная	1,0	1,9	2,6
		пропионовая	не обн.	не обн.	9,0

Источник данных: собственная разработка.

В питательной среде на основе фугата гомоферментативных молочнокислых палочек (Ф 1) содержание молочной кислоты после культивирования культур пропионовокислых бактерий увеличивалось на 19,9–22,7 % (4,3–4,9 г/л), пропионовой кислоты не обнаружено. В фугате термофильного стрептококка (Ф 2) отмечено снижение либо увеличение количества молочной кислоты на 0,8–3,3% (0,2–0,8 г/л) в зависимости от штамма, пропионовую кислоту образовали только культуры *Propionibacterium* 2017 МНО-К и *Propionibacterium* 2018 МНО-К в количестве 0,4 и 0,8 г/л соответственно. При культивировании пропионовокислых бактерий в среде на основе фугата гомоферментативных мезофильных лактококков (Ф 3) установлено снижение уровня молочной кислоты на 19,8–83,1% (6,8–28,6 г/л) и увеличение содержания пропионовой кислоты в количестве 3,2–10,3 г/л.

Анализ изменений содержания органических кислот в питательных средах на основе фугатов после культивирования пропионовокислых бактерий показал, что использование фугата гомоферментативных мезофильных лактококков в качестве питательной среды приводило к образованию преимущественно пропионовой кислоты и снижению содержания молочной. Наиболее активным продуцентом пропионовой кислоты является культура *Propionibacterium freudenreichii* 2018 МНО-К (10,3 г/л).

Выводы. В результате настоящих исследований установлен профиль утилизации источников углерода культурами пропионовокислых бактерий, который представлен широким спектром моно- и дисахаридов, а также трисахаридом раффинозой и многоатомными спиртами. Определен оптимальный состав питательных сред и условия культивирования пропионовокислых бактерий для проведения эффективного биосинтеза органических кислот. Установлен активный продуцент органических кислот – *Propionibacterium freudenreichii* 2018 МНО-К, перспективный для промышленного получения пропионовой кислоты.

Научные исследования проведены по НИР 2 «Изучение условий эффективного биосинтеза органических кислот штаммами гетероферментативных микроорганизмов и их комбинациями» задания 5.11. подпрограммы «Продовольственная безопасность» государственной программы научных исследований «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность», 2021-2025 годы.

Список использованных источников

1. Propionic Acid Fermentation – Study of Substrates, Strains, and Antimicrobial Properties / A. Unigunde, I. Ciprova, M. Zolovs [et al.] // Fermentation. – 2023. – № 9. – P. 26.

2. Орлова, Т. Изучение биологической активности пропионовокислых бактерий / 2. Orlova, T. Izuchenie biologicheskoy aktivnosti propionovokisly`kh bakterij [Study of the biological

- Т. Орлова // The scientific heritage. – 2021. – № 79-2. – С. 31–33.
3. Propionic acid: method of production, current state and perspectives / V. Ranaei, Z. Pilevar, A. Khaneghah [et al.] // Food technology and biotechnology. – 2020. – Vol. 58, № 2. – P. 115–127.
4. Пильникова, С. Д. Характеристика и использование молочно- и пропионовокислых бактерий в молочной промышленности / С. Д. Пильникова, А. В. Степанов // «АПК - молодёжь, наука, инновации» : материалы VII Всероссийской науч.-практич. конференц., г. Махачкала, 21–22 мая 2023 г. / Дагестанский гос. тех. ун.; редкол.: Ш.М. Минатуллаев (отв. ред.) [и др.]. – Махачкала, 2023. – С. 251–256.
4. Pil'nikova, S. D., Kharakteristika i ispol'zovanie molochno- i propionovokisly'kh bakterij v molochnoj promy'shennosti [Characteristics and use of lactic and propionic acid bacteria in the dairy industry] / S. D. Pil'nikova, A. V. Stepanov // «AIC - youth, science, innovation»: Proceedings of the VII All-Russian scientific and practical conference, Makhachkala, May 21-22, 2023 / Dagestan State Technical University; editorial board: Sh. M. Minatullaev (editor-in-chief) [et al.]. – Makhachkala, 2023. – P. 251–256.
5. Propionic acid production from food waste in batch reactors: Effect of pH, types of inoculum, and thermal pre-treatment / R. Ali, F. Saravia, A. Hille-Reichel [et al.] // Bioresource technology. – 2021. – V. 319. – P. 124–166.
6. Microbial propionic acid production / R. A. Gonzalez-Garcia, T. McCubbin, L. Navone [et al.] // Fermentation. – 2017. – V. 3, №. 2. – P. 21.

*Н.Н. Фурик, к.т.н., доцент, Е.Н. Бирюк, к.с-х.н., Н.К. Жабанос, к.т.н., доцент,
А.С. Савастюк, Н.В. Нахаева
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ СЫРЬЯ, ПРОМЫШЛЕННЫХ СРЕД И
МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ, ОТОБРАННЫХ НА
МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕСПУБЛИКИ
БЕЛАРУСЬ, НА НАЛИЧИЕ БАКТЕРИОФАГОВ И ФАГОВЫХ
АССОЦИАЦИЙ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

*N. Furyk, A. Biruk, N. Zhabanos, H. Savastsiuk, N. Nakhayeva
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

**MOLECULAR-GENETIC DETECTION OF BACTERIOPHAGES AND
PHAGE ASSOCIATIONS IN RAW MATERIALS, INDUSTRIAL MEDIA,
AND DAIRY PRODUCTS SAMPLED AT DAIRY-PROCESSING PLANTS OF
THE REPUBLIC OF BELARUS**

*e-mail: furik_nn@ tut.by, biohimbel@yandex.by, nzhabanos@tut.by,
ann.1825338@gmail.com, natalianaeva@gmail.com*

Исследованы 183 образца молочного сырья, промышленных сред, ферментированных молочных продуктов, отобранные на молокоперерабатывающих предприятиях Республики Беларусь. 36,1 % фагосодержащих образцов содержат лактофаги группы 936, 25,1 % образцов содержат лактофаги группы C2, 19,1 % образцов содержат лактофаги группы p335. Из 4 групп бактериофагов термофильного стрептококка наиболее часто встречается группа cos (в 7,65 % образцов), в втором месте группа 5093 (в 3,28 % образцов), бактериофаги групп pac и 987 выявлены в 1,09 % и в 1,63 % образцов соответственно. Установлено, что в 60,5% исследованных образцов присутствуют фаговые ассоциации, содержащие от 2 до 5 видов фагов молочнокислых бактерий. Проведен анализ видового состава бактериофагов в разных группах ферментированных молочных продуктах.

A total of 183 samples of dairy raw materials, industrial media, and fermented dairy products collected from dairy-processing enterprises of the Republic of Belarus were examined. Among phage-positive samples, 36.1 % contained lactophages of the 936 group, 25.1 % contained lactophages of the C2 group, and 19.1 % contained lactophages of the P335 group. Of the four bacteriophage groups infecting Streptococcus thermophilus, the cos group was the most prevalent (7.65 % of samples), followed by the 5093 group (3.28 % of samples), while bacteriophages of the pac and 987 groups were detected in 1.09 % and 1.63 % of samples, respectively. Phage associations comprising two to five types of lactic acid bacterial phages were identified in 60.5 % of the analyzed samples. The species composition of bacteriophages in different categories of fermented dairy products was analyzed.

Ключевые слова: ферментированные молочные продукты, бактериофаги, фаговые ассоциации, лактококки, термофильный стрептококк, ПЦР

Key words: fermented dairy products, bacteriophages, phage associations, lactococci, thermophilic streptococci, PCR

Введение. Одна из наиболее распространенных причин торможения развития молочнокислых бактерий при производстве ферментированных молочных продуктов – поражение заквасочной микрофлоры бактериофагами [1]. От устойчивости культур к бактериофагам, присутствующим в биотехнологическом цикле конкретного продукта и на определенном предприятии, зависит качество готового продукта.

Проблема бактериофагии известна и изучается давно, но полностью ее решить в биотехнологии ферментированных продуктов пока не удаётся. Это обусловлено изменчивостью бактериофагов при действии различных факторов, что диктует необходимость постоянного изучения их свойств.

Согласно литературным данным, обновление спектра вирулентных фагов, специфичных по отношению к самым распространенным и наиболее широко используемым заквасочным культурам *Lactococcus lactis* и *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, происходит ежегодно, что связано с их чрезвычайно интенсивной изменчивостью [2, 3].

Разнообразие бактериофагов в ферментированных продуктах варьирует в зависимости от географии, климата, окружающей среды, типа сырья, технологии, оборудования и микробного состава заквасочных культур. Появление новых фаговых групп возможно путем их рекомбинации с фагами других стрептококковых или лактококковых видов [4, 5].

Все известные в настоящее время фаги молочнокислых бактерий принадлежат к классу *Caudoviricetes*. Лактококковые фаги (или лактофаги) классифицируются на основе их морфологии и нуклеотидной гомологии на 10 таксономических групп. Среди описанных лактококковых фаговых групп три наиболее часто встречается в промышленных ферментациях: группы P335, *Skunaviruses* (ранее 936) и *Ceduoviruses* (ранее C2) [5].

Фаги термофильного стрептококка в настоящий момент подразделяют на 5 групп *Moineaviruses* (ранее cos), *Brussowviruses* (ранее pac), *Vansinderenvirus* (ранее называлась группой 5093), 987 и P738 [5, 6]. Из них наиболее распространёнными являются группы *Moineaviruses* и *Brussowviruses* (69 % и 29 % соответственно) классифицированные на основе структурного профилирования их белков и механизмов упаковки ДНК [7].

Материалы, объекты и методы исследований. Объектами исследования являлись 183 образца молочного сырья, промышленных сред, ферментированных молочных продуктов (сметаны, кисломолочных напитков, творога и творожных продуктов, сыров), отобранные на молокоперерабатывающих предприятиях Республики Беларусь.

В исследовании применяли общепринятые молекулярно-генетические методы. Видовой состав фагов и фаговых ассоциаций в образцах молочного сырья определяли методом ПЦР с использованием специфичных праймеров.

Результаты и их обсуждение. При проведении исследований проанализированы 183 образца молочного сырья, промышленных сред, ферментированных молочных продуктов (сметаны, кисломолочных напитков, творога и творожных продуктов, сыров), отобранные на молокоперерабатывающих предприятиях Республики Беларусь.

С использованием молекулярно-генетических методов в 101 образце обнаружены фрагменты ДНК бактериофагов, в 73 образцах из них обнаружены фрагменты ДНК бактериофагов лактококков. В 23 образцах обнаружены фрагменты ДНК характерные как для лактофагов, так и для фагов термофильного стрептококка. В 5 образцах обнаружены фрагменты ДНК бактериофагов только термофильного стрептококка.

Для анализа распределения различных групп бактериофагов, поражающих лактококки и термофильный стрептококк, был проведён подсчёт их встречаемости. Результаты представлены на рисунке 1, где отражена частота обнаружения каждой группы бактериофагов в процентном соотношении.

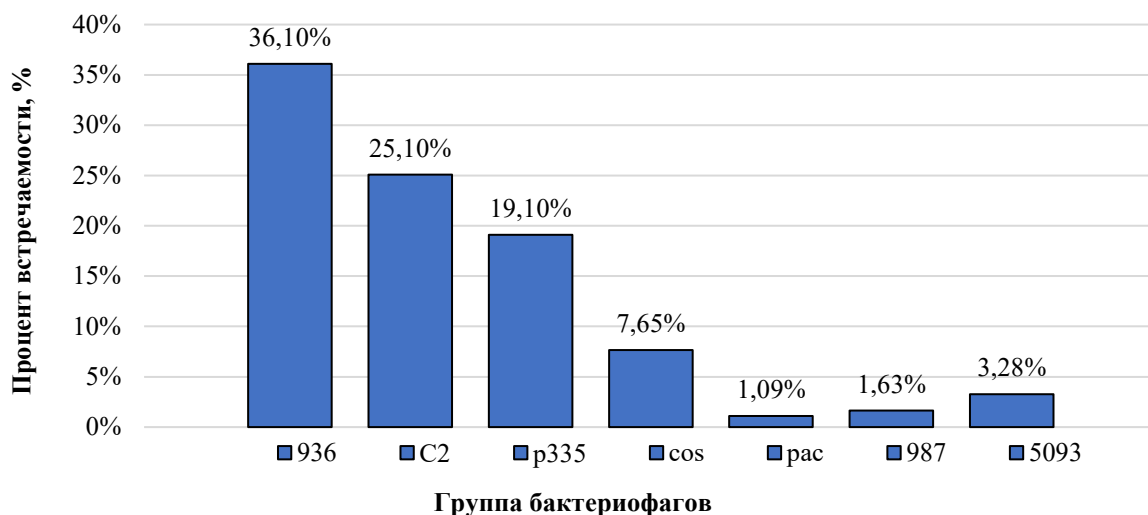


Рисунок 1 – Частота обнаружения каждой группы бактериофагов в процентном соотношении

Источник данных: собственная разработка.

Среди бактериофагов, поражающих лактококки, наибольшую распространённость имеет группа 936, которая составляет 36,10 % от всех выявленных фагов. За ней следуют группы C2 (25,10 %) и p335 (19,10 %). Остальные группы, относящиеся к бактериофагам термофильного стрептококка, такие как cos, pac, 987 и 5093, встречаются значительно реже, их суммарная доля составляет менее 12 %.

В то же время среди этих групп бактериофагов наибольшая доля приходится на группу cos – 7,65 %, что делает её самой активной в данной категории. Группа 5093 выявлена в 3,28 % случаев, а группы pac и 987 имеют минимальные показатели – 1,09 % и 1,63 % соответственно. Таким образом, фаги, поражающие термофильный стрептококк, встречаются реже, чем фаги лактококков.

Бактериофаги в образцах молочной продукции и производственных сред обнаруживаются как поодиночке, так и в составе фаговых ассоциаций.

Распределение образцов по количеству обнаруженных групп бактериофагов представлено на рисунке 2.

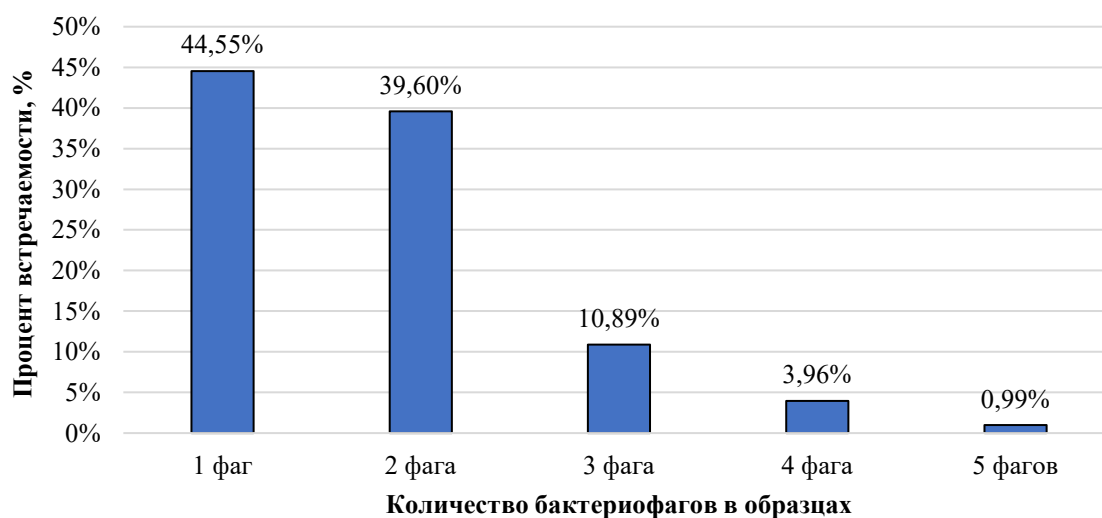


Рисунок 2 – Распределение образцов по количеству обнаруженных групп бактериофагов

Источник данных: собственная разработка.

Наибольшая часть образцов содержит только одну или две группы фагов, что свидетельствует как о распространенности монофаговых инфекций, так и о формировании стабильных ассоциаций из двух бактериофагов. Наличие трёх групп фагов наблюдается гораздо реже, а образцы с четырьмя и пятью группами фагов встречаются еще реже.

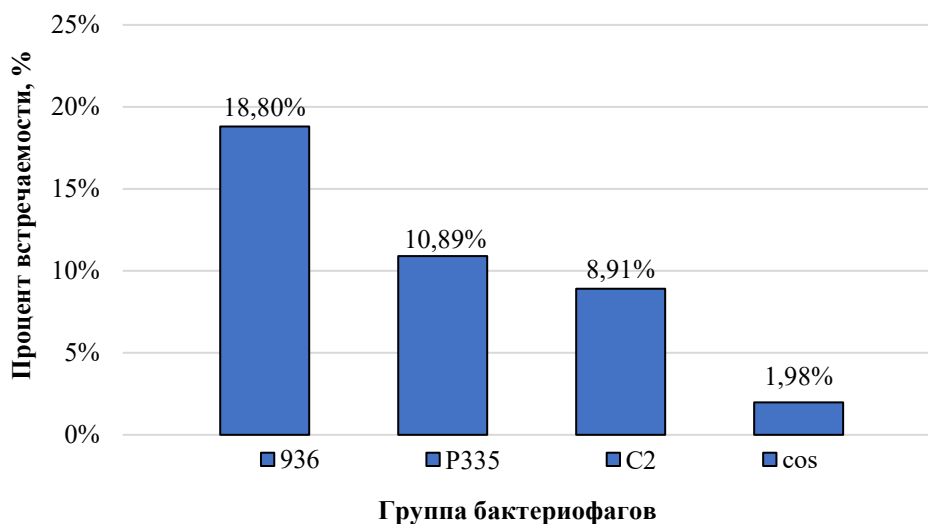


Рисунок 3 – Частота обнаружения монофагов в процентном соотношении
 Источник данных: собственная разработка.

Группы монофагов, обнаруженные среди исследованных образцов молочного сырья, молочной продукции и промышленных сред представлены на рисунке 3. Наибольшая доля приходится на группу 936 которая составляет 18,80 %. Группа P335 занимает второе место с показателем 10,89 %, а группа C2 встречается в 8,91 % случаев. Группа cos имеет минимальную распространённость среди чистых групп и составляет 1,98 %.

Также проведен анализ частоты встречаемости различных групп фагов и их ассоциаций в фагосодержащих образцах (табл. 1)

Таблица 1 – Частота встречаемости различных групп фагов и их ассоциаций в фагосодержащих образцах

Группа фагов	Количество фагосодержащих образцов	Процент встречаемости, %
1	2	3
P335	11	10,8
C2	9	8,9
936	20	19,8
P335, 936	9	8,9
P335, C2	6	5,9
C2, 936	16	15,8
P335, C2, 936	2	2
P335, 5093	1	1
C2,cos	1	1
936, cos	4	4
936, 5093	2	2
P335, 987, 5093	1	1
P335, C2, 936, cos	1	1
P335, C2, 936, 5093	1	1

Продолжение таблицы 1

1	2	3
P335, C2, 936, cos, pac	1	1
P335, 936, pac, 5093	1	1
C2, 936, Cos, 5093	1	1
P335, 936, pac, 5093	1	1
C2, 936, Cos, 5093	1	1
cos	5	5
C2 и 936, 987	2	2
C2 и 936, cos	6	5,9
P335 и cos	1	1
Всего		101

Источник данных: собственная разработка.

Большую долю среди всех обнаруженных бактериофагов составляют лактофаги, что объясняется использованием в составе заквасок в основном лактококковых молочнокислых бактерий.

Среди всех групп наиболее значимой является группа 936, которая встречается не только среди чистых групп фагов (19,8 %), но и активно участвует в различных ассоциациях, что указывает на её ведущую роль в экосистеме или высокую способность инфицировать бактерии-хозяева. Наиболее распространённая ассоциация – C2 и 936 (15,8 %), что может быть связано с их комплементарными механизмами действия или наличием общего хозяина. Ассоциации, включающие три и более группы фагов, подчёркивают сложность взаимодействий и возможность их существования в уникальных экологических нишах.

Проведя анализ бактериофагов термофильного стрептококка, можно сделать несколько выводов. Группа cos является наиболее распространённой среди термофильных фагов, так как она встречается как в чистом виде, так и в ассоциациях с другими фагами, включая доминирующую группу 936. Остальные группы термофильного стрептококка – pac, 987 и 5093 – практически всегда обнаруживаются в составе сложных ассоциаций, что может свидетельствовать об их зависимости от взаимодействия с другими бактериофагами для успешной инфекции или выживания в экосистеме.

На основе анализа выделенных бактериофагов представлены данные о видовом разнообразии и встречаемости фагов в образцах ферментированных молочных продуктов.

На рисунках 4–7 представлены данные о видовом разнообразии и встречаемости бактериофагов в различных образцах кисломолочной продукции.

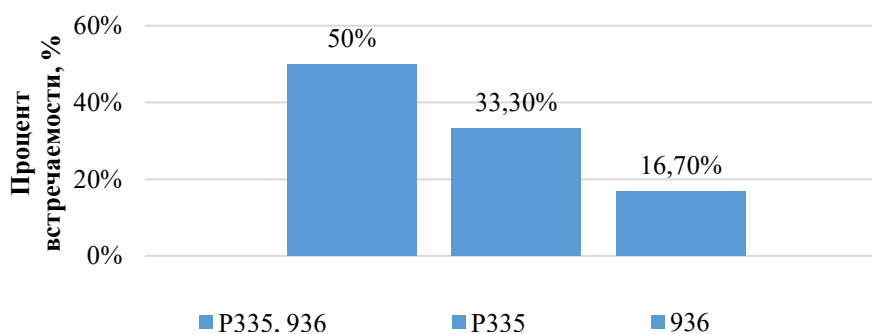


Рисунок 4 – Встречаемость бактериофагов различных групп в образцах сметаны

Источник данных: собственная разработка.

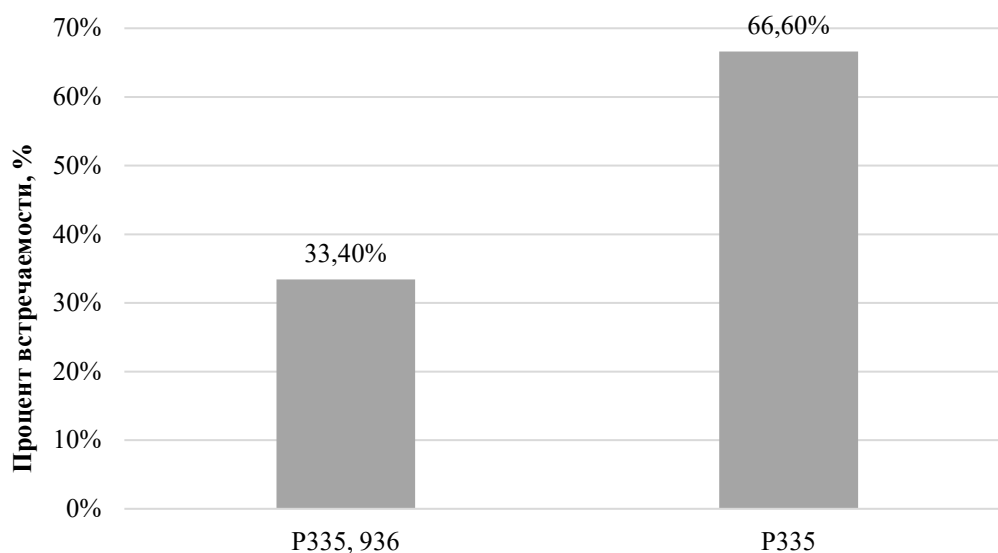


Рисунок 5 – Встречаемость бактериофагов различных групп в образцах кефира
Источник данных: собственная разработка.

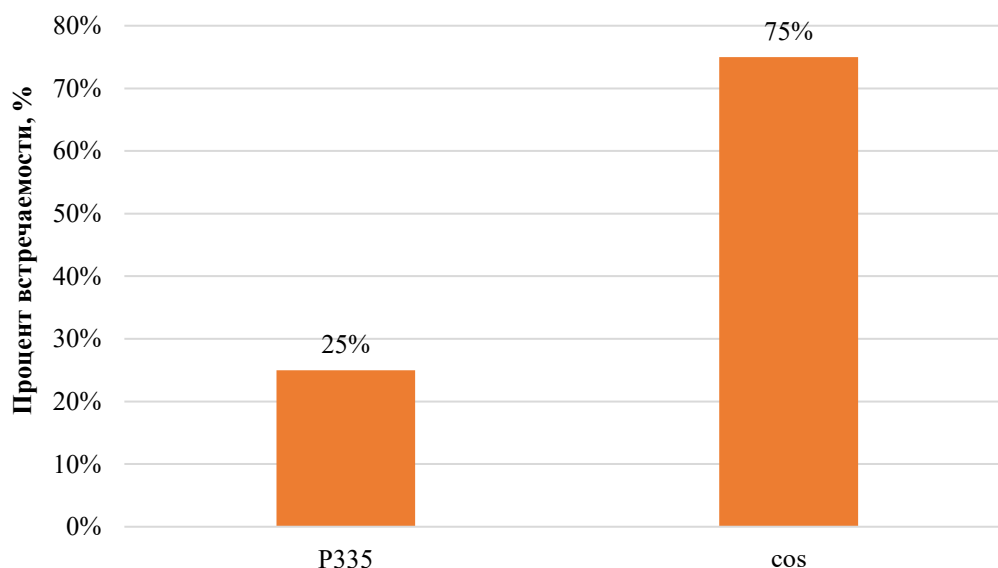


Рисунок 6 – Встречаемость бактериофагов различных групп в образцах йогурта и других кисломолочных продуктах, изготавливаемых с использованием термофильных микроорганизмов
Источник данных: собственная разработка.

В кисломолочной продукции наблюдается преобладание фагов группы P335, которые встречаются как в чистом виде, так и в комбинации с другими группами фагов.

Фаги группы 936 представлены в продуктах, при изготовлении которых используются в основном закваски мезофильных культур. Комбинации групп P335 и 936 указывают на возможное взаимодействие между фагами и способность адаптироваться к различным условиям ферментации.

Группа cos представлена сравнительно широко в образцах, отобранных при производстве продуктов, изготавливаемых с использованием заквасок термофильных культур, это подтверждает, что фаги группы cos хорошо адаптированы к высоким температурам.

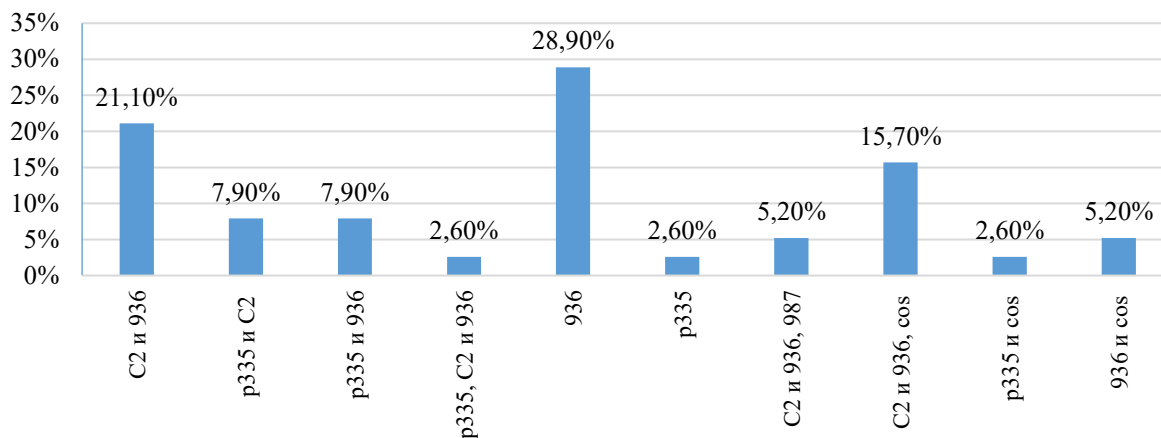


Рисунок 7 – Встречаемость бактериофагов различных групп в образцах творога
 Источник данных: собственная разработка.

В творогах доминируют фаги группы 936. Фаги группы C2 также активно представлены, но в большей степени в ассоциациях, особенно с группой 936. Фаги группы cos присутствуют в меньшей степени, в основном в сочетаниях, что указывает на их вторичную роль в процессе инфицирования. Установлено, что в твороге практически отсутствуют сложные ассоциации с термофильными группами, такими как рас и 5093. Вместе с тем, распространенность фаговых ассоциаций и их видовое разнообразие намного выше в данной группе молочных продуктов по сравнению с ранее рассмотренными группами.

Бактериофаги и фаговые ассоциации, обнаруживаемые в сырах, представлены на рисунке 8.

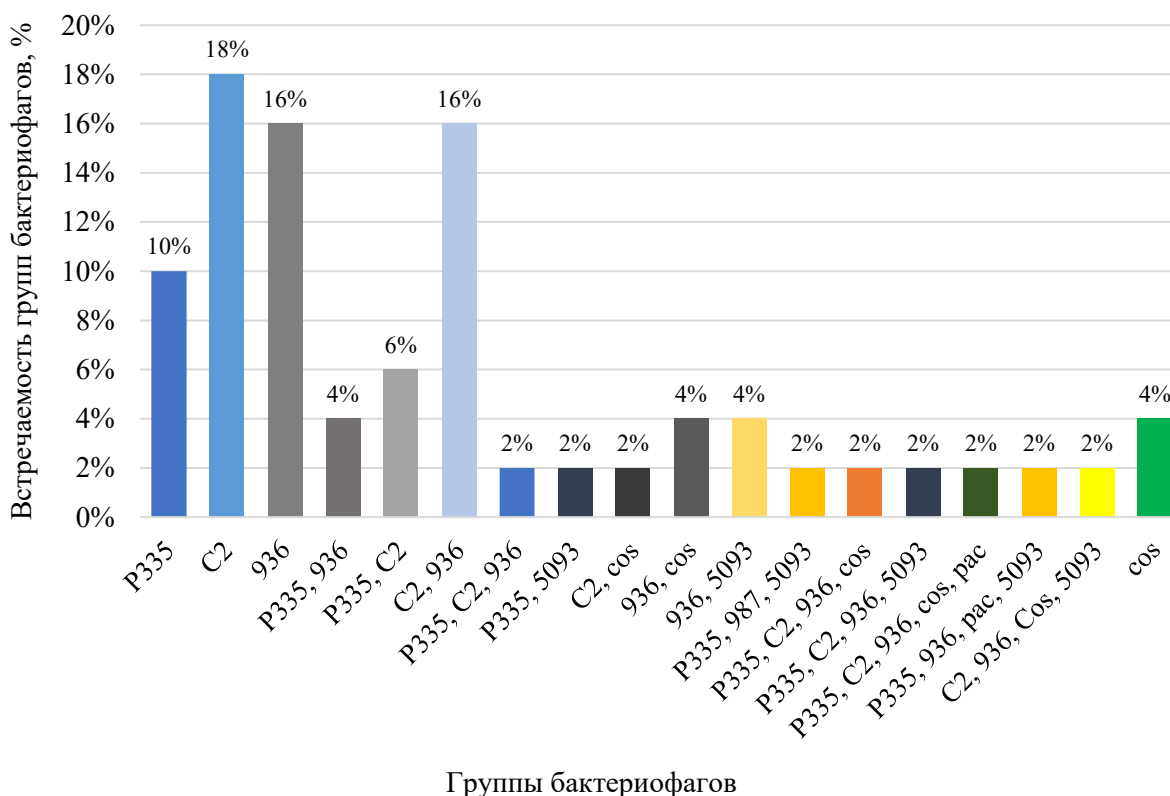


Рисунок 8 – Встречаемость бактериофагов различных групп в образцах сыра
 Источник данных: собственная разработка.

В сыре наиболее часто встречаются фаги группы С2, что является следствием широкого использования мезофильных культур в составе сырных заквасок. Группа 936 также встречается часто, причём её значимость проявляется и в сочетаниях с другими фагами, такими как С2 и Р335. Среди термофильных бактериофагов проявляет наибольшую активность группа cos. Более сложные ассоциации с термофильными фагами, например, 936, рас, 5093 или Р335, С2, 936, cos, рас, встречаются редко. Вместе с тем, это может свидетельствовать о широком разнообразии производимых на одном технологическом оборудовании видов сыров и заквасочных культур-хозяев, используемых для их изготовления, а также о специфике технологических режимов, используемых в сыроделии.

Выводы. В ходе выполнения работы исследованы 183 образца молочного сырья, промышленных сред, ферментированных молочных продуктов (сметаны, кисломолочных напитков, творога и творожных продуктов, сыров), отобранные на молокоперерабатывающих предприятиях Республики Беларусь. В 101 образце обнаружены фрагменты ДНК бактериофагов, из них в 73 образцах обнаружены фрагменты ДНК бактериофагов лактококков. В 23 образцах обнаружены фрагменты ДНК характерные как для лактофагов, так и для фагов термофильного стрептококка. В 5 образцах обнаружены фрагменты ДНК бактериофагов только термофильного стрептококка. В исследованных образцах молочной продукции и производственных сред: 36,1 % содержат лактофаги группы 936, 25,1 % содержат лактофаги группы С2, а 19,1 % образцов содержат лактофаги группы р335. Из 4 групп бактериофагов термофильного стрептококка наиболее часто встречается группа cos (в 7,65 % образцов), на втором месте группа 5093 (в 3,28 % образцов), бактериофаги групп рас и 987 выявлены только в 1,09 % и в 1,63 % образцов соответственно. Установлено, что в 60,5 % исследованных образцов присутствуют ассоциации фагов разных видов. Проведен анализ видового состава бактериофагов в разных группах ферментированных молочных продуктах. Установлено наличие фаговых ассоциаций, содержащих от 2 до 5 видов фагов молочнокислых бактерий в 68,5 % фагосодержащих образцов творога, 56 % фагосодержащих образцах сыров, 50 % фагосодержащих образцов сметаны и в 33,4 % фагосодержащих образцов кефира.

Список использованных источников

- | | |
|--|---|
| <p>1. Сорокина, Н. П. Активность заквасочной микрофлоры: причины снижения и способы повышения. Методы предотвращения поражения молочнокислых бактерий бактериофагами / Н. П. Сорокина, Г. Д. Перфильева // Молочная промышленность. – 2013. – № 11. – С. 32–35.</p> <p>2. Молекулярно-генетические свойства распространенных в Беларуси бактериофагов лактококков / А. П. Райский, Н. А. Белясова, А. Л. Лагоненко [и др.] // Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 2009. – № 1. – С. 70–73.</p> | <p>1. Sorokina, N. P. Aktivnost zakvasochnoj mikroflory: prichiny snizheniya i sposoby povysheniya. Metody predotvrasheniya porazheniya molochnokislykh bakterij bakteriofagami [Starter culture microflora activity: causes of decline and ways to increase it. Methods for preventing lactic acid bacteria from being damaged by bacteriophages] / N. P. Sorokina, G. D. Perfileva //Molochnaya promyshlennost. – 2013. – №11. – S. 32–35.</p> <p>2. Molekulyarno-geneticheskie svojstva rasprostranennyh v Belarusi bakteriofagov laktokokkov [Molecular genetic properties of lactococcal bacteriophages common in Belarus] / A. P. Rajsij, N. A. Belyasova, A. L. Lagonenko [i dr.] // Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. 2, Himiya. Biologiya. Geografiya. – 2009. – № 1. – S. 70–73.</p> |
|--|---|

3. Diversity of *Streptococcus thermophilus* Phages in a Large-Production Cheese Factory in Argentina / A. Quiberoni, D. Tremblay, H.-W. Ackermann [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2006. – Vol. 89, № 10. – P. 3791–3799.
4. Dairy lactococcal and streptococcal phage–host interactions: an industrial perspective in an evolving phage landscape / D. A. Romero, D. Magill, A. Millen [et al.] // *FEMS Microbiology Reviews*. – 2020. – Vol. 44, № 6. – P. 909–932.
5. Bacteriophage-host interactions as a platform to establish the role of phages in modulating the microbial composition of fermented foods / K. White, J. Yu, Giovanni Eraclio [et al.] // *Microbiome Res Rep*. -Vol. 1. – 2022.
6. Bacteriophage-host interactions in *Streptococcus thermophilus* and their impact on co-evolutionary processes / K. White, J. Yu, G. Eraclio [et al.] // *FEMS Microbiology Reviews*. – 2023. – Vol. 47, № 4. – P. fuad 032.
7. Dairy lactococcal and streptococcal phage-host interactions: an industrial perspective in an evolving phage landscape / D. A. Romero, D. Magill, A. Millen [et al.] // *FEMS Microbiology Reviews*. – 2020. – Vol. 44, № 6. – P. 909–932.

*О.С. Головач, Н.К. Жабанос, к.т.н., доцент, Н.Н. Фурик, к.т.н., доцент
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ВЫТЯЖНЫХ СЫРОВ, НА
ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ КИСЛОТООБРАЗОВАНИЯ
И ПРОТЕОЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР *STREPTOCOCCUS
SALIVARIUS* SUBSP. *THERMOPHILUS* ПРИ ФЕРМЕНТАЦИИ МОЛОКА**

*O. Golovach, N. Zhabanos, N. Furik
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

**STUDY OF THE EFFECT OF TEMPERATURE REGIMES USED IN THE
MANUFACTURE OF STRETCH-CURD CHEESES (PASTA FILATA)
ON THE DYNAMICS OF ACIDIFICATION ACTIVITY AND THE
PROTEOLYTIC ACTIVITY OF *STREPTOCOCCUS
SALIVARIUS* SUBSP. *THERMOPHILUS* CULTURES DURING MILK
FERMENTATION**

e-mail: GOS_82@tut.by, nzhabanos@tut.by, furik_nn@tut.by

*В статье приведены результаты исследований по изучению характера изменения активности кислотообразования шести культур *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* при температурах, используемых в технологиях изготовления вытяжных сыров. Для оценки перспективности использования штаммов в составе поливидовых замороженных концентрированных заквасок.*

*С помощью системы контроля ферментации iCinac (AMC, France) исследован характер изменения активности кислотообразования штаммов *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* 606 ST-A, 2083 ST-A, 2086 ST-A, 2756 ST-A, 2758 ST-A, 2107 ST-A) при развитии в обезжиренном молоке.*

*С использованием метода М. Е. Hull в модификации Залашко М.В. проведена оценка протеолитической активности штаммов при температурах, используемых при изготовлении вытяжных сыров. Установлено, характеристика протеолитическая активность (мг% тирозина и триптофана) является штаммоспецифичной для *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* и варьирует в зависимости от технологических параметров.*

Изученные штаммы при развитии в молоке, обладают различной интенсивностью кислотообразования и уровнем протеолитической активности.

Ключевые слова: термофильный стрептококк, консорциум, закваска, температурный режим, вытяжные сыры, кислотообразующая активность, протеолитическая активность.

*The article presents the results of studies on the dynamics of acidification activity of six *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* cultures at temperatures applied in stretch-curd (pasta filata) cheese-making technologies, in order to assess the prospects of their use as components of multistrain frozen concentrated starter cultures. Using the iCinac fermentation monitoring system (AMC, France), the acidification kinetics of *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* strains 606 ST-A, 2083 ST-A, 2086 ST-A, 2756 ST-A, 2758 ST-A, and 2107 ST-A during growth in skimmed milk were investigated. Proteolytic activity of the strains at temperatures employed in stretch-curd cheese (pasta filata) production was evaluated using the M. E. Hull method as modified by M. V. Zalashko. It was established that proteolytic activity, expressed as mg% of tyrosine and tryptophan, is strain-specific for *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* and varies depending on technological parameters. The studied strains exhibited different intensities of acid production and levels of proteolytic activity during milk fermentation.*

Keywords: thermophilic streptococcus, consortium, starter, temperature regime, stretch cheeses, acid-forming activity, proteolytic activity.

Введение. Создание технологии замороженных концентрированных заквасок для сыров базируется на результатах комплексных исследований культур микроорганизмов и создаваемых из них комбинаций. Устанавливаемые требования к характеристикам заквасок обуславливаются особенностями технологического процесса изготовления сыра. При изготовлении сыров закваска должна обеспечивать направленность и стабильность протекания технологического процесса, а также формировать приятные вкус и запах готового продукта [1].

Значительную долю на рынке сыров занимают сыры с чеддеризацией и плавлением сырной массы или, как их называют вытяжные сыры или сыры типа «Паста Филата». Популярность этих видов сыров возрастает по причине того, что технология их производства проще в сравнении с технологией других групп сыров, требования к качеству молока менее жесткие, а получаемые продукты отличаются хорошими органолептическими и стабильными качественными показателями [2].

Согласно межгосударственному стандарту, термин «чеддеризация» – «процесс глубокой деминерализации белка молока и (или) сырной массы под действием кислот, продуцируемых микрофлорой бактериальной закваски и (или) вносимых в молочную смесь» [3]. Сначала происходит сычужное свертывание, а затем из сычужного сгустка, который уже превратился в сырное зерно высвобождается кальций и уходит в сыворотку. В процессе чеддеризации сырной массы активно протекает молочнокислый процесс, в результате которого образуется молочная кислота, вызывающая деминерализацию параказеина с образованием лактатов и фосфатов кальция (переход параказеината кальция в монокальций казеинат), в результате чего сырная масса приобретает слоисто-волоконистую структуру, характерную для данной группы сыров.

Значительное влияние в нарастании кислотности сырного теста оказывает видовой состав молочнокислых микроорганизмов, используемых для изготовления закваски. Как правило, для вытяжных сыров используются моно и поливидовые заквасочные культуры следующего видового состава: *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* или *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* или *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus helveticus* или *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*, *Lactobacillus helveticus* [4, 5].

При подборе заквасочной микрофлоры для производства сыров значимым критерием для оценки свойств является способность культур молочнокислых микроорганизмов и их консорциумов развиваться в молочном сырье и осуществлять процессы метаболизма, поскольку ферментная активность микроорганизмов закваски оказывает существенное влияние на формирование органолептических характеристик сыра, биологической ценности и интенсификации процесса созревания сыра, а также его хранимоспособность.

Из литературных данных известно, в процессе чеддеризации сплавление сырных зерен происходит под действием кислой среды и давления, поскольку сырное тесто нарезают на бруски, периодически переворачивая или укладывают друг на друга в 2-3 слоя для создания повышенного давления и улучшения склеивания сырных зерен между собой. Вместе с тем, необходимо отметить, что создание давления без нарастания необходимой кислотности в сырной массе (значение рН выше 5,8 ед.) не позволит сформировать слоисто-волоконистую структуру сыра. Молочная кислота, образуемая в результате ферментации лактозы молочнокислыми микроорганизмами, вступает в соединение с параказеинаткальцийфосфатным комплексом, отщепляя от него мицеллярный кальций, который в свою очередь связан с казеином. Снижение количества мицеллярного кальция увеличивает соотношение растворимого кальция и кальция, связанного с казеином, увеличивает степень

гидратации казеина. Полный распад мицеллярной структуры и образование вторичной белковой сетки происходит в диапазоне значений активной кислотности от 5,8 до 5,0 ед. рН. В то время как из мицеллы в определенной последовательности выходят оставшиеся казеиновые фрагменты, которые образуют белковые пряди (новый каркас) за счет нескольких видов межмолекулярных связей (кальциевые, дисульфидные, водородные и т.д.). Новая структура белка сохраняет прочность до определенного уровня значений активной кислотности (5,0–4,9) ед. рН. При более низких значениях рН сырная масса приобретает «творожистую» консистенцию. В то время, как в сырной массе остается около 25 % Са (значение активной кислотности составляет (5,3–5,1) ед. рН) параказеин близок к изоэлектрическому состоянию, в результате чего формируется слоисто-волоконистая структура в сыре [6].

Таким образом, при изготовлении вытяжных сыров нарастание кислотности не должно быть слишком интенсивным в тот момент, когда сырная масса приобретает свойственную ей пластичность и текучесть, чтобы не придать сырному тесту чрезмерно выраженных кислотных свойств, приводящих к повышению клейкости. Чеддеризация в течение 2–3 часов считается оптимальной. Однако, итальянские специалисты предлагают учитывать не столько продолжительность чеддеризации от момента слива зерна из сыроизготовителя до начала плавления, сколько время от момента внесения заквасочных культур в молочную смесь до начала плавления (оно должно составлять, по их рекомендациям, около 4–5 часов) [6].

Идентификационным признаком вытяжных сыров является наличие слоисто-волоконистой консистенции сыра, которая должна сохраняться в течение всего периода хранения [7]. Однако, при установленных температурных режимах хранения протеолитические и микробиологические процессы в сыре не останавливаются, хотя снижается их активность, а, следовательно, изменение структуры этой группы сыров в процессе хранения является естественным процессом.

Сыры являются источником двух важных аминокислот – тирозина и триптофана, участвующих в различных функциях организма, включая синтез белков, нейромедиаторов и гормонов. Тирозин и триптофан являются ароматическими аминокислотами, образующимися в процессе ферментативного расщепления молочных белков на более мелкие пептиды и аминокислоты, определяющие органолептические характеристики, такие как вкус, аромат и текстура сыра и их содержание является важной характеристикой уровня протеолиза, следовательно, зрелости сыра [8]. Кроме того, протеолиз является важным фактором, оказывающим влияние на формирование и сохранность слоисто-волоконистой структуры вытяжных сыров, что может быть достигнуто снижением интенсивности протеолиза в процессе хранения.

Таким образом, с целью вовлечения новых штаммов *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* для их использования при изготовлении заквасок для вытяжных сыров в ассортименте возникает необходимость изучения и анализа характера изменения активности кислотообразования, протеолитической активности штаммов при развитии в молочном сырье при режимах, используемых в технологиях изготовления вытяжных сыров в ассортименте, а также способности штаммов образовывать полипептиды, оказывающие влияние на формирование «горечи» в сыре в процессах его созревания и хранения.

Цель настоящих исследований – изучение характера изменения активности кислотообразования, уровня протеолитической активности штаммов *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* при температурных режимах, используемых при изготовлении вытяжных сыров, а также оценка интенсивности выраженности горького вкуса культур при развитии в молоке с ферментным препаратом для их использования в составе замороженных концентрированных заквасок для вытяжных сыров в ассортименте.

Материалы и методы исследований. В работе использованы культуры *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* 606 ST-A, 2083 ST-A, 2086 ST-A, 2756 ST-A, 2758 ST-A, 2107 ST-A из Республиканской коллекции промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов.

В исследованиях использованы питательные среды и реактивы:

– для культивирования и хранения культур *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* использовали стерильную среду ВОМ-10. В (900±10) см³ подогретой до (47±2)°С воды растворяют (100±1) г сухого обезжиренного молока, выдерживают в течение (35±5) мин при периодическом перемешивании, разливают в пробирки и стерилизуют при (121±1)°С в течение (12±2) мин.

– для исследования процесса ферментации в качестве молочного сырья использовалось 10 %-ное восстановленное обезжиренное молоко, пастеризованное при температуре (100±1)°С с выдержкой 30 мин и охлажденное до температуры культивирования. При проведении эксперимента использовалась лабораторная закваска с дозой внесения 5 %.

– для определения протеолитической активности и способности культур образовывать пептиды, обладающие горьким вкусом, использовали стерильную среду ВОМ-10. В (900±10) см³ подогретой до (47±2)°С воды растворяют (100±1) г сухого обезжиренного молока, выдерживают в течение (35±5) мин при периодическом перемешивании, разливают в колбу или флягу и стерилизуют при (121±1)°С в течение (20±2) мин.

– раствор тирозина и триптофана. В 500 мл стерильной дистиллированной воды добавляли 80 мг тирозина и 20 мг триптофана, перемешивали в течение 30 мин при нагревании до 50°С;

– реактив Фолина-Циокальто использовали коммерческий раствор производства «Реахим» (Россия), который разбавляли дистиллированной водой в соотношении 1:6 непосредственно перед проведением экспериментов;

– раствор 10 % трихлоруксусной кислоты готовили следующим образом. 50,0 г трихлоруксусной кислоты вносили в мерную колбу вместимостью 500 мл, доводили объем дистиллированной водой до метки и фильтровали;

– 1М раствор карбоната натрия. 106 г безводной соли растворяют в 1000 мл воды. Стерилизуют автоклавированием в течение 30 мин при температуре 121°С.

– препарат ферментный молокосвертывающий животного происхождения ASTRO Liquid (Италия), разрешенный к применению в установленном порядке.

В ходе проведения работ использовались стандартизированные и общепринятые методы исследований.

Для определения протеолитической активности (далее – ПА) использовали метод М.Е. Hull в модификации Залашко М.В. и соавторов [7]. Бактерии выращивали в течении 16 ч в среде 10 %-ного восстановленного обезжиренного молока, после чего 0,1 мл выросшей культуры вносили в 100 мл стерильного восстановленного обезжиренного молока и термостатировали при температурах: (32±1)°С, (37±1)°С, (40±1)°С, (43±1)°С в течении 7 суток. ПА оценивали через 48 и 168 часов культивирования следующим образом: сквашенное молоко тщательно перемешивали и 3 мл вносили в пробирку, содержащую 2 мл дистиллированной воды и 10 мл 10 %-ной трихлоруксусной кислоты. Смесь тщательно ресуспендировали, выдерживали 10 мин. при комнатной температуре, после чего фильтровали через двойной бумажный фильтр. 5 мл фильтрата переносили в колбу, содержащую 38 мл дистиллированной воды и 5 мл 1М Na₂CO₃, после чего добавляли 2 мл фенольного реактива Фолина-Циокальто, разбавленного дистиллированной водой в соотношении 1:6, тщательно перемешивали и выдерживали 5 мин., в результате чего раствор принимал голубую окраску, интенсивность которой определяли

спектрофотометрически при 650 нм. Протеолитическую активность определяли в мг % в пересчете на содержание тирозина и триптофана.

Изучение характера изменения активной кислотности при ферментации молочного сырья (пастеризованное восстановленное обезжиренное молоко) культурами использовалась система контроля ферментации iCinac, (АМС France) при температурах: $(32\pm 1)^\circ\text{C}$, $(37\pm 1)^\circ\text{C}$, $(40\pm 1)^\circ\text{C}$, $(43\pm 1)^\circ\text{C}$, применяемых в технологических процессах изготовления вытяжных сыров [4, 5].

Определение способности штаммов *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* образовывать пептиды, обладающие «горьким» вкусом, определяли по степени выраженности горечи на стерильной среде ВОР-10 (10%-ное восстановленное обезжиренное молоко) с молокосвертывающим препаратом, который вносили в соответствии с регламентом изготовителя. Интенсивность выраженности горького вкуса в образовавшемся сгустке оценивается в баллах по 4-х балльной системе группой экспертов, состоящей из 15 человек.

Результаты и их обсуждение. В технологии изготовления вытяжных сыров оптимальная продолжительность этапа от момента внесения заквасочных культур в молочную смесь до начала плавления сырного теста составляет не более 4–5 часов. Критерием окончания процесса чеддеризации, проводимой с использованием молочнокислых микроорганизмов закваски, является достижение значения активной кислотности (рН) в сырном тесте 5,1–5,2 ед. рН для наилучшего его плавления и растяжения. Кроме того, готовность сырной массы к термомеханической обработке определяется «пробой на плавление», при которой образец сырного теста погружается в горячую воду температурой $65\text{--}85^\circ\text{C}$, и оценивается эластичность сырного теста.

В ходе исследований с помощью системы контроля ферментации iCinac (АМС, France) исследован характер изменения активности кислотообразования штаммами *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* 606 ST-A, 2083 ST-A, 2086 ST-A, 2756 ST-A, 2758 ST-A, 2107 ST-A при развитии в молоке при температурах: $(32\pm 1)^\circ\text{C}$, $(37\pm 1)^\circ\text{C}$, $(40\pm 1)^\circ\text{C}$, $(43\pm 1)^\circ\text{C}$. Полученные данные представлены на рисунках 1–6.

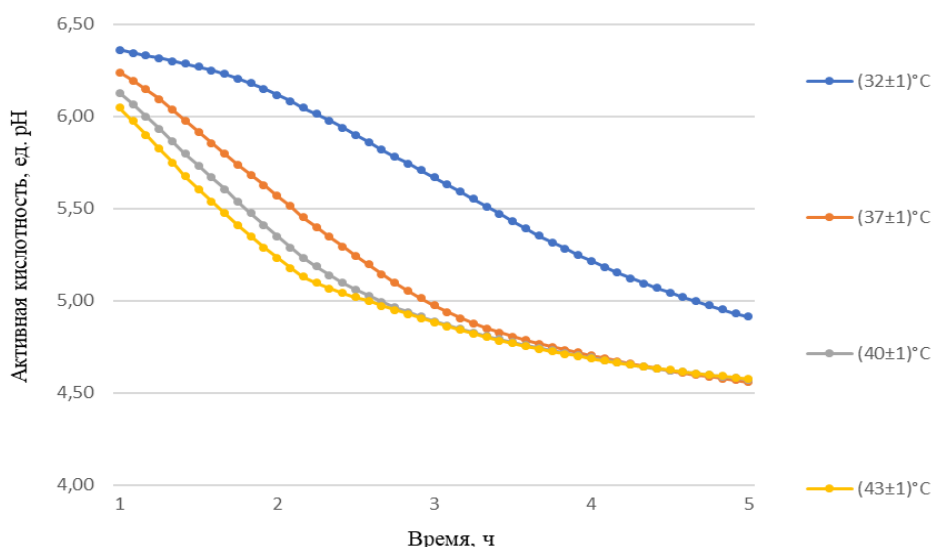


Рисунок 1– Изменение активной кислотности при ферментации молочного сырья культурой 606 ST-A при различных температурах

Источник данных: собственная разработка.

Анализируя данные, показанные на рисунке 1, установлено, что при ферментации молочного сырья штаммом 606 ST-A значения активной кислотности составляли: 5,21 ед. рН через 4 часа и 4,91 ед. рН через 5 часов ферментации при температуре $(32\pm 1)^\circ\text{C}$, 4,70 ед. рН через 4 часа и 4,56 ед. рН через 5 часов при температуре $(37\pm 1)^\circ\text{C}$, 4,69 ед. рН через 4 часа и 4,57 ед. рН через 5 часов при

температуре $(40\pm 1)^\circ\text{C}$, 4,69 ед. рН через 4 часа и 4,57 ед. рН через 5 часов при температуре $(43\pm 1)^\circ\text{C}$.

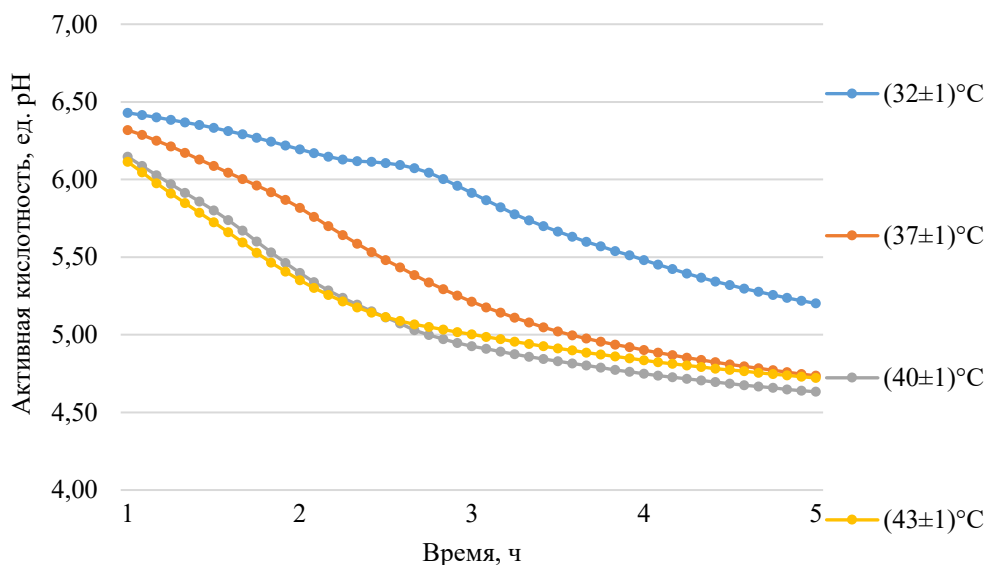


Рисунок 2 – Изменение активной кислотности при ферментации молочного сыря культурой 2083 ST-A при различных температурах
Источник данных: собственная разработка.

Анализируя рисунок 2, установлено, что при ферментации молочного сыря штаммом 2083 ST-A значения активной кислотности составляли: 5,48 ед. рН через 4 часа и 5,20 ед. рН через 5 часов ферментации при температуре $(32\pm 1)^\circ\text{C}$, 4,90 ед. рН через 4 часа и 4,74 ед. рН через 5 часов при температуре $(37\pm 1)^\circ\text{C}$, 4,75 ед. рН через 4 часа и 4,63 ед. рН через 5 часов при температуре $(40\pm 1)^\circ\text{C}$, 4,84 ед. рН через 4 часа и 4,72 ед. рН через 5 часов при температуре $(43\pm 1)^\circ\text{C}$.

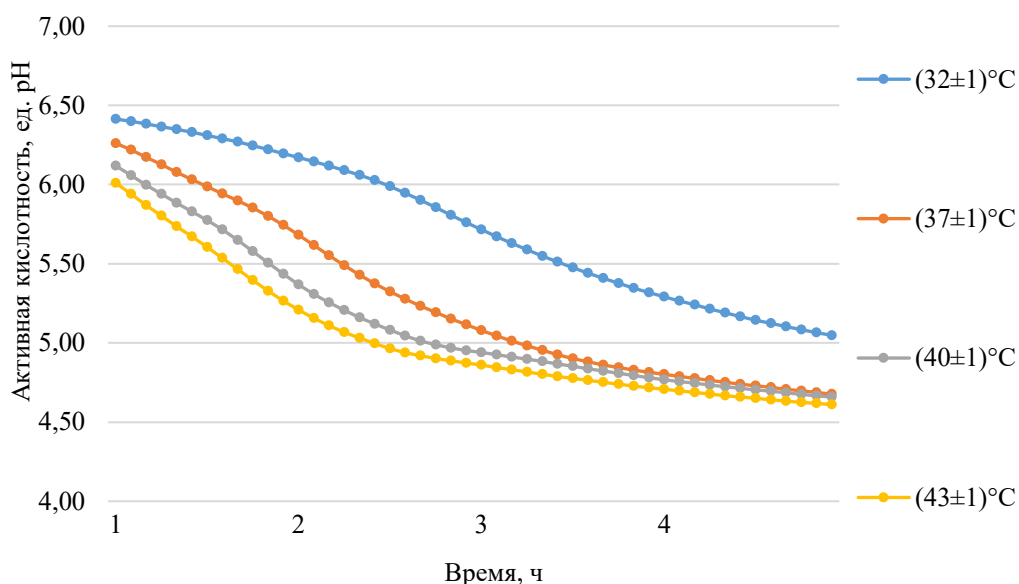


Рисунок 3 – Изменение активной кислотности при ферментации молочного сыря культурой 2086 ST-A при различных температурах
Источник данных: собственная разработка.

Анализируя рисунок 3, установлено, что при ферментации молочного сыря штаммом 2086 ST-A значения активной кислотности составляли: 5,32 ед. рН через 4 часа и 5,05 ед. рН через 5 часов ферментации при температуре $(32\pm 1)^\circ\text{C}$, 4,81 ед. рН через 4 часа и 4,68 ед. рН через 5 часов при температуре $(37\pm 1)^\circ\text{C}$, 4,78 ед. рН через 4 часа и 4,66 ед. рН через 5 часов при температуре $(40\pm 1)^\circ\text{C}$, 4,72 ед. рН через 4 часа и 4,61 ед. рН через 5 часов при температуре $(43\pm 1)^\circ\text{C}$.

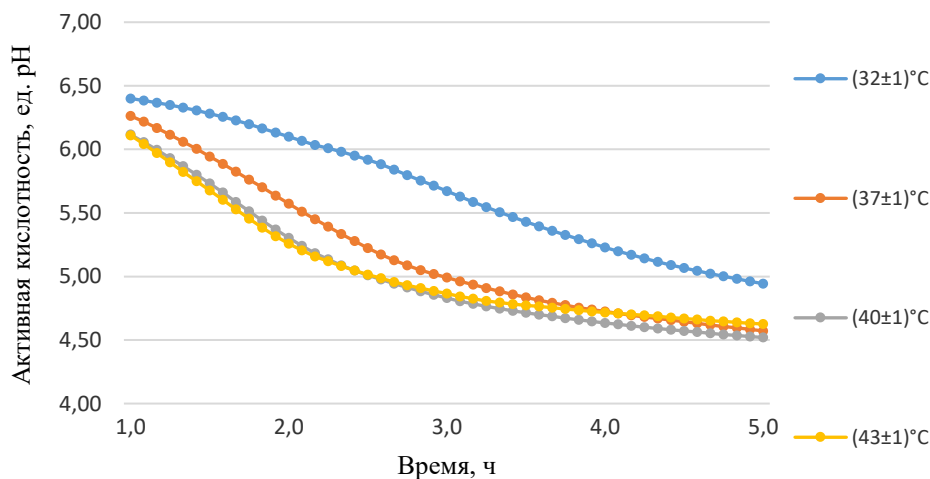


Рисунок 4 – Изменение активной кислотности при ферментации молочного сыря культурой 2756 ST-A при различных температурах
Источник данных: собственная разработка.

Анализируя рисунок 4, установлено, что при ферментации молочного сыря штаммом 2086 ST-A значения активной кислотности составляли: 5,23 ед. рН через 4 часа и 4,94 ед. рН через 5 часов ферментации при температуре $(32\pm 1)^\circ\text{C}$, 4,72 ед. рН через 4 часа и 4,57 ед. рН через 5 часов при температуре $(37\pm 1)^\circ\text{C}$, 4,63 ед. рН через 4 часа и 4,52 ед. рН через 5 часов при температуре $(40\pm 1)^\circ\text{C}$, 4,72 ед. рН через 4 часа и 4,63 ед. рН через 5 часов при температуре $(43\pm 1)^\circ\text{C}$.

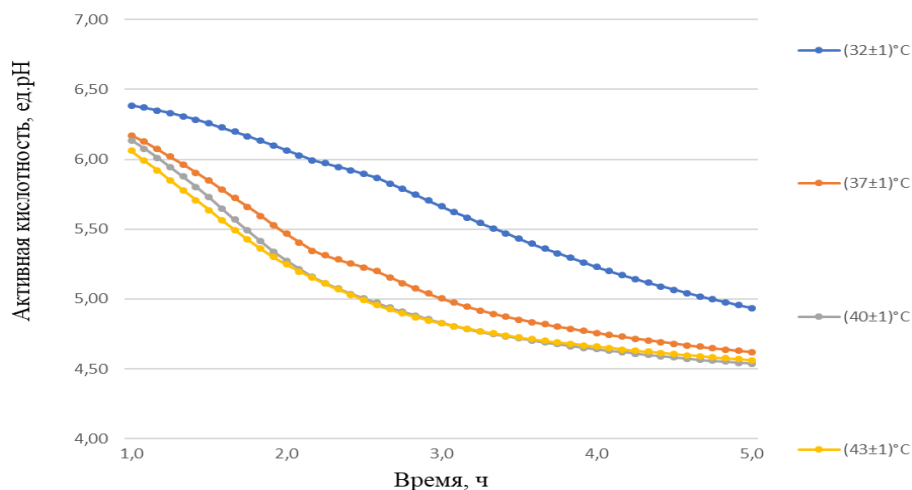


Рисунок 5 – Изменение активной кислотности при ферментации молочного сыря культурой 2758 ST-A при различных температурах
Источник данных: собственная разработка.

Анализируя рисунок 5, установлено, что при ферментации молочного сыря штаммом 2758 ST-A значения активной кислотности составляли: 5,23 ед. рН через 4 часа и 4,94 ед. рН через 5 часов ферментации при температуре $(32\pm 1)^\circ\text{C}$, 4,76 ед. рН

через 4 часа и 4,62 ед. рН через 5 часов при температуре $(37\pm 1)^\circ\text{C}$, 4,64 ед. рН через 4 часа и 4,54 ед. рН через 5 часов при температуре $(40\pm 1)^\circ\text{C}$, 4,66 ед. рН через 4 часа и 4,56 ед. рН через 5 часов при температуре $(43\pm 1)^\circ\text{C}$.

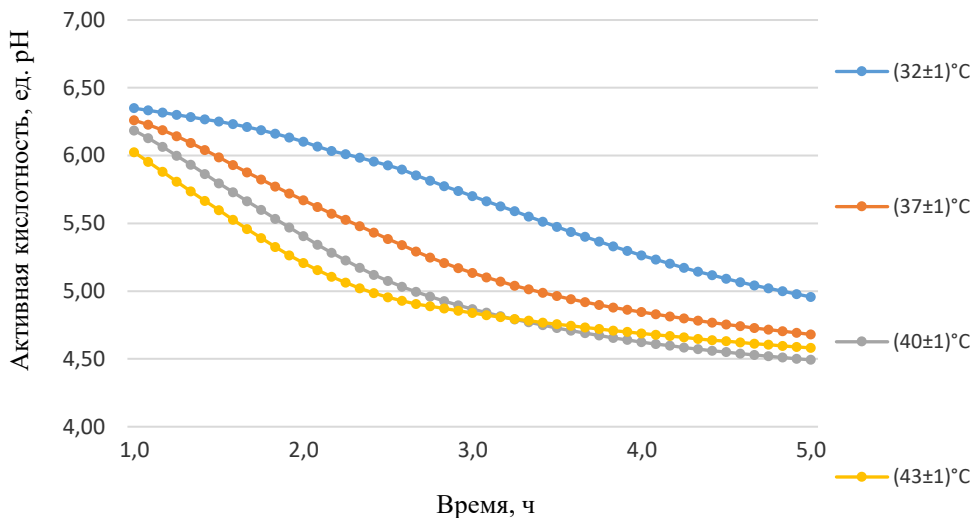


Рисунок 6 – Изменение активной кислотности при ферментации молочного сырья культурой 2107 ST-A при различных температурах
Источник данных: собственная разработка.

Анализируя рисунок 6, установлено, что при ферментации молочного сырья штаммом 2107 ST-A значения активной кислотности составляли: 5,26 ед. рН через 4 часа и 4,96 ед. рН через 5 часов ферментации при температуре $(32\pm 1)^\circ\text{C}$, 4,84 ед. рН через 4 часа и 4,68 ед. рН через 5 часов при температуре $(37\pm 1)^\circ\text{C}$, 4,62 ед. рН через 4 часа и 4,49 ед. рН через 5 часов при температуре $(40\pm 1)^\circ\text{C}$, 4,69 ед. рН через 4 часа и 4,58 ед. рН через 5 часов при температуре $(43\pm 1)^\circ\text{C}$.

Таким образом, требуемое значение активной кислотности (5,1–5,2 ед. рН.), обусловленное окончанием процесса чеддеризации и готовностью сырной массы к плавлению и термомеханической обработке, достигается штаммами при ферментации молока: через 3,9–5,6 часа при температуре $(32\pm 1)^\circ\text{C}$, через 2,4–3,3 часа при температуре $(37\pm 1)^\circ\text{C}$, через 2,0–2,5 часа при температуре $(40\pm 1)^\circ\text{C}$, через 1,9–2,4 часа при температуре $(43\pm 1)^\circ\text{C}$ исследуемыми культурами.

Определены культуры *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, обладающие схожим характером активности кислотообразования при различных температурах:

- при температуре $(32\pm 1)^\circ\text{C}$: 606 ST-A, 2756 ST-A, 2758 ST-A, 2107 ST-A;
- при температуре $(37\pm 1)^\circ\text{C}$: 606 ST-A, 2756 ST-A, 2758 ST-A; 2086 ST-A, 2107 ST-A;
- при температуре $(40\pm 1)^\circ\text{C}$: 2756 ST-A, 2758 ST-A; 606 ST-A, 2107 ST-A; 2083 ST-A, 2086 ST-A;
- при температуре $(43\pm 1)^\circ\text{C}$: 606 ST-A, 2086 ST-A, 2756 ST-A, 2758 ST-A.

На основании анализа полученных данных установлены штаммоспецифические особенности активности кислотообразования изучаемых культур *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* при развитии в молоке при температурах, используемых при изготовлении вытяжных сыров. При этом отмечено влияние различных температур на активность кислотообразования штаммов шести культур *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*. Определены культуры *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, обладающие различной интенсивностью кислотообразования, что позволит в дальнейшем сформировать консорциумы молочнокислых

микроорганизмов с учетом технологических особенностей изготовления вытяжного сыра в ассортименте.

Значимой характеристикой молочнокислых микроорганизмов, используемых для изготовления закваски для вытяжных сыров, является их протеолитическая активность. Протеолитическая активность ферментов молочнокислых микроорганизмов закваски в процессе гидролиза белков молока оказывает влияние на органолептические характеристики сыра, в том числе формирование пороков вкуса, таких как «горечь» и консистенции – потеря слоисто-волокнутой структуры сыра в процессе его хранения.

Исследована протеолитическая активность (ПА) шести культур *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* (606 ST-A, 2083 ST-A, 2086 ST-A, 2107 ST-A, 2756 ST-A, 2758 ST-A). Характеристики протеолитической активности штаммов получены с использованием метода М.Е. Hull в модификации Залашко М.В. [9] на вторые и седьмые сутки при развитии в стерильном молоке при температурах, используемых при изготовлении вытяжных сыров: $(32\pm 1)^\circ\text{C}$, $(37\pm 1)^\circ\text{C}$, $(40\pm 1)^\circ\text{C}$, $(43\pm 1)^\circ\text{C}$. Полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Протеолитическая активность штаммов *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* при развитии в среде ВОМ-10 при различных температурах

Паспортный номер	Протеолитическая активность мг% (тир+тпр)							
	$(32\pm 1)^\circ\text{C}$		$(37\pm 1)^\circ\text{C}$		$(40\pm 1)^\circ\text{C}$		$(43\pm 1)^\circ\text{C}$	
	48 ч	168 ч	48 ч	168 ч	48 ч	168 ч	48 ч	168 ч
606 ST-A	23,3 $\pm 0,8$	9,2 $\pm 0,02$	27,8 $\pm 0,9$	9,4 $\pm 0,03$	23,8 $\pm 0,5$	22,4 $\pm 0,6$	25,3 $\pm 0,7$	19,1 $\pm 0,5$
2083 ST-A	22,8 $\pm 0,9$	8,6 $\pm 0,02$	22,0 $\pm 0,3$	10,3 $\pm 0,06$	28,1 $\pm 0,9$	21,6 $\pm 0,6$	23,7 $\pm 0,5$	14,5 $\pm 0,1$
2086 ST-A	36,9 $\pm 1,0$	8,9 $\pm 0,02$	22,9 $\pm 0,3$	9,5 $\pm 0,05$	27,2 $\pm 0,7$	21,7 $\pm 0,6$	17,8 $\pm 0,4$	11,9 $\pm 0,2$
2107 ST-A	10,2 $\pm 0,05$	6,0 $\pm 0,01$	10,0 $\pm 0,03$	9,9 $\pm 0,08$	10,1 $\pm 0,1$	17,4 $\pm 0,3$	10,6 $\pm 0,1$	14,3 $\pm 0,1$
2756 ST-A	10,0 $\pm 0,03$	11,6 $\pm 0,1$	10,8 $\pm 0,1$	11,4 $\pm 0,09$	13,0 $\pm 0,3$	15,3 $\pm 0,2$	11,9 $\pm 0,2$	9,6 $\pm 0,01$
2758 ST-A	10,6 $\pm 0,07$	8,8 $\pm 0,02$	9,4 $\pm 0,07$	7,6 $\pm 0,02$	10,0 $\pm 0,1$	12,0 $\pm 0,1$	9,7 $\pm 0,1$	9,0 $\pm 0,1$

Источник данных: собственная разработка.

В результате исследований установлено, что при ферментации молока при различных температурных режимах (температура, продолжительность) определяется различный уровень протеолитической активности штаммов *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*. Наибольшая ПА (концентрация тирозина и триптофана, в мг%) отмечена у штаммов 606 ST-A, 2083 ST-A, 2086 ST-A через 48 часов ферментации при всех исследуемых температурах, которая варьировала в диапазоне: от 22,8 до 36,9 мг% при $(32\pm 1)^\circ\text{C}$, от 22,0 до 27,8 мг% при $(37\pm 1)^\circ\text{C}$, от 23,8 до 28,1 мг% при $(40\pm 1)^\circ\text{C}$, от 17,8 до 25,3 мг% при $(43\pm 1)^\circ\text{C}$. Определены температуры культивирования штаммов (606 ST-A, 2083 ST-A, 2086 ST-A), при которых наблюдается наибольший уровень ПА: $(37\pm 1)^\circ\text{C}$ для штамма 606 ST-A (27,8 мг%), $(40\pm 1)^\circ\text{C}$ для 2083 ST-A (28,1 мг%), $(32\pm 1)^\circ\text{C}$ для 2086 ST-A (36,9 мг%).

Через 7 суток культивирования данных штаммов наблюдается снижение уровня ПА при всех исследуемых температурах ферментации. Вместе с тем следует отметить, что при температурах $(32\pm 1)^\circ\text{C}$ и $(37\pm 1)^\circ\text{C}$ отмечена наименьшая концентрация тирозина и триптофана: от 8,6 до 9,2 мг% при $(32\pm 1)^\circ\text{C}$ и от 9,4 до 10,3 мг% при $(37\pm 1)^\circ\text{C}$. В тоже время, при температуре ферментации $(40\pm 1)^\circ\text{C}$ установлен наибольший уровень ПА – от 21,6 до 22,4 мг%. При $(43\pm 1)^\circ\text{C}$ концентрация тирозина

и триптофана снижается и варьирует в диапазоне от 11,9 мг% (2086 ST-A) до 19,1 мг% (606 ST-A).

Таким образом, при ферментации молока штаммами 606 ST-A, 2083 ST-A, 2086 ST-A наблюдается снижение уровня протеолитической активности через 7 суток, что может свидетельствовать о способности микроорганизмов больше потреблять, чем образовывать свободные аминокислоты, вследствие высокого пула необходимых пептидов и аминокислот в среде (азотная катаболитная репрессия) [10].

В ходе проведения исследований отмечено, что штаммы 2107 ST-A, 2756 ST-A, 2758 ST-A, обладают средним уровнем ПА (концентрация тирозина и триптофана, в мг %) через 48 и 168 часов ферментации:

– от 10,0 до 10,6 мг% при $(32\pm 1)^\circ\text{C}$, от 9,4 до 10,8 мг% при $(37\pm 1)^\circ\text{C}$, от 10,0 до 13,0 мг% при $(40\pm 1)^\circ\text{C}$, от 9,7 до 11,9 мг% при $(43\pm 1)^\circ\text{C}$ через двое суток и от 6,0 до 11,6 мг% при $(32\pm 1)^\circ\text{C}$, от 7,6 до 11,4 мг% при $(37\pm 1)^\circ\text{C}$, от 12,0 до 17,4 мг% при $(40\pm 1)^\circ\text{C}$, от 9,0 до 14,3 мг% при $(43\pm 1)^\circ\text{C}$ через семь суток ферментации.

Вместе с тем, влияние температуры на уровень ПА штаммов 2107 ST-A, 2756 ST-A, 2758 ST-A через двое суток ферментации не установлено, поскольку концентрация тирозина и триптофана практически не изменялась или изменялась незначительно.

Полученные данные протеолитической активности штаммов (тирозина и триптофана, в мг%) при развитии в молоке при температурах, используемых при изготовлении вытяжных сыров: $(32\pm 1)^\circ\text{C}$, $(37\pm 1)^\circ\text{C}$, $(40\pm 1)^\circ\text{C}$, $(43\pm 1)^\circ\text{C}$, позволят в дальнейшем формировать консорциумы молочнокислых микроорганизмов с учетом целевого направления использования. Кроме того, полученные данные в дальнейшем будут оцениваться в рамках консорциума.

Проведена оценка способности шести культур термофильного стрептококка образовывать пептиды, обладающие горьким вкусом при ферментации стерильного восстановленного обезжиренного молока с ферментным препаратом животного происхождения Astro Liquid в дозировке, регламентируемой производителем. Данные оценки интенсивности выраженности горького вкуса по 4-х балльной системе приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Оценка интенсивности выраженности горького вкуса штаммов *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* при развитии в стерильной среде ВОМ-10

№	Штамм	Средняя балльная оценка степени выраженности горечи (СОГ)
1	606 ST-A	1,33
2	2083 ST-A	0
6	2086 ST-A	0
4	2107 ST-A	0
5	2756 ST-A	1,00
6	2758 ST-A	0
7	Контроль	0,87

Источник данных: собственная разработка.

Как видно из таблицы 2, представленные образцы получили средние балльные оценки степени выраженности горечи (СОГ) от 0 до 1,33 балла. Образец №7 (контроль) получил оценку в баллах степени выраженности горечи (СОГ) - 0,87 балла. Образцы №2, №3, №4 и №6 получили оценку от 0 баллов, что свидетельствует о способности исследуемых штаммов снижать степень выраженности горечи, поскольку эти значения не превышают значения в контрольном образце. Образец №5 получил оценку 1,00 балл, что относительно контроля является незначительным повышением степени

горечи (на 0,13 балла) и является показателем отсутствия «горечи». Образец №1 (штамм 606 ST-A) получил оценку 1,33 балла, что относительно контроля также незначительное повышение степени горечи (на 0,46 балла), что является показателем «слабовыраженной горечи», и данные штаммы могут использоваться в составе консорциумов для изготовления закваски для сыров.

Выводы. С целью вовлечения новых штаммов *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* для их использования при изготовлении заквасок для вытяжных сыров установлен характер изменения активности кислотообразования и протеолитической активности (тирозин и триптофан, мг%) штаммов при температурах, используемых при изготовлении вытяжных сыров в ассортименте - $(32\pm 1)^\circ\text{C}$, $(37\pm 1)^\circ\text{C}$, $(40\pm 1)^\circ\text{C}$ и $(43\pm 1)^\circ\text{C}$.

При означенных условиях культивирования характеристики кислотообразующей активности штаммов и протеолитической активности (концентрация тирозина и триптофана, в мг %) являются штаммоспецифичными и варьируют в зависимости от параметров (температура и продолжительность) ферментации.

Установлено, что 78 % штаммов *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* не продуцируют горькие пептиды при ферментации молочного сырья. При этом отмечена способность к формированию «слабовыраженного» горького вкуса у штаммов 606 ST-A (1,33 балла) и 2756 ST-A (1,00 балла), что в сравнении с контролем (стерильное восстановленное обезжиренное молоко с ферментным препаратом ASTRO Liquid) является незначительным (контроль – 0,83 балла), поэтому все изученные культуры могут использоваться в составе консорциумов для изготовления закваски для сыров.

Таким образом, полученные результаты исследований о характере изменения активности кислотообразования и протеолитической активности шести штаммов *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* позволят в дальнейшем разработать критерии отбора штаммов для заквасочных культур для вытяжных сыров в ассортименте.

Список использованной литературы

1. Головач, О. С. Закваски замороженные концентрированные поливидовые термофильных микроорганизмов для сыров типа сулугуни: определение технологических параметров применения / О. С. Головач, М. А. Бабицкая, Н. К. Жабанос, Н. Н. Фурик // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья: сб. науч. тр. / РУП «Институт мясо-молочной промышленности»; редкол.: А. В. Мелешеня (гл.ред.) [и др.]. – Мн., 2019. – Вып. 13. – С. 24–31.
1. Golovach, O. S. Zakvaski zamorozhennyye koncentrirovannyye polividovyye termofilnyh mikroorganizmov dlya syrov tipa suluguni: opredelenie tehnologicheskikh parametrov primeneniya [Frozen concentrated polyspecies thermophilic microorganism starters for suluguni-type cheeses: determination of technological application parameters] / O. S. Golovach, M. A. Babickaya, N. K. Zhabanos, N. N. Furik // Aktualnye voprosy pererabotki myasnogo i molochnogo syrya: sb. nauch. tr. / RUP «Institut myaso-molochnoj promyshlennosti»; redkol.: A. V. Meleshnya (gl.red.) [i dr.]. – Minsk, 2019. – Vyp. 13. – S. 24–31.
2. Сыры с чеддеризацией сырной массы // Пропионикс. – URL: <https://propionix.ru/syry-s-chedderizaciej-syrnoj-massy> (дата обращения 01.07.2025 г).
2. Syry s chedderizaciej syrnoj massy [Cheeses with cheddarized cheese mass] // ООО «Propioniks». – URL: <https://propionix.ru/syry-s-chedderizaciej-syrnoj-massy> (data obrasheniya 01.07.2025 g).
3. Сыры с чеддеризацией и термомеханической обработкой сырной массы. Технические условия = Сыры з чеддеризацияй і термомеханічнай апрацоўкай сырнай масы. Тэхнічныя ўмовы : ГОСТ 34356-2017 ; введ. 01.09.2018. – М. : Стандартиформ, 2018. – I, 23 с.
3. Syry s chedderizaciej i termomechanicheskoy obrabotkoy syrnoj massy. Tehnicheskie usloviya [Cheeses with cheddarization and thermomechanical processing of the curd. Specifications] = Syry z chedderizacyujaj i termamehanichnaj apracoŭkaj syrnoj masy. Tehnichnyya ŭmovy : GOST 34356-2017 ; vved. 01.09.2018. – M. : Standartinform, 2018. – I, 23 s.

4. Бабкина, Н. Г. Технологические аспекты производства сыра Моцарелла / Н. Г. Бабкина // Переработка молока. – 2024. – № 5. – С. 36–37.
5. Спецификация Hansen TCC-20 : [утв. и введ. 03.06.2018]. – Копенгаген : Chr. Hansen Holding A/S, 2018. – URL: <https://moskva.syromaniya.ru/upload/iblock/3ca/jhdn36zqep1z7s4qj4pc48g6g2v1zhzy/Спецификация%20Hansen%20TCC-20.pdf> (дата обращения 01.07.2025).
- 6/ Кашина, Е. Д. Чеддеризация сырной массы: основные параметры и физико-химические процессы / Е. Д. Кашина // Сыроделие и маслоделие. – 2016. – № 3. – С. 22–23.
7. Мягконосов, Д. С. Влияние вида и дозы молокосвертывающего ферментного препарата на изменение консистенции сыров с чеддеризацией и термомеханической обработкой сырной массы / Д. С. Мягконосов, С. А. Делицкая, А. Н. Белов // Производство сыра, масла и другой молочной продукции в современных условиях. Проблемы и пути решения : сб. материалов Междунар. молоч. недели, г. Углич, 20–22 июня 2023 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т маслоделия и сыроделия – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН ; редкол.: О. В. Лепилкина (ред.) [и др.]. – Углич, 2023. – С. 60–64.
8. Ращупкина, П. Сыр как антидепрессант. Как без мемов и аптек победить осеннюю хандру? / П. Ращупкина // Онлайн-журнал Poruski.me. – URL: <https://poruski.me/2023/10/26/05-syr-antidepressant/>. – Дата публ.: 26.10.2023 (дата обращения 01.07.2025 г).
9. Лысак, В. В. Микробиология : учеб. пособие / В. В. Лысак. – Мн. : Бел. гос. ун-т, 2007. – 430 с.
10. Двоеженова, Е. А. Протеолитическая активность перспективных молочнокислых бактерий для изготовления низкожирных сыров / Е. А. Двоеженова, Н. К. Жабанос, Н. Н. Фурик // Техника и технология пищевых производств : материалы XV Юбилейной Международной науч.-техн. конф., 19-20 апреля 2023 г., г. Могилев : в 2 т. / Бел. гос. ун-т пищ. и хим. технологий ; редкол.: А. В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. – Могилев, 2023. – Т. 1. – С. 258–259.
4. Babkina, N. G. Tehnologicheskie aspekty proizvodstva syra Mocarella [Technological aspects of Mozzarella cheese production] / N. G. Babkina // Pererabotka moloka. – 2024. – № 5. – S. 36–37.
5. Specifikaciya Hansen TCC-20 : [utv. i vved. 03.06.2018]. – Kopenhagen : Chr. Hansen Holding A/S, 2018. – URL: <https://moskva.syromaniya.ru/upload/iblock/3ca/jhdn36zqep1z7s4qj4pc48g6g2vihzhy/Specifikaciya%20Hansen%20TCC-20.pdf> (data obrasheniya 01.07.2025).
6. Kashina, E. D. Cheddarizaciya syrnoj massy: osnovnye parametry i fiziko-himicheskie process [Cheddarization of cheese mass: main parameters and physicochemical processes] / E. D. Kashina // Syrodeliye i maslodeliye. – 2016. – № 3. – S. 22–23.
7. Myagkonosov, D. S. Vliyanie vida i dozy molokosvertyvayushhego fermentnogo preparata na izmeneniye konsistencii syrov s cheddarizaciej i termomehanicheskoy obrabotkoj syrnoj massy [The influence of the type and dose of milk-clotting enzyme preparation on the change in the consistency of cheeses with cheddarization and thermomechanical processing of cheese mass] / D. S. Myagkonosov, S. A. Delickaya, A. N. Belov // Proizvodstvo syra, masla i drugoj molochnoj produkcii v sovremennyh usloviyah. Problemy i puti resheniya : sb. materialov Mezhdunar. moloch. nedeli, Uglich, 20–22 iyunya 2023 g. / Vseros. nauch.-issled. in-t maslodeliya i syrodeliya – filial FGBNU «FNC pishevyyh sistem im. V.M. Gorbatova» RAN ; redkol.: O. V. Lepilkina (red.) [i dr.]. – Uglich, 2023. – S. 60–64.
8. Rashupkina, P. Syr kak antidepressant. Kak bez memov i aptek pobedit osennyuyu handru? [Cheese as an antidepressant. How to beat the autumn blues without memes and pharmacies?] / P. Rashupkina // Onlajn-zhurnal «Poruski.me». – URL: <https://poruski.me/2023/10/26/05-syr-antidepressant/>. – Data publ.: 26.10.2023 (data obrasheniya 01.07.2025 g).
9. Lysak, V. V. Mikrobiologiya [Microbiology] : ucheb. posobie / V. V. Lysak. – Mn. : Bel. gos. un-t, 2007. – 430 s.
10. Dvoezhonova, E. A. Proteoliticheskaya aktivnost perspektivnyh molochnokislyh bakterij dlya izgotovleniya nizkozhirnyh syrov [Proteolytic activity of promising lactic acid bacteria for the production of low-fat cheeses] / E. A. Dvoezhonova, N. K. Zhabanos, N. N. Furik // Tehnika i tehnologiya pishevyyh proizvodstv : materialy XV Yubilejnoj Mezhdunarodnoj nauch.-tehn. konf., 19-20 aprelya 2023 g., g. Mogilev : v 2 t. / Bel. gos. un-t pish. i him. tehnologij ; redkol.: A. V. Akulich (otv. red.) [i dr.]. – Mogilev, 2023. – T. 1. – S. 258–259.

*Н.С. Романович, Е.Н. Бирюк, к.с-х.н., Н.К. Жабанос, к.т.н., доцент,
С.А. Гордынец, к.с-х.н., доцент, Л.А. Чернявская, к.т.н., доцент
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

ОЦЕНКА СВОЙСТВ ШТАММОВ *LACTOBACILLUS SAKEI* КАК СТАРТОВЫХ И ЗАЩИТНЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ МЯСНЫХ И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

*N. Ramanovich, A. Biruk, N. Zhabanos, S. Gordynets, L. Charniauskaya
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

EVALUATION OF THE PROPERTIES OF *LACTOBACILLUS SAKEI* STRAINS AS STARTER AND PROTECTIVE CULTURES FOR THE PRODUCTION OF FERMENTED MEAT AND DAIRY PRODUCTS

e-mail: romanovich28@tut.by, biohimbel@yandex.by, otmp210@mail.ru

*Проведена оценка свойств штаммов *Lactobacillus sakei* с целью их использования при производстве мясных и молочных ферментированных продуктов. Установлено, что исследованные штаммы проявляют антагонизм к технически вредной и патогенной микрофлоре, не оказывают ингибирующего влияния на сквашивающую активность заквасочной микрофлоры, положительно влияют на органолептические и структурно-механические характеристики ферментированных мясных продуктов.*

*The properties of *Lactobacillus sakei* strains were evaluated with respect to their potential application in the production of fermented meat and dairy products. The studied strains were shown to exhibit antagonistic activity against technologically undesirable and pathogenic microflora, did not inhibit the fermentative activity of starter cultures, and exerted a positive effect on the organoleptic and structural-mechanical characteristics of fermented meat products*

Ключевые слова: *Lactobacillus sakei*, антагонизм, сквашивающая активность, ферментированные мясные продукты

Key words: *Lactobacillus sakei*, antagonism, fermentation activity, fermented meat products

Введение. Молочнокислые бактерии (далее – МКБ) играют ведущую роль при производстве ферментированных продуктов, выступая в качестве натуральных биоконсервантов, способствуя улучшению органолептических характеристик и повышению питательной ценности конечного продукта. Эти микроорганизмы, часто являющиеся частью естественной микробиоты или целенаправленно добавляемые в виде заквасок, инициируют процессы ферментации, синтезируя широкий спектр метаболитов, таких как органические кислоты, бактериоцины и другие антимикробные соединения [1–3].

Молочнокислые бактерии традиционно участвуют в ферментации мясных продуктов и вносят большой вклад в их сохранность, безопасность и формирование вкусовых характеристик. Помимо образования молочной кислоты, которая способствует более высокой безопасности продуктов, МКБ также продуцируют различные ферменты, такие как протеаза и липаза. Данные ферменты расщепляют белки, жиры и углеводы на небольшие молекулы, которые, в свою очередь, формируют различные ароматические соединения. Ферментативная активность бактерий приводит к гидролизу мышечных белков (миогенного фибрина и саркоплазматического белка) до олигопептидов и аминокислот, которые подвергаются различным биохимическим реакциям с образованием сложных ароматических соединений [4].

Бактерии *Lb. sakei* являются наиболее распространенными МКБ мясных продуктов. Это является следствием особенностей их метаболизма, который хорошо адаптирован для роста в условиях, возникающих в процессе хранения и переработки мяса. Подробно описано несколько метаболических признаков, включая способность использовать различные питательные вещества, присутствующие в мясе, которые дают данному виду бактерий селективное преимущество [5].

Транскриптомное исследование показало, что в присутствии мясных белков у бактерий *Lb. sakei* активируются гены, кодирующие транспортеры олигопептидов и внутриклеточные пептидазы, что указывает на способность данного вида утилизировать питательные вещества, присутствующие в мясе [6]. Показана способность бактерий *Lb. sakei* утилизировать аргинин – аминокислоту, присутствующую в мясном сырье [7, 8]. Хотя использование аргинина не даёт преимуществ для роста, однако это повышает выживаемость бактерий *Lb. sakei* за счёт генерируемой ими АТФ [9, 10]. Таким образом, эта функция способствует адаптации бактерий *Lb. sakei* к мясному сырию.

В исследовании Мокоена М.Р. et. al (2017) показано, что бактериоцины, продуцируемые штаммами *Lb. sakei*, обладают ингибирующей активностью против *Listeria* spp., *Enterococcus* spp., *Klebsiella* spp., *E. coli*, *Pseudomonas* spp., *Staphylococcus* spp. и *Streptococcus* spp. Все бактериоцины продуцировались в высоких концентрациях на всех стадиях переработки ферментированного мяса [11].

Таким образом, бактерии вида *Lb. sakei* проявляют свойства, обеспечивающие им высокую приспособленность к мясному сырию, и используются в качестве стартовых культур для производства мясных изделий в различных странах [12–17].

Исследования показали, что бактериоциногенный и потенциально пробиотический штамм *Lb. sakei* 2а, выделенный из мясного продукта, хорошо адаптируется в молочном сырье и эффективно контролирует рост *Lysteria monocytogenes* в процессе созревания и хранения сыра при 4°C и при 15°C. Антимикробная активность штамма *Lb. sakei* 2а при хранении сырной пасты подтверждена с помощью фенотипических методов, а также экспрессией бактериоцин-кодирующих генов *sakP* и *sakQ*. Следовательно, бактерии *Lb. sakei* можно использовать при производстве молочных продуктов. Однако, необходимы дальнейшие исследования, чтобы определить влияние *Lb. sakei* на органолептические характеристики ферментированных молочных продуктов [18].

Материалы и методы исследований. Объектами исследований являлись 2 штамма *Lb. sakei* 2800 ML-О и 2801 ML-О из Республиканской коллекции промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов, тест-культуры технически вредной микрофлоры, ферментированные мясные и молочные продукты.

Определение антагонистической активности (метод отсроченного антагонизма). На поверхность агаризованной среды MRS на основе МПБ в чашке Петри штрихом высевали исследуемую культуру, инкубировали в анаэробных условиях в течение 24–48 ч при 37°C, после чего перпендикулярным штрихом наносили 16±2 часовые тест-культуры и инкубировали при 37°C в течение 48 часов. Об уровне антагонистической активности судили по размеру зоны задержки роста тест-культур.

Определение кислотообразующей активности для сухих и замороженных заквасок. К закваскам добавляли необходимое количество культур *Lb. sakei* и тщательно перемешивали. Инкубировали при температуре (32±1)°C и (35±1)°C в течение 20 часов для заквасок ТВ-МТ, при (32±1)°C и (38±1)°C в течение 8 часов для заквасок «СЫР», при (37±1)°C и (40±1)°C в течение 6 часов для закваски Пробилакт-2, при (40±1)°C и (42±1)°C в течение 6 часов для закваски ТЛББв. Изменение активной кислотности фиксировали с использованием прибора i-Cinas каждые 20 мин.

Изготовление сыровяленых изделий из говядины с добавлением культур Lb. sakei. Контрольный образец (№ 11) был изготовлен по следующей технологии: сухой посол кусков тазобедренной части говяжьей массой 700–800 г (натирание солью поваренной пищевой в количестве 8 % к массе сырья) → выдержка 10 суток при температуре $(2\pm 2)^\circ\text{C}$ → сушка при температуре $(10\pm 2)^\circ\text{C}$. Образцы № 12, 13, 14 изготавливались по аналогичной технологии с добавлением в процессе сухого посола стартовых культур с количеством жизнеспособных клеток $1,0 \times 10^9$ КОЕ/г, в количестве 1 г на 1 кг мясного сырья: образец № 12 (штамм *Lb. sakei* 2800 ML-O), образец № 13 (штамм *Lb. sakei* 2801 ML-O), образец № 14 (штаммы *Lb. sakei* 2800 ML-O и *Lb. sakei* 2801 ML-O в соотношении 1:1).

Результаты и их обсуждение. Роль стартовых и защитных культур в производстве ферментированных продуктов заключается, в первую очередь, в снижении риска развития нежелательной микрофлоры в процессе созревания и хранения, а также в направленности процесса ферментации мясного сырья, с целью получения желаемой консистенции, вкуса и цвета готового продукта. К основным возбудителям порчи продуктов животного происхождения относят гнилостные (протеолитические) бактерии: спорообразующие аэробы (*Bacillus subtilis* (сенная палочка); *B. licheniformis* (картофельная палочка), *B. megatherium* (капустная палочка), *B. mycoides* (грибовидная палочка), *B. cereus*), спорообразующие анаэробы (*Clostridium putrificum*, *C. sporogenes*, *C. perfringens*); неспорообразующие факультативные анаэробы (род *Proteus*, род *Echerichia*). Также на мясе и мясопродуктах чаще других встречаются маслянокислые бактерии *Clostridium pasteurianum* и *C. butyricum*. Дрожжи обычно составляют незначительную часть микробиоты мясных и птицепродуктов [19]. *Listeria monocytogenes* – широко распространенные психротрофные бактерии, способные переносить высокие концентрации солей и выживать в широком диапазоне температур и при многократных циклах замораживания-оттаивания. Эти особенности делают контроль над этими микроорганизмами в пищевых продуктах большой проблемой [20].

Научные исследования были направлены на определение антагонистической активности штаммов *Lb. sakei* 2800 ML-O и 2801 ML-O к различным видам гнилостных бактерий (*Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*), дрожжевым культурам (*Candida albicans*, *Candida utilis*, *Candida famata*, *Candida sakei*, *Candida mesenterica*, *Kluyveromyces marxianus*), культурам плесени (*Aspergillus niger*, *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum*), патогенным бактериям (*Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*). При этом установлено, что исследуемые штаммы *Lb. Sakei* 2800 ML-O и 2801 ML-O обладают антагонистической активностью в отношении различных групп гнилостных бактерий (*Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*), вызывающих порчу мяса, колбасных изделий, молока и молочных продуктов, рыбы и рыбных продуктов, яиц и яйцепродуктов. Также у штаммов 2800 ML-O и 2801 ML-O установлен антагонизм в отношении дрожжевой культуры *Kluyveromyces marxianus*, наиболее часто встречающейся в мясе и птице, и в отношении различных видов плесеней (*Fusarium oxysporum*, *Alternaria alternata*).

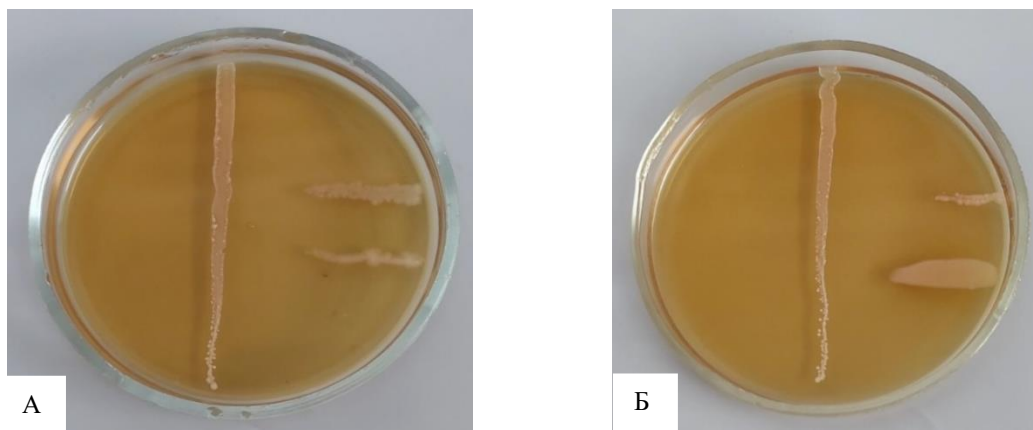
Следует отметить наличие антагонистической активности обоих штаммов *Lb. sakei* к бактериям, относящимся к 4 группе патогенности по СП 3.3686-21 – *Pseudomonas aeruginosa* и *Staphylococcus aureus*, а также к бактериям *Listeria monocytogenes*, относящимся к 3 группе патогенности по СП 3.3686-21 [21]. Установлено, что у штаммов 2800 ML-O и 2801 ML-O отсутствует антагонистическая активность к дрожжевым культурам рода *Candida*, а также к культуре плесени *Aspergillus niger*.

Результаты представлены в таблице 1, на рисунках 1–3.

Таблица 1 – Антагонистическая активность штаммов *Lactobacillus sakei* по отношению к технически вредной микрофлоре.

№ п/п	Тест-культура	Величина зоны задержки роста тест-культуры по отношению к штамму, см	
		2800 ML-O	2801 ML-O
Бактериальные культуры			
1	<i>Bacillus subtilis</i> ВКПМ В-1323	1,3	1,5
2	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ВКПМ В-8243	2,2	2,0
3	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ВКПМ В-6643	2,3	1,5
4	<i>Escherichia coli</i> 1019	2,2	2,5
5	<i>Escherichia coli</i> 3R ₁ d ₂ d ₁	1,0	1,0
6	<i>Escherichia coli</i> Rm3nTn9Tn5	1,2	1,2
7	<i>Staphylococcus aureus</i> ВКПМВ-6646	1,0	1,7
8	<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 19111	1,5	1,7
Дрожжевые культуры			
9	<i>Candida famata</i> ВКПМ Y-937	0	0
10	<i>Kluyveromyces marxianus</i> ВКПМ Y-240	2,2	2,3
11	<i>Candida albicans</i>	0	0
12	<i>Candida utilis</i>	0	0
13	<i>Candida sake</i>	0	0
14	<i>Candida mesenterica</i>	0	0
Культуры плесени			
15	<i>Aspergillus niger</i>	0	0
16	<i>Alternaria alternata</i>	2,2	1,5
17	<i>Fusarium oxysporum</i>	1,4	1,0

Источник данных: собственная разработка.

Рисунок 1 – Формирование зон задержки роста у различных групп гнилостных бактерий при их совместном культивировании со штаммами *Lb. sakei*:А – штамм 2800 ML-O совместно с тест-культурой *Bacillus subtilis* ВКПМ В-1323 (горизонтальные штрихи справа);Б – штамм 2801 ML-O совместно с культурой *Pseudomonas aeruginosa* ВКПМ В-8243 (горизонтальный штрих справа сверху) и с культурой *Pseudomonas aeruginosa* ВКПМ В-6643 (горизонтальный штрих справа снизу).

Источник данных: собственная разработка.

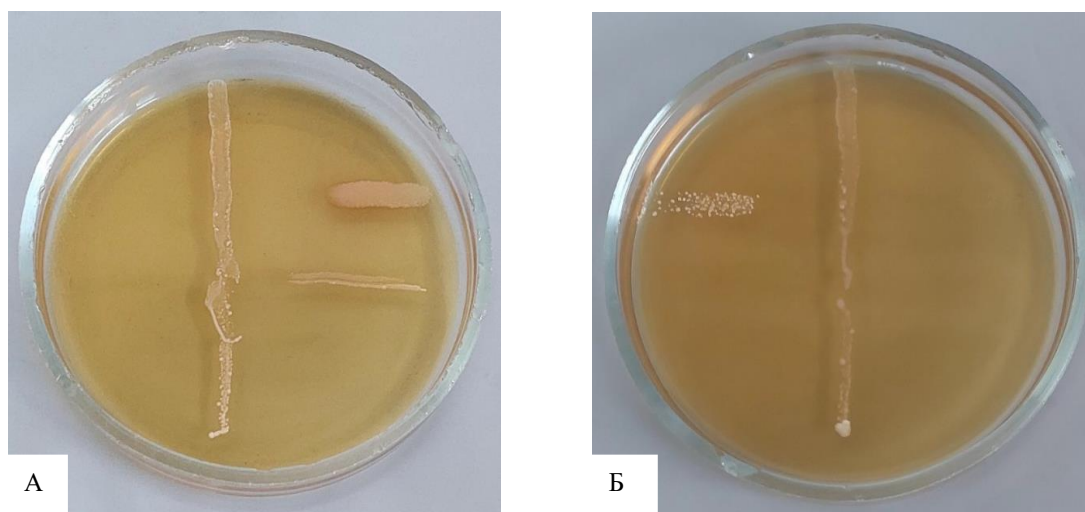


Рисунок 2 – Формирование зон задержки роста у различных групп патогенных бактерий при их совместном культивировании со штаммами *Lb. sakei*:
 А – штамм 2800 ML-O совместно с тест-культурой *Pseudomonas aeruginosa* ВКПМ В-8243 (горизонтальный штрих справа сверху) и с тест-культурой *Staphylococcus aureus* ВКПМ В-6646 (горизонтальный штрих справа снизу);
 Б – штамм 2801 ML-O совместно с тест-культурой *Listeria monocytogenes* ATCC 19111 (горизонтальный штрих слева).

Источник данных: собственная разработка.

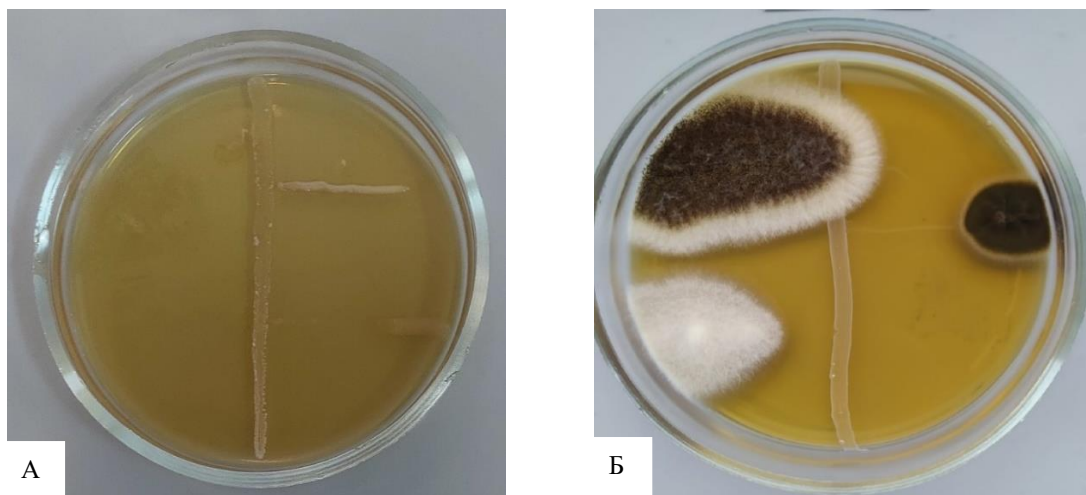


Рисунок 3 – Формирование зон задержки роста у культур дрожжей и плесеней при их совместном культивировании со штаммами *Lb. sakei*:

А – штамм 2801 ML-O совместно с тест-культурами *Candida albicans* (горизонтальный штрих справа сверху, антагонизм отсутствует) и с тест-культурой *Kluyveromyces marxianus* (горизонтальный штрих справа снизу);
 Б – штамм 2800 ML-O совместно с тест-культурой *Aspergillus niger* (горизонтальный штрих слева сверху, антагонизм отсутствует), с культурой *Fusarium oxysporum* (горизонтальный штрих слева снизу) и с культурой *Alternaria alternata* (горизонтальный штрих справа).

Источник данных: собственная разработка.

Штаммы 2800 ML-O и 2801 ML-O не сквашивают молоко в течение 48 часов при температуре $(30\pm 1)^\circ\text{C}$, $(37\pm 1)^\circ\text{C}$ и $(42\pm 1)^\circ\text{C}$, однако, следует учитывать, что

культуры *Lb. sakei* могут обладать антагонистической активностью по отношению к различным консорциумам, используемым при производстве ферментированных молочных продуктов. Поэтому проведена оценка изменения активной кислотности в процессе сквашивания молока консорциумами, входящими в состав заквасок для производства творога, сыра, кисломолочных напитков и йогурта, а также аналогичными консорциумами с добавлением штаммов *Lb. sakei*. Штаммы 2800 ML-O и 2801 ML-O вносили таким образом, чтобы начальное количество клеток исследуемых штаммов в молоке составило $1,0 \times 10^7$ КОЕ/г.

Установлено, что добавление штаммов *Lb. sakei* 2800 ML-O и 2801 ML-O к закваскам для производства творога ТВ-МТ не вызывает существенного увеличения времени ферментации молока, как при $(32 \pm 1)^\circ\text{C}$, так и при $(35 \pm 1)^\circ\text{C}$ – не более чем на 25 мин., также, как и добавление штаммов к закваскам для производства йогурта ТЛББв при $(40 \pm 1)^\circ\text{C}$ и при $(42 \pm 1)^\circ\text{C}$. Однако, следует отметить, что при добавлении штаммов *Lb. sakei* нарастание активной кислотности молока после 480-520 мин. при $(32 \pm 1)^\circ\text{C}$ и после 460-500 мин. при $(35 \pm 1)^\circ\text{C}$ у заквасок ТВ-МТ происходило менее интенсивно (рис. 4).

Добавление штаммов *Lb. sakei* 2800 ML-O и 2801 ML-O к закваске для производства сыра СЫР-6 п.109 не оказывало существенного влияния на снижение рН молока, как при $(32 \pm 1)^\circ\text{C}$, так и при $(38 \pm 1)^\circ\text{C}$: при сквашивании закваской СЫР-6 п.109 при $(32 \pm 1)^\circ\text{C}$ активная кислотность составила 5,0 ед. рН через 345 мин. и при $(38 \pm 1)^\circ\text{C}$ – через 240 мин., при добавлении штамма 2800 ML-O – через 325 мин. и 220 мин., при добавлении штамма 2801 ML-O – через 320 мин. и 230 мин., соответственно. Добавление штаммов *Lb. sakei* 2800 ML-O и 2801 ML-O к закваске для производства сыра СЫР-3 п.132 также не оказывало существенного влияния на снижение рН молока, как при $(32 \pm 1)^\circ\text{C}$, так и при $(38 \pm 1)^\circ\text{C}$: при сквашивании закваской СЫР-3 п.132 при $(32 \pm 1)^\circ\text{C}$ активная кислотность составила 5,0 ед. рН через 350 мин. и при $(38 \pm 1)^\circ\text{C}$ – через 250 мин., при добавлении штамма 2800 ML-O – через 340 мин. и 220 мин., при добавлении штамма 2801 ML-O – через 360 мин. и 215 мин., соответственно (рис. 5).

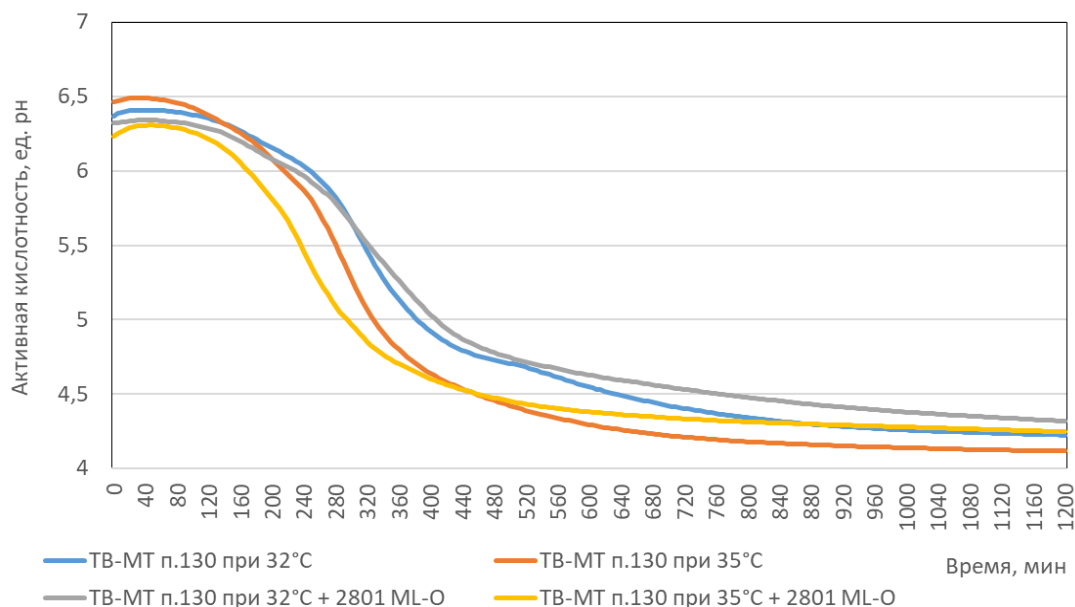


Рисунок 4 – Изменение активной кислотности в процессе сквашивания молока при $(32 \pm 1)^\circ\text{C}$ и $(35 \pm 1)^\circ\text{C}$ консорциумом, входящим в состав закваски для производства творога ТВ-МТ, а также аналогичным консорциумом с добавлением штамма *Lb. sakei* 2801 ML-O

Источник данных: собственная разработка.

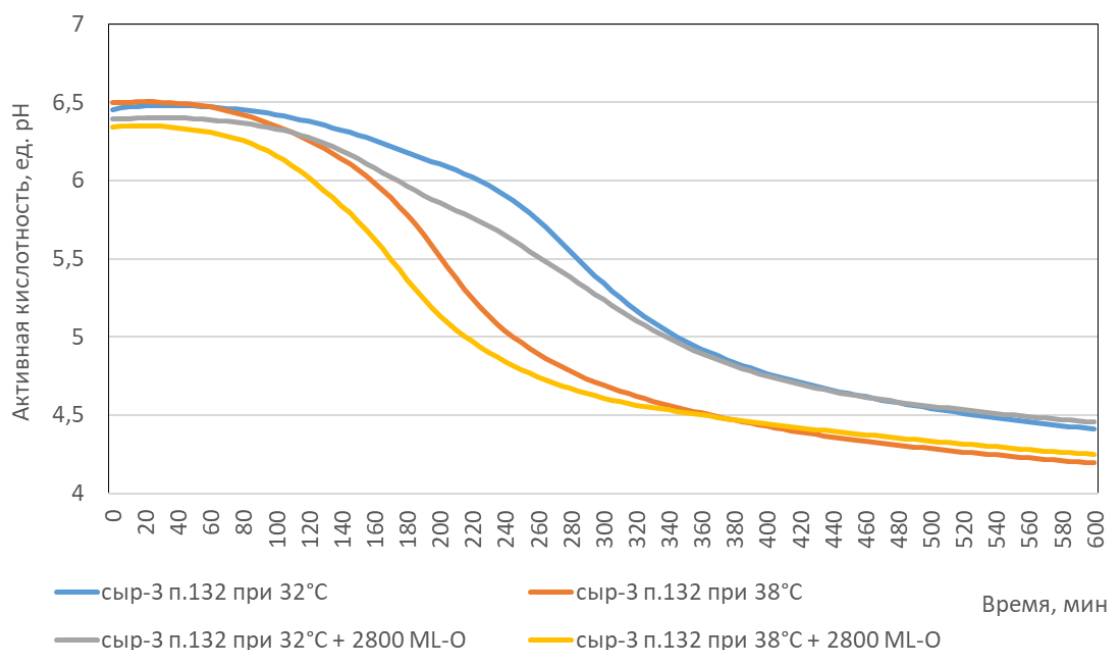


Рисунок 5 – Изменение активной кислотности в процессе сквашивания молока при $(32\pm 1)^\circ\text{C}$ и $(38\pm 1)^\circ\text{C}$ консорциумом, входящим в состав закваски для производства сыра СЫР-3, а также аналогичным консорциумом с добавлением штамма *Lb. sakei* 2800 ML-O

Источник данных: собственная разработка.

Для оценки потенциала штаммов *Lb. sakei* 2800 ML-O и 2801 ML-O как стартовых культур при производстве ферментированных мясных продуктов проведена выработка цельномышечных сыровяленых изделий из говядины с добавлением культур 2800 ML-O и 2801 ML-O.

При производстве сыровяленых продуктов одно из основных технологических условий – снижение показателя pH до величины близкой к изоэлектрической точке белков мясного сырья (5,0–5,2). Это способствует снижению влагосвязывающей способности мяса, формированию монолитной структуры готовых изделий, создаются условия для активного взаимодействия белков, интенсифицируются процессы сушки [22]. Однако, быстрое снижение pH нецелесообразно для цельномышечных изделий, поскольку конформационные изменения белков мышечной ткани, происходящих при pH ниже 5,1 ед., снижают доступность их действию тканевых протеолитических ферментов, что может отрицательно сказаться на консистенции и вкусоароматических характеристиках продукта. Оптимальными считаются значения активной кислотности, близкие к 5,2–5,4 ед. pH [23]. При изучении pH исследуемых образцов получены результаты, систематизированные на рисунке 6. Внешний вид экспериментальных образцов в процессе посола приведен на рисунке 7.

Как видно из диаграмм на рисунке 6, в образцах № 12 и 14 отмечается плавное и динамичное снижение уровня pH до 5,35–5,38 уже на 7-ые сутки посола, в отличие от контрольного образца (№ 11), для которого характерно более медленное течение процесса и желаемый уровень был достигнут только через 10 суток посола. В образце № 13 отмечено резкое снижение pH на 5-ые сутки посола до значения 5,35 и увеличение его уже на 7-ые сутки.

Как видно на рисунке 7, в образце № 13 в процессе посола образовалась пористость, в результате чего не была достигнута монолитность структуры, что отразилось на результатах дегустационной оценки изделий. Оценку органолептических свойств готовых изделий (цвет и вид на разрезе, запах (аромат),

вкус, консистенция) проводили по разработанной на основании ГОСТ 9959 9-ти балльной шкале.

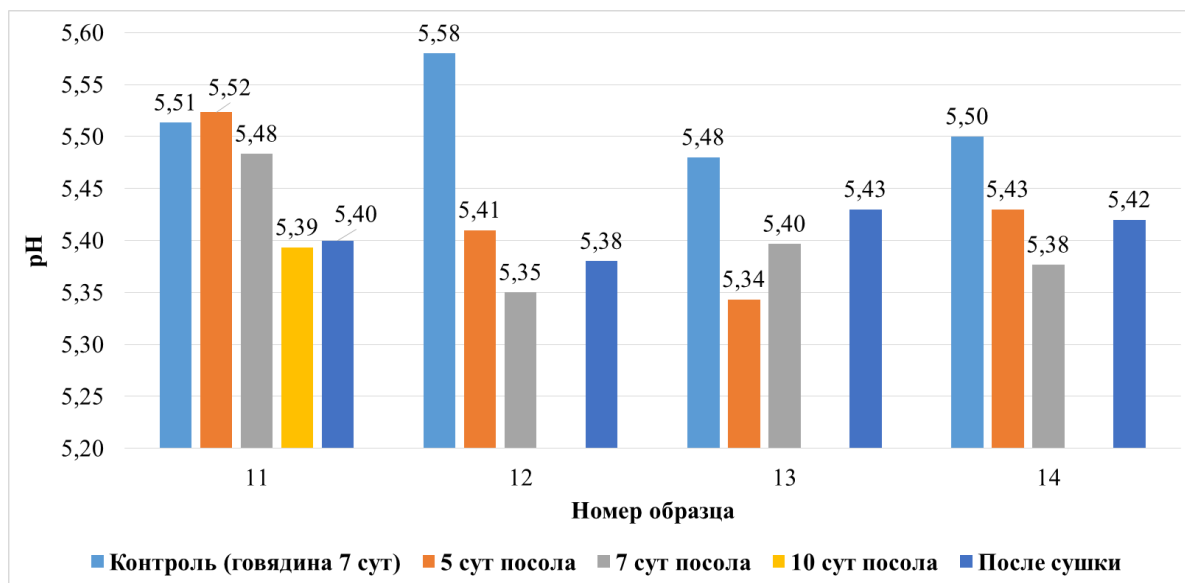


Рисунок 6 – Изменение активной кислотности образцов цельномышечных сыровяленых изделий из говядины на разных технологических этапах

Источник данных: собственная разработка.



Рисунок 7 – Внешний вид экспериментальных образцов в процессе изготовления

Источник данных: собственная разработка.

Образец № 13 характеризовался интенсивным испарением влаги после 5 суток посола, а также достаточно резким снижением уровня pH (рисунок 1), что повлияло на структурно-механические и органолептические свойства изделий – образцы с культурами *Lb. sakei* характеризовались плотной, но более мягкой консистенцией по сравнению с образцом № 11, а образец № 13, получил самую низкую дегустационную оценку по показателю «консистенция» – 6,1 балла, вследствие ощущения дегустаторами соединительной ткани, что свидетельствует о недостаточном

разрыхлении ее структуры в процессе посола и созревания. При этом образцы продуктов, изготовленные с использованием культуры *Lb. sakei* 2800 ML-O и смеси культур *Lb. sakei* 2800 ML-O и 2801 ML-O (образцы № 12 и 14), обладают высокими органолептическими характеристиками: средний оценочный балл составил 7,6 по 9-ти балльной шкале. Они имели очень красивый внешний вид (8,0 баллов) были вкусными (7,2–7,4 балла), ароматными (7,4 балла) и имели упругую консистенцию с достаточно слабым восприятием соединительной ткани (7,5–7,6 балла) (рисунок 8).

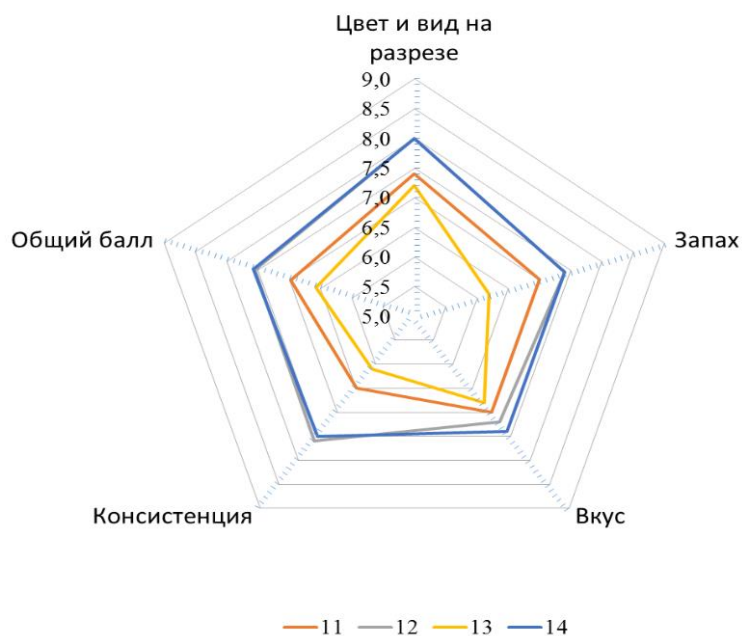


Рисунок 8 – Органолептическая оценка образцов продуктов цельномышечных сыровяленых из говядины.

Источник данных: собственная разработка.

Таким образом установлено, что использование штамма *Lb. sakei* 2800 ML-O и смеси штаммов *Lb. sakei* 2800 ML-O и 2801 ML-O в соотношении 1:1 при изготовлении цельномышечных сыровяленых изделий позволяет сократить процесс их изготовления на 5 суток и получить изделия с улучшенными органолептическими характеристиками (с более нежной консистенцией и более привлекательным внешним видом на разрезе, имеющим стабильную и равномерную окраску, улучшенным вкусом и ароматом).

Выводы. На основании результатов исследований установлено, что штаммы *Lb. sakei* (2800 ML-O и 2801 ML-O) проявляют выраженную антагонистическую активность к различным группам гнилостных бактерий, патогенным бактериям, дрожжевым культурам и культурам плесени.

Штаммы *Lb. sakei* (2800 ML-O и 2801 ML-O) при совместном развитии в молоке с заквасками для производства творога ТВ-МТ, с заквасками для производства сыра СЫР-3 и СЫР-6, а также с заквасками для производства йогурта ТЛББ вне оказывают ингибирующего влияния на сквашивающую активность заквасочной микрофлоры.

Штаммы *Lb. sakei* 2800 ML-O и 2801 ML-O являются перспективными стартовыми культурами для изготовления ферментированных мясных продуктов, так как способствуют сокращению сроков изготовления и получению продуктов с улучшенными потребительскими свойствами и органолептическими характеристиками.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Gupta, R. Lactic acid bacteria: probiotic characteristic, selection criteria, and its role in human health / R. Gupta, K. Jeevaratnam, A. Fatima // JETIR. – 2018. – Vol. 5, № 10. – P. 411–424.
2. Organic acids production from lactic acid bacteria: A preservation approach / S. P. Bangar, S. Suri b, M. Trif [et. al.] // Food Bioscience. – 2022. – Vol. 46. – Art. 101615.
3. Oriental fermented functional (probiotic) foods. / R. C. Ray, A. Sheikha, S. Kumar // Microorganisms and fermentation of traditional foods. Series: Food Biology. – 2015. – P. 283–311.
4. Research update on the impact of lactic acid bacteria on the substance metabolism, flavor, and quality characteristics of fermented meat products / Y. Wang, J. Han, D. Wang [et. al.] // Foods. – 2022. – Vol. 11. – Art. 2090.
5. Complete genome sequence of the meat-borne lactic acid bacterium *Lactobacillus sakei* 23K / S. Chaillou, M. Champomier-Vergès, M. Cornet [et al.]. // Nat. Biotechnol. – 2005. – Vol. 23. – P. 1527–1533.
6. Transcriptome response of *Lactobacillus sakei* to meat protein environment. / H.Q. Xu, L. Gao, Y. Jiang [et. al.] // J. Basic Microbiol. – 2015. – Vol. 55. – P. 490–499.
7. Aristoy, M. C. Concentration of free amino acids and dipeptides in porcine skeletal muscles with different oxidative patterns / M. C. Aristoy, F. Toldrá // Meat Sci. – 1998. – Vol. 50. – P. 327–332.
8. The kinetics of the arginine deiminase pathway in the meat starter culture *Lactobacillus sakei* CTC 494 are pH-dependent / T. Rimauxet, G. Vrancken a, V. Pothakos [et al.] // Food Microbiol. – 2011. – Vol. 28. – P. 597–604.
9. Relationships between arginine degradation, pH and survival in *Lactobacillus sakei* / M. C. Champomier-Vergès, M. Zúñiga, F. Morel-Deville [et. al.] // FEMS Microbiol. Lett. – 1999. – Vol. 180. – P. 297–304.
10. Zúñiga, M. The product of *arcR*, the sixth gene of the *arc* operon of *Lactobacillus sakei*, is essential for expression of the arginine deiminase pathway / M. Zúñiga M. Carmen, G. Pérez-Martínez // Appl. Env. Microbiol. – 2002. – Vol. 68. – P. 6051–6058.
11. Mokoena, M. P. Lactic acid bacteria and their bacteriocins: classification, biosynthesis and applications against uropathogens / M. P. Mokoena // Molecules. – 2017. – Vol. 22. – Art. 1255.
12. Characterization of lactic acid bacteria isolated from a Greek dryfermented sausage in respect of their technological and probiotic properties / E. Papamanoli N. Tzanetakis, E. Litopoulou-Tzanetaki // Meat Science. – 2003. – Vol. 65. – P. 859 – 867.
13. Leroy, F. Functional meat starter cultures for improved sausage fermentation / F. Leroy, J. Verluyten, L. De Vuyst // International Journal of Food Microbiology. – 2006. – Vol. 106, № 3. – P. 270–285.
14. Safety improvement and preservation of typical sensory qualities of traditional dry fermented sausages using autochthonous starter cultures / R. Talon S. Leroy a, I. Lebert [et.al.] // International Journal of Food Microbiology. – 2008. – Vol. 126, № 1-2. – P. 227–234.

15. Tamang, J. P. Diversity of microorganisms in global fermented foods and beverages / J. P. Tamang [et.al.] // *Frontiers in Microbiology*. – 2016. – Vol. 7. – Article. 377.
16. Microorganisms present in artisanal fermented food from South America / M. E Jimenez Ciara M. O'Donovan, M. Fernandez de Ullivarri [et.al.] // *Frontiers in Microbiology*. – 2022. – Vol. 13. Article. 895427.
17. Zagorec, M. *Lactobacillus sakei*: a starter for sausage fermentation, a protective culture for meat products / M. Zagorec, M. C. Champomier-Vergès // *Microorganisms*. – 2017. – Vol.5 (3). – P.56–69.
18. Bacteriocin production and inhibition of *Listeria monocytogenes* by *Lactobacillus sakei* subsp. *sakei* 2a in a potentially synbiotic cheese spread / R. C. Ruiz-Martinez, C. Dini Staliano, A. Diogo Silva Vieira [et.al.] // *Food Microbiology*. – 2015. – Vol. 48. – P. 143–152.
19. Красникова, Л. В. Общая и пищевая микробиология : учеб. пособие : в 2 ч. / Л. В. Красникова, П. И. Гунькова, О. А. Савкина. – СПб. : Ун-т ИТМО, 2016. – 127 с.
19. Krasnikova, L. V. *Obshaya i pishevaya mikrobiologiya* [General and food microbiology] : *ucheb. posobie : v 2 ch.* / L. V. Krasnikova, P. I. Gunkova, O. A. Savkina. – SPb. : Un-t ITMO, 2016. – 127 s.
20. Okada, Y. Growth of *Listeria monocytogenes* in refrigerated ready-to-eat foods in Japan / Y. Okada // *Food Additives & Contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment*. – 2013. – Vol. 30 (8). – P. 1446–1449.
21. Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней : СП 3.3686-21. ; введ. 01.09.2021. – М. : Мин. юстиции РФ, 2021. – I, 1092 с.
21. Sanitarно-ehpidemiologicheskie trebovaniya po profilaktike infekcionnyh boleznej [Sanitary and epidemiological requirements regarding the course of infectious diseases] : SP 3.3686-21. ; vved. 01.09.2021. – M. : Min. yusticii RF, 2021. – I, 1092 s.
22. Акопян, К. В. Формирование аромата и вкуса сырокопченых колбас / К. В. Акопян, А. А. Нестеренко // *Молодой ученый*. – 2014. – № 7 (66). – С. 93–95.
22. Akopyan, K. V. *Formirovanie-aromata ivkusasyrokopchenyhkolbas* [Formation of aroma and taste of dry-cured sausages] / K. V Akopyan, A. A. Nesterenko // *Molodoj uchenyj*. – 2014. – № 7 (66). – S. 93–95.
23. Киселев, Д. А. Использование молочнокислых бактерий для интенсификации производства сырокопченых продуктов / Д. А. Киселев, О. С. Корнеева, Г. П. Шуваева // *Мясная индустрия*. – 2007. – № 10. – С. 38–39.
23. Kiselev, D. A. *Ispolzovanie molochnokislyh bakterij dlya intensifikacii proizvodstva syrokopchenyh produktov* [Use of lactic acid bacteria to intensify the production of raw smoked products] / D. A. Kiselev, O. S. Korneeva, G. P Shuvaeva // *Myasnaya industriya*. – 2007. – № 10. – S. 38–39.

*О.С. Головач, Н.К. Жабанос, к.т.н., доцент, Н.Н. Фурик, к.т.н., доцент
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ПРЕДОБРАБОТКИ СУБСТРАТОВ НА ОСНОВЕ СМЕСИ ЖЕЛТКА КУРИНОГО ЯЙЦА И ВОССТАНОВЛЕННОГО ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРОЛИЗАТОВ

*O. Golovach, N. Zhabanos, N. Furik
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

EFFECT OF PRETREATMENT REGIMES OF SUBSTRATES BASED ON A MIXTURE OF EGG YOLK AND RECONSTITUTED SKIM MILK ON THE BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF HYDROLYSATES

e-mail: GOS_82@tut.by, nzhabanos@tut.by, furik_nn@tut.by

В статье приведены результаты исследований гидролизатов, полученных на основе смеси желтка куриного яйца и обезжиренного молока с использованием ферментного препарата алкалаза при использовании семи режимов предобработки субстрата по биохимическим характеристикам: содержание аминного азота, протеолитическая активность (мг% тирозина и триптофана), степень гидролиза, глубина гидролиза. Определены оптимальные режимы предобработки субстратов на основе смеси желтка куриного яйца и обезжиренного молока, использование которых в технологии получения гидролизатов, позволяют получить гидролизаты с наилучшими биохимическими характеристиками. Кроме того, отмечена взаимосвязь прироста значений активной кислотности в процессе гидролиза субстрата и биохимических характеристик получаемых гидролизатов.

The article presents the results of a study of hydrolysates obtained from a mixture of chicken egg yolk and skim milk using the enzyme preparation Alcalase under seven different substrate pretreatment regimes. The hydrolysates were evaluated according to biochemical characteristics, including amino nitrogen content, proteolytic activity (mg% of tyrosine and tryptophan), degree of hydrolysis, and depth of hydrolysis. Optimal pretreatment regimes for substrates based on a mixture of chicken egg yolk and reconstituted skim milk were identified; their application in hydrolysate production technology enables the obtainment of hydrolysates with the most favorable biochemical characteristics. In addition, a correlation was observed between the increase in active acidity during substrate hydrolysis and the biochemical properties of the resulting hydrolysates.

Ключевые слова: гидролиз белка, гидролизаты смеси яичных и молочных белков, ферментные препараты, степень и глубина гидролиза

Keywords: protein hydrolysis, hydrolysates of a mixture of egg and milk proteins, enzyme preparations, degree and depth of hydrolysis

Введение. В настоящее время основная задача прикладной биотехнологией – это удешевление технологий готового продукта без потери его свойств и ухудшения качественных характеристик. Молочнокислые бактерии вносят в молочное сырье в форме заквасок – особым образом подготовленных и законсервированных штаммов или консорциумов микроорганизмов. Закваски являются функционально необходимыми компонентами для изготовления ферментированной молочной продукции. Для промышленного культивирования и накопления биомассы молочнокислых микроорганизмов используют питательные среды, в составе которых должны быть компоненты, обеспечивающие их рост, развитие и сохранение производственно-ценных характеристик [1]. Молочнокислые бактерии имеют сложные пищевые потребности. В качестве источника углерода микроорганизмы могут использовать моно- и дисахариды, органические кислоты.

Оптимальные среды для культивирования содержат аминокислоты (аргинин, лейцин; изолейцин, гистидин, валин), пептиды, которые вводят в форме различных гидролизатов: мясных белков, белков молока (лактальбуминов, казеинов) и др.

В настоящее время работы по получению гидролизатов белков активно ведутся во всем мире. Одним из интересных источников сырья для гидролизатов белков как стимулятора роста микроорганизмов является яичный белок. Он содержит смесь протеинов, которые обладают высокой пищевой и биологической ценностью, а также оптимальным аминокислотным составом [2, 3].

Для получения белковых гидролизатов используют ферментные препараты животного, растительного и микробного происхождения, что во многом определяет качество получаемых гидролизатов. Для получения частичных гидролизатов (со средней степенью гидролиза) широко применяют ферментные препараты бактериальных протеаз, в частности сериновую протеазу (алкалазу) и нейтральной протеазы (нейтразу) [4].

Для обеспечения требуемых свойств гидролизатов и стандартизации их характеристик, процесс гидролиза белка необходимо контролировать. Наиболее часто используемыми критериями характеристики обширности и специфики гидролиза, являются: содержание аминного азота, степень гидролиза и молекулярно-массовое распределение продуктов гидролиза [5]. В процессе гидролиза пептидных связей в белке образуются свободные аминокислоты, по одной новой свободной аминокислоте на каждую расщепленную пептидную связь. Количество образовавшихся аминокислот пропорционально показателю «содержание аминного азота» (Amino Nitrogen) в гидролизате, которое, в свою очередь, отражает количество всех аминокислот в гидролизате или в белке, включая свободные аминокислоты, пептидов, белков и боковые аминокислоты, пептидов, белков и боковые аминокислоты лизина. В гидролизатах также измеряют содержание общего азота (Total Nitrogen). Содержание аминного азота обычно определяют методом формольного титрования, однако могут использоваться и другие методы. Количественное определение общего азота выполняют методом Кьельдаля. Это полное содержание азота в продукте, включая небелковые вещества, аминокислоты и боковые цепи аминокислот [6].

В США для характеристики глубины гидролиза белка в соответствии с требованиями FDA (Food And Drug Administration) используют отношение количества аминного азота (AN) к количеству общего азота (TN) в гидролизате. Гидролизаты, имеющие соотношение $AN/TN > 0,62$, классифицируют как «гидролизаты с высокой степенью гидролиза». Гидролизаты с меньшей степенью гидролиза, имеющие соотношение $AN/TN < 0,62$, классифицируют как «гидролизаты с низкой степенью гидролиза» или «частичные гидролизаты» [6].

Показатель «степень гидролиза» (degree of hydrolysis - DH, %) определяют, как долю (в %) пептидных связей, расщепленных в процессе гидролиза, в общем количестве пептидных связей в гидролизуемом белке, то есть чем обширнее расщепление белка, тем выше степень гидролиза [6].

Однако, на практике невозможно определить точное количество расщепленных пептидных связей в гидролизате. Поэтому для расчета показателя «степень гидролиза» используют разного рода эмпирические формулы [7].

Целью исследований является оценка влияния режимов предобработки субстратов на основе молочно-яичных белков на биохимические характеристики гидролизатов для использования в питательных средах для культивирования микроорганизмов.

Материалы и методы исследований. В работе использованы субстраты на основе смеси восстановленных растворов желтка куриного яйца и обезжиренного

молока, протеолитический фермент (алкалаза 2.4 Л ФГ производства Novozymes A/S, Дания), гидролизаты, получаемые при ферментации субстратов.

При проведении исследований в работе использовали следующие питательные среды и реактивы:

- сухое обезжиренное молоко по СТБ 1758;
- ферментный препарат Алкалаза 2.4 Л ФГ (Novozymes A/S) 2,59 ед. АУ-А/Г;
- вода дистиллированная по ГОСТ 6709;
- яичный желток сухой по ГОСТ 30363-2013;
- смесь восстановленных яичного желтка и обезжиренного молока в разработанном соотношении;

- раствор 10 % трихлоруксусной кислоты готовили следующим образом: 50,0 г трихлоруксусной кислоты вносили в мерную колбу вместимостью 500 см³, доводили объем дистиллированной водой до метки и фильтровали;

- 1М раствор карбоната натрия: 106 г безводной соли растворяют в 1000 см³ воды, стерилизация автоклавированием в течение 30 мин при температуре 121 °С;

- фенольный реактив Фолина-Чокалтеу. Перед определением протеолитической активности разбавляют дистиллированной водой в соотношении 1:6;

- 30 %-ный раствор гидроксида натрия: в 1000 см³ дистиллированной воды растворяют 30 г гидроксида натрия;

- водно-спиртовой раствор фенолфталеина (0,5 %) – смешивают 10 мл дистиллированной воды и 10 мл спирта, в полученный водно-спиртовой раствор вносят 100 мг фенолфталеина;

- формалин по ГОСТ 1625-89;

- формольная смесь: к 50 мл формалина прибавляют 1 мл водно-спиртового раствора фенолфталеина и нейтрализуют 0,1 н. раствором NaOH до слабого окрашивания, используют свежеприготовленным;

- 0,1 н. раствор NaOH. Снимают этикетку с ампулы, промывают ее наружную поверхность дистиллированной водой и просушивают фильтровальной бумагой. Также дистиллированной водой промывают воронку, колбу на 1 дм³ и ножницы. Разрезают ампулу и аккуратно через воронку выливают содержимое в колбу. Затем ампулу изнутри тщательно промывают дистиллированной водой в количестве шестикратного объема ампулы. После растворения содержимого ампулы объем жидкости доводят до метки пипеткой и тщательно перемешивают. После приготовления раствор следует перелить в емкость для хранения;

- 0,1 н. раствор H₂SO₄. Приготовление аналогично вышеописанным способом.

При проведении работ использовались стандартизированные и общепринятые методы исследований:

- Определение активной кислотности проводили по ГОСТ 26781-85;

- Определение общего белка по ГОСТ 30364.1-97;

- Определение аминного азота по ГОСТ 29311-92;

- Определение общего азота по ГОСТ 30364.1-97;

- Определение протеолитической активности (метод М.Е. Hull в модификации Залашко М.В. и соавт.) [5].

Метод определения «глубины гидролиза» (ГГ) основан на вычислении соотношения значений аминного и общего азота по формуле [15]:

$$ГГ = AN/TN, \quad (2)$$

где AN – количество аминного азота в гидролизате, %

TN – количество общего азота в гидролизате, %.

Показатель «степень гидролиза» (СГ), % белка определяли по формуле [6]:

$$СГ = \frac{(NAA - NAA_0)}{(NOA - NAA_0)} * 100\%, \quad (3)$$

где NOA – содержание общего азота, %;

NAA₀ – содержание аминного азота в негидролизованном сырье, %;

NAA – содержание аминного азота в гидролизате после гидролиза, %;

Статистическую обработку результатов, полученных не менее чем в трех повторностях, проводили, используя программу Excel Microsoft.

Результаты и их обсуждение. Проведены исследования по изучению влияния режимов предобработки субстратов, приготовленных на основе смеси восстановленных желтка куриного яйца и обезжиренного молока (далее – Ж+ВОМ) в разработанном соотношении на физико-химические и биохимические характеристики гидролизатов.

Разработано семь режимов предобработки субстрата с целью инактивации белков, ингибирующих активность протеаз при проведении гидролиза, путем тепловой обработки при периодическом помешивании. Режимы предобработки отличались температурой, которая варьировала в диапазоне от 55°C до 85°C и временем выдержки (от 15 минут до 2 часов). Компонентный состав субстрата и условие проведения гидролиза идентичны.

Внешний вид субстратов после предобработки представлен на рисунке 1. Субстраты представляли собой однородную непрозрачную жидкость светло-кремового цвета.



Рисунок 1 – Внешний вид субстратов на основе молочно-яичных белков после предобработки

Источник данных: собственная разработка.

Характеристики субстратов, полученных после различных режимов предобработки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики субстратов на основе желтка куриного яйца и ВОМ

Показатель	Режим предобработки						
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
Внешний вид	полупрозрачная жидкость						
Цвет	светло-жёлтый						
Массовая доля белка, %	2,4±0,2						
Содержание общего азота, %	0,39±0,1						
Активная кислотность до обработки субстрата, ед. рН	6,49±0,1						
Активная кислотность после обработки субстрата, ед. рН	6,55	6,63	6,61	6,46	6,58	6,56	6,46
Состояние после обработки	жидкое						

Источник данных: собственная разработка.

Из результатов, представленных в таблице 1, следует, что изученные субстраты на основе смеси желтка и обезжиренного молока после предобработки имели характеристики: массовая доля белка – $(2,4 \pm 0,2) \%$, содержание общего азота – $(0,39 \pm 0,1) \%$.

После доведения субстрата до температуры гидролиза вносили ферментный препарат (алкалаза) с учетом содержания белка. Ферментативный гидролиз проводили при режиме гидролиза $((60 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 5 часов) при периодическом помешивании. Перед инактивацией гидролизата устанавливали pH в диапазоне 7,0–7,2. Фермент инактивировали путем тепловой обработки при температуре $(90 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 15 минут при периодическом помешивании, охлаждали до комнатной температуры и определяли биохимические и физико-химические характеристики. Проведен анализ изменений значений показателей: массовая доля белка, %, массовая доля общего азота, %, массовая доля аминного азота, %, протеолитическая активность, мг⁰% (тирозин + триптофан), активная кислотность после предобработки и в конце гидролиза, ед. pH.

Проведена оценка содержания аминного азота в образцах гидролизатов, полученных на основе смеси желтка куриного яйца и восстановленного обезжиренного молока при семи различных режимах предобработки. Результаты исследований представлены на рисунке 2.

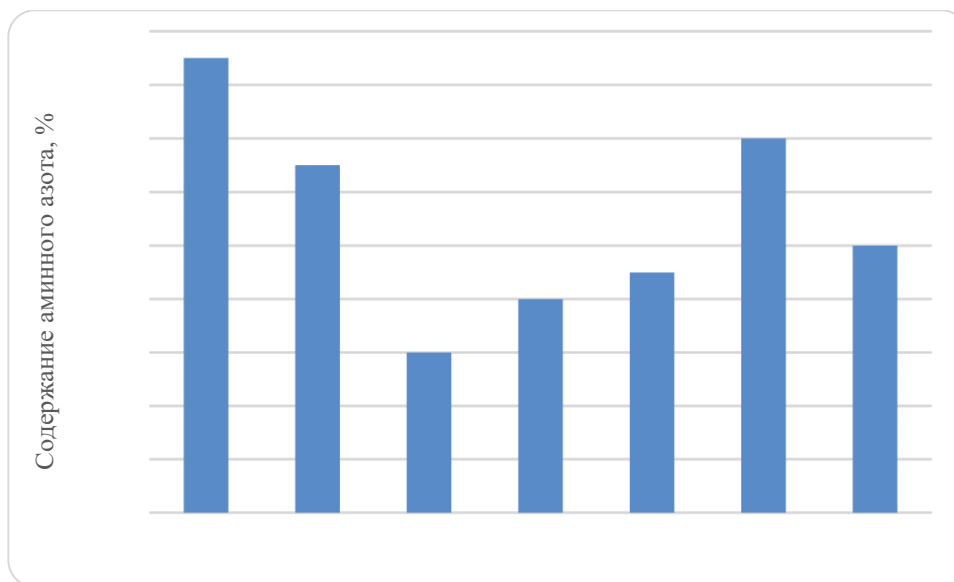


Рисунок 2 – Содержание аминного азота в гидролизатах, полученных на основе смеси желтка и ВОМ при различных режимах предобработки

Источник данных: собственная разработка.

Из результатов, представленных на рисунке 2, содержание аминного азота в исследуемых образцах гидролизатов, полученных с использованием семи различных режимов предобработки определено на уровне $0,106 \pm 0,006 \%$. Максимальные значения аминного азота отмечены в гидролизатах при использовании режимов предобработки: №1 (0,113 %), №2 (0,109 %) и №6 (0,110 %).

Таким образом установлено, что использование режимов предобработки №1, №2 и №6 субстратов, полученных на основе смеси желтка куриного яйца и восстановленного обезжиренного молока, позволяет получить гидролизаты с использованием ферментного препарата алкалаза с наибольшим содержанием аминного азота.

На основе биохимических характеристик гидролизатов (массовая доля общего азота, %, массовая доля аминного азота в негидролизованном сырье и в гидролизате)

рассчитаны показатели «глубина» (формула 2) и «степень» (формула 3) гидролиза для исследуемых образцов. Результаты приведены на рисунках 3, 4.

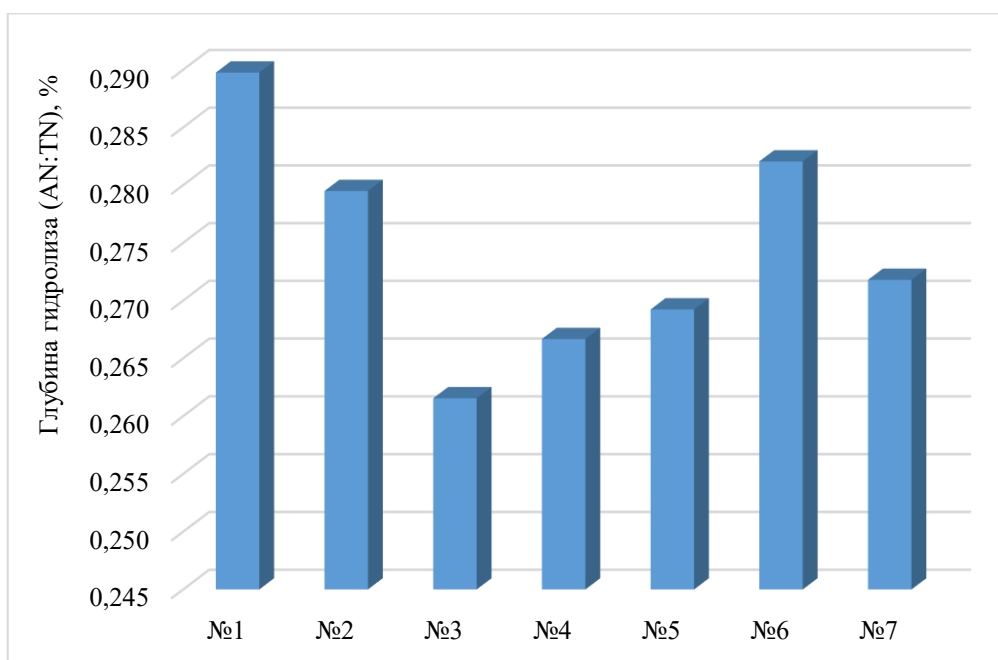


Рисунок 3 – Глубина гидролиза белка в гидролизатах на основе смеси желтка и ВОМ при различных режимах предобработки субстрата
Источник данных: собственная разработка.

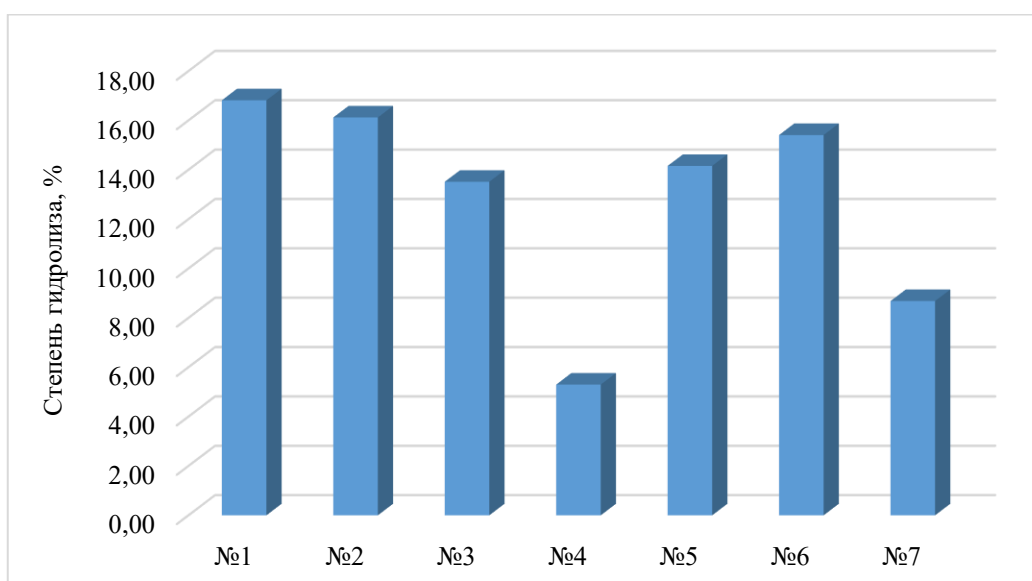


Рисунок 4 – Степень гидролиза белка в гидролизатах на основе смеси желтка и ВОМ при различных режимах предобработки субстрата
Источник данных: собственная разработка.

При анализе расчетных значений показателей «глубины» и «степени» гидролиза, полученных гидролизатов на основе смеси желтка и ВОМ с использованием ферментного препарата алкалазы при различных режимах предобработки субстрата установлено, что глубина гидролиза варьировала в диапазоне от 0,26 % до 0,29 %, при этом min значение составляло 0,26 % при использовании режима предобработки №3. Показатель «степень гидролиза»

варьировал в диапазоне от 5,3 % до 16,82 %. Максимальные значения «степени гидролиза» получены при использовании режимов предобработки №1 (16,82 %), №2 (16,12 %) и №6 (15,41 %), минимальные значения при использовании – №4 (5,30 %) и №7 (8,68 %).

Таким образом установлено, что режим предобработки субстрата на основе смеси желтка куриного яйца и восстановленного обезжиренного молока с использованием ферментного препарата алкалаза оказывает наибольшее влияние на показатель «степень гидролиза», характеризующий обширность расщепления белка, поскольку значения варьируют в достаточно широком диапазоне от 5,30 % до 16,82 %. Вместе с тем следует отметить, что показатель «глубина гидролиза» в зависимости от режима предобработки изменяется незначительно от 0,26 % до 0,29 %.

Проведена оценка протеолитической активности в образцах гидролизатов при различных режимах предобработки (тирозина и триптофана, мг%). Результаты исследований представлены на рисунке 5.

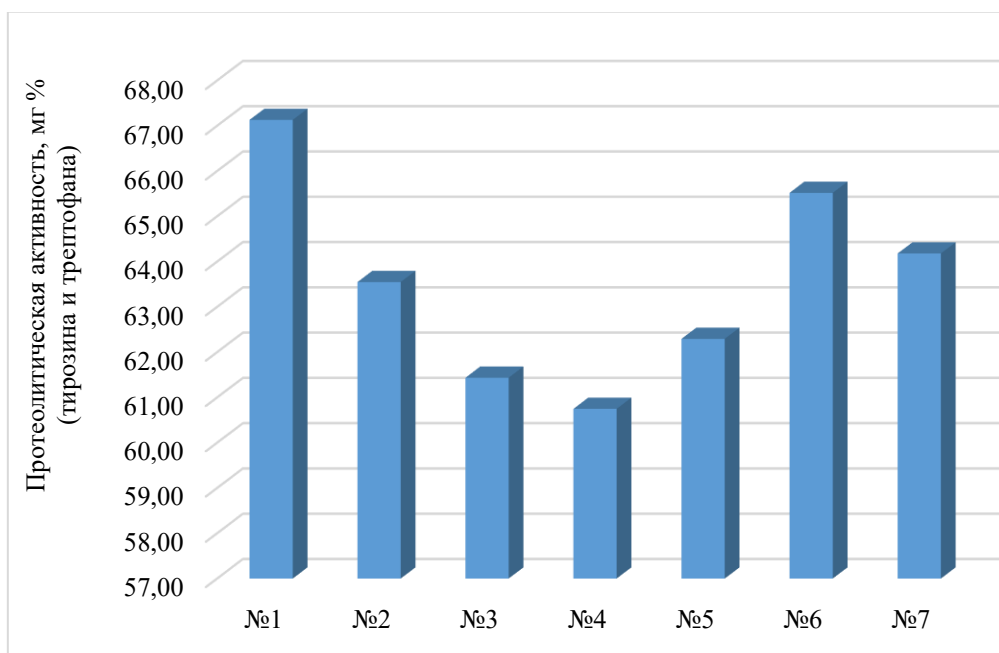


Рисунок 5 – Протеолитическая активность в образцах гидролизатов на основе смеси желтка и ВОМ с использованием фермента алкалаза, при использовании различных режимов предобработки субстрата
Источник данных: собственная разработка.

Значения протеолитической активности (тирозин + триптофан, мг%) в исследуемых образцах гидролизатов на основе смеси желтка куриного яйца и обезжиренного молока с применением ферментного препарата алкалазы при использовании различных семи режимов предобработки субстрата варьировали в диапазоне от 60,75 мг% до 67,13 мг%.

Установлено, что наибольшее содержание (тирозина + триптофана, мг%) отмечено в образцах гидролизатов на основе желтка и восстановленного обезжиренного молока с применением фермента алкалазы при использовании режимов предобработки субстрата № 1 (67,13 мг%) и № 6 (65,52 мг%).

Таким образом, определены оптимальные режимы предобработки субстрата на основе смеси желтка куриного яйца и восстановленного обезжиренного молока с использованием ферментного препарата алкалаза, при которых достигаются биохимические характеристики гидролизатов:

Режим предобработки №1: 67,13 мг% (протеолитическая активность тирозина

и триптофана), 0,113 % (содержание аминного азота), 16,82 % (степень гидролиза), 0,29 % (глубина гидролиза);

Режим предобработки №6: 65,52 мг% (протеолитическая активность тирозина и триптофана), 0,110% (содержание аминного азота), 15,41% (степень гидролиза), 0,28% (глубина гидролиза).

Изучена динамика значений активной кислотности в субстрате на основе смеси желтка куриного яйца и восстановленного обезжиренного молока с использованием ферментного препарата алкалаза после предобработки и в гидролизатах. Полученные данные представлены на рисунке 6.

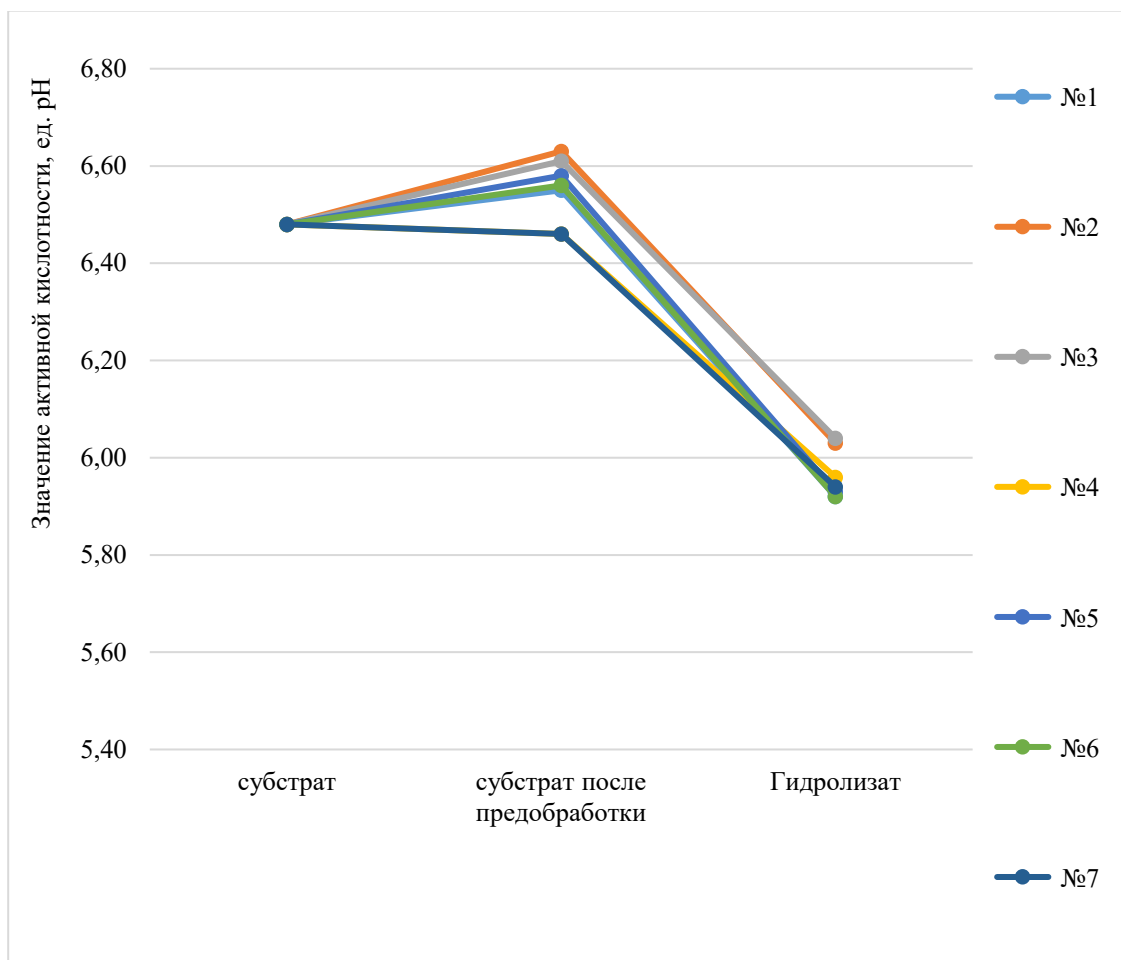


Рисунок 6 – Значения активной кислотности в субстрате на основе смеси желтка и ВОМ с использованием фермента алкалаза, после предобработки и в гидролизатах
Источник данных: собственная разработка.

Установлено, что при использовании режимов предобработки субстратов значения активной кислотности в ферментируемом субстрате снижалось лишь в образцах при использовании режимов предобработки №4 и №7, в остальных образцах отмечено повышение значения активной кислотности ($\Delta 0,07$ – $\Delta 0,15$).

В гидролизатах прирост значений активной кислотности варьировал в диапазоне: от $\Delta 0,44$ ед. рН до $\Delta 0,56$ ед. рН.

Установлено, что наибольший прирост значений активной кислотности отмечен в образцах гидролизатов с режимом предобработки субстрата №1 и №6 ($\Delta 0,56$ ед. рН).

Таким образом, отмечена взаимосвязь изменения активной кислотности в процессе гидролиза субстрата и биохимических характеристик, получаемых гидролизатов, и, следовательно, данный показатель может являться косвенной

характеристикой процесса гидролиза.

Выводы. Проведена оценка физико-химических и биохимических характеристик гидролизатов полученных на основе смеси молочно-яичных белков (желток куриного яйца и восстановленное обезжиренное молоко) с использованием ферментного препарата алкалаза и режимом гидролиза (60 ± 1)°C: массовая доля белка, %, массовая доля общего азота, %, массовая доля аминного азота, %, протеолитическая активность, мг% (тирозин + триптофан, мг%), активная кислотность после предобработки и в конце гидролиза, ед. рН. при 7 режимах предобработки субстрата.

На основании биохимических характеристик гидролизатов (массовая доля общего азота, %, массовая доля аминного азота в негидролизованном сырье и в гидролизате) рассчитаны показатели «глубины гидролиза» и «степени гидролиза» для исследуемых образцов.

Установлено влияние режима предобработки субстрата на снижение ингибирующего действия яичного белка (овомукоида) на протеазу ферментного препарата, что позволяет получить гидролизаты с различной глубиной и степенью гидролиза.

Определено, что при использовании режимов предобработки субстрата на основе смеси желтка куриного яйца и обезжиренного молока – №1 (55 ± 1)°C 2 часа) и № 6 (80 ± 1)°C 15 минут) возможно при дальнейшей ферментации алкалазой при температурном режиме (60 ± 1)°C получить гидролизаты с требуемыми характеристиками: 65,52–67,13 мг% (протеолитическая активность в мг% тирозина и триптофана), 0,113–0,11 % (содержание аминного азота), 15,41–16,82 % (степень гидролиза), 0,28–0,29 % (глубина гидролиза).

Список использованной литературы

1. Сравнительная оценка потенциальных белковых основ микробиологических сред / Ю. С. Ковтун, А. А. Курилова [и др.] // Проблемы особо опасных инфекций. – 2014. – № 3. – С. 92–95. – URL: <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2014-3-92-95> (дата обращения: 28.07.2024)
1. Sravnitel'naya ocenka potencialnyh belkovykh osnov mikrobiologicheskikh sred [Comparative Assessment of Prospective Protein Bases for Microbiological Media] / Yu. S. Kovtun, A. A. Kurilova [i dr.] // Problemy osobo opasnykh infekcij. – 2014. – №3. – S. 92–95. – URL: <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2014-3-92-95> (data obrashcheniya: 28.07.2024)
2. Использование протеолитических ферментов для получения белковых гидролизатов пищевого назначения из вторичного сырья / Е. В. Костылева, А. С. Середя, И. А. Великорецкая [и др.] // Вопросы питания. – 2023. – Т. 92. – № 1. – С. 116–132.
2. Ispolzovanie proteoliticheskikh fermentov dlya polucheniya belkovykh gidrolizatov pishhevogo naznacheniya iz vtorichnogo syrya [Use of proteolytic enzymes to obtain food-grade protein hydrolysates from recycled materials] / E. V. Kostyleva, A. S. Sereda, Velikoreckaya I.A. [i dr.] // Voprosy pitaniya. – 2023. – T. 92. – № 1. – S. 116–132.
3. Луполова, Т. Г. Полиморфизм жидких фракций яичного белка / Т. Г. Луполова, В. Райлян, В. Мачук // Птицефабрика. – 2006. – № 10. – С. 19–20.
3. Lupolova, T. G. Polimorfizm zhidkih frakcij yaichnogo belka [Polymorphism of liquid fractions of egg white] / T. G. Lupolova, V. Rajlyan, V. Machuk // Pticefbrika. – 2006. – № 10. – S. 19–20.
4. Зорин, С. Н. Ферментативные гидролизаты белков молочной сыворотки и куриного яйца: получение, физико-химическая и иммунохимическая характеристика / С. Н. Зорин, Ю. С. Сидорова, В. К. Мазо // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89. – № 1. – С. 64–68. – URL: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10007>.
4. Zorin, S. N. Fermentativnye gidrolizaty belkov molochnoj syvorotki i kurinogo yajca: poluchenie, fiziko-himicheskaya i immunohimicheskaya harakteristika [Enzymatic hydrolysates of whey and chicken egg proteins: production, physicochemical and immunochemical characteristics] / S. N. Zorin, Yu. S. Sidorova, V. K. Mazo // Voprosy pitaniya. – 2020. – T. 89. – № 1. – S. 64–68. – URL: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10007>.

5. Петрова, Е. И. Исследование ферментативного гидролизата белков молочной сыворотки и разработка биоактивного компонента для спортивного питания / Е. И. Петрова, Н.Б. Гаврилова // Аграрный вестник Урала. – 2013. – № 8 (114). – С. 33–36.

6. Свириденко, Ю. Я. Научно-методические подходы к развитию технологии белковых гидролизатов для специального питания. Часть 1. Технология производства и технические характеристики гидролизатов / Ю. Я. Свириденко, Д. С. Мягконосов, Д. В. Абрамов [и др.] // Пищевая промышленность. – 2017. – №5. – С. 30–31.

7. Гармашов, С. Ю. Выбор условий ферментативного гидролиза коллагенсодержащего сырья / С. Ю. Гармашов // Вестник КрасГАУ. – 2018. – №3. – С. 268–273.

5. Petrova, E. I. Issledovanie fermentativnogo gidrolizata belkov molochnoj syvorotki i razrabotka bioaktivnogo komponenta dlya sportivnogo pitaniya [Study of enzymatic hydrolysate of whey proteins and development of a bioactive component for sports nutrition] / E. I. Petrova, N.B. Gavrilova // Agrarnyj vestnik Urala. – 2013. – № 8 (114). – S. 33–36.

6. Sviridenko, Yu. Ya. Nauchno-metodicheskie podhody k razvitiyu tehnologii belkovyh gidrolizatov dlya specialnogo pitaniya. Chast 1. Tehnologiya proizvodstva i tehnicheckie harakteristiki gidrolizatov [Scientific and methodological approaches to the development of protein hydrolysate technology for special nutrition. Part 1. Production technology and technical characteristics of hydrolysates.] / Yu. Ya. Sviridenko, D. S. Myagkonosov, D. V. Abramov [i dr.] // Pishhevaya promyshlennost. – 2017. – №5. – S. 30–31.

7. Garmashov, S. Yu. Vybor uslovij fermentativnogo gidroliza kollagensoderzhashego syrya [Selection of conditions for enzymatic hydrolysis of collagen-containing raw materials] / S. Yu. Garmashov // Vestnik KrasGAU. – 2018. – №3. – S. 268–273.

ТЕХНОЛОГИЯ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

УДК 637.123

Поступила в редакцию 03 ноября 2025 года

*Е.А. Степанова, к.в.н., доцент, Е.М. Дмитрук, Е.В. Ефимова, к.т.н., доцент,
Е.В. Беспалова, к.т.н., доцент, С.И. Вырина
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СОМАТИЧЕСКИХ КЛЕТОК В МОЛОКЕ-СЫРЬЕ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

*E. Stepanova, E. Dmitruk, E. Efimova, E. Bespalova, S. Virina
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

INFLUENCE OF THE CONTENT OF SOMATIC CELLS IN RAW MILK ON THE QUALITY CHARACTERISTICS OF FERMENTED MILK PRODUCTS

*e-mail: serzh-stepanow@yandex.ru, elenadm210187@gmail.com, overie@mail.ru,
bespalova-kat@mail.ru, svetlantana@mail.ru*

В статье представлены результаты исследований по установлению влияния содержания соматических клеток в молоке-сырье на качественные показатели кисломолочных продуктов (йогурт, био-йогурт, биопродукт, простокваша, ацидофилин, кефир). Определено, что при производстве ферментированных молочных продуктов целесообразно использовать молоко-сырье коровье с содержанием соматических клеток не более 400 тыс./см³.

The article presents the results of studies on the effect of the content of somatic cells in raw milk on the quality indicators of fermented dairy products (yogurt, bio-yogurt, bio-product, sour milk, acidophilus, and kefir). It has been determined that it is advisable to use raw cow's milk with a maximum content of somatic cells of 400,000/sm³ when producing fermented dairy products.

Ключевые слова: молоко-сырье коровье, соматические клетки, ферментированные продукты, заквасочная культура.

Keywords: raw cow's milk, somatic cells, fermented products, starter culture.

Введение. Качество и безопасность молочной продукции в значительной степени зависят от используемого молока-сырья. Одним из основных показателей безопасности молока сырого, нормируемого по ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», являются показатели общей бактериальной обсемененности и содержания соматических клеток.

Микробное загрязнение молока-сырья формируется от различных источников (микрофлора вымени и кожных покровов животного, оборудование и инвентарь, вода, воздушная среда, персонал) и зависит от санитарно-гигиенических условий при получении, хранении и транспортировке молока, а также здоровья животных и качества кормов.

Количество соматических клеток в цельном коровьем молоке – один из важных показателей его качества, определяющий сортность молока-сырья, обуславливающий технологическую пригодность молока для производства ряда молочных продуктов. Высокое содержание соматических клеток может свидетельствовать о заболевании коров маститом.

На предприятия для промышленной переработки поступает молоко с различными микробиологическими показателями и содержанием соматических клеток, поэтому для получения высококачественной продукции актуальным является

правильный выбор направлений его переработки в молочные продукты в зависимости от его исходных показателей [1, 2].

Цель исследований – исследование влияния содержания соматических клеток в молоке-сырье на качественные показатели кисломолочных продуктов.

Материалы и методы исследований. Объектами исследований являлись: молоко-сырье коровье с различным содержанием соматических клеток, кисломолочные продукты (йогурт, биоюгурт, биопродукт, простокваша, ацидофилин, кефир).

Определение физико-химических и микробиологических показателей осуществляли в производственно-испытательной лаборатории и лаборатории технологий цельномолочных продуктов и концентратов РУП «Институт мясомолочной промышленности», при этом использовались стандартные методы [3].

Результаты и их обсуждение. Для изучения влияния содержания соматических клеток и количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) на качественные характеристики цельномолочных продуктов были проведены выработки ферментированных молочных продуктов на основе пастеризованного молока, полученного из молока-сырья с различной общей бактериальной обсемененностью и содержанием соматических клеток.

Физико-химические и микробиологические показатели используемого молока-сырья для экспериментальных выработок кисломолочных продуктов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические и микробиологические показатели молока-сырья

Образец молока-сырья	Физико-химические показатели			Микробиологические показатели	
	массовая доля, %				
	жира	белка	сухих веществ	количество соматических клеток, тыс./см ³	КМАФАнМ, КОЕ/см ³
Молоко-сырье №1 (07.04.2025 г.)	3,49	3,43	12,34	92	2,8×10 ⁴
Молоко-сырье №2 (08.04.2025 г.)	3,87	3,47	12,79	439	4,4×10 ⁵
Молоко-сырье №3 (14.04.2025 г.)	3,42	3,44	12,31	850	2,3×10 ⁸
Молоко-сырье №4 (15.04.2025 г.)	3,30	3,56	13,11	620	2,2×10 ⁷

Источник данных: собственная разработка.

Анализ данных, представленных в таблице 1, показал, что образец молока-сырья №1 характеризуется наименьшим содержанием соматических клеток и КМАФАнМ, а именно 92 тыс./см³ и 2,8×10⁴ КОЕ/см³, соответственно. Наибольшим содержанием соматических клеток и КМАФАнМ характеризуется экспериментальный образец №3 – 850 тыс./см³ и 2,3×10⁸ КОЕ/см³, соответственно.

В ходе выполнения научно-исследовательской работы проведены выработки ферментированных продуктов (йогурт, биоюгурт, биопродукт, простокваша, ацидофилин и кефир) на основе молока-сырья с различной бактериальной обсемененностью и содержанием соматических клеток (физико-химические и микробиологические показатели используемого молока-сырья приведены в таблице 1) с использованием соответствующих заквасок производства РУП «Институт мясомолочной промышленности» (Республика Беларусь).

При производстве экспериментальных образцов ферментированных молочных продуктов исследовали влияние содержания соматических клеток и КМАФАнМ на продолжительность сквашивания и характер полученного сгустка (таблица 2).

Таблица 2 – Продолжительность процесса сквашивания и характер сгустка образцов ферментированных молочных продуктов, изготовленных из молока-сырья в зависимости от содержания в нем соматических клеток и КМАФАнМ

Образец № п/п	Продолжи- тельность свашива- ния, ч	Характер сгустка в конце сквашивания	Титруемая кислотность после созревания, °Т
Йогурт	1	плотный, вязкий, глянцевый	84
	2	вязкий, без отделения сыворотки	84
	3	жидкий, неоднородный, незначительное отделение сыворотки	91
	4	не вязкий, глянцевый, незначительное отделение сыворотки	87
Биойогурт	1	плотный, вязкий, глянцевый	82
	2	плотный, неоднородный	84
	3	жидкий, неоднородный, с отделением сыворотки	93
	4	жидкий, неоднородный, значительное отделение сыворотки	91
Биопродукт	1	вязкий, глянцевый	87
	2	слабовязкий	88
	3	жидкий	98
	4		96
Простокваша	1	плотный	96
	2	не вязкий	98
	3	жидкий, не вязкий	112
	4		108
Ацидофилин	1	вязкий, глянцевый	94
	2		94
	3	тягучая консистенция с незначительным газообразованием	101
	4		98
Кефир	1	жидкий, однородный	102
	2		101
	3	жидкий, неоднородный,	114
	4		110

Источник данных: собственная разработка.

Результаты исследований влияния различного содержания соматических клеток и КМАФАнМ на продолжительность сквашивания и характер полученного сгустка ферментированных молочных продуктов, представленные в таблице 2, свидетельствуют о том, что с увеличением содержания соматических клеток и КМАФАнМ увеличивается продолжительность сквашивания. Так, при использовании молока №1 (содержание соматических клеток 92 тыс./см³, КМАФАнМ 2,8×10⁴ КОЕ/см³) при производстве йогурта продолжительность сквашивания составила 4,0 часа, сгусток был плотным, вязким. При использовании молока №2 (содержание соматических клеток 439 тыс./см³, КМАФАнМ 4,4×10⁵ КОЕ/см³) продолжительность сквашивания составила 4,5 ч, что свидетельствует об увеличении процесса в 1,1 раза. А при использовании молока №3 (содержание соматических клеток 850 тыс./см³, КМАФАнМ 2,3×10⁸ КОЕ/см³) и №4 (содержание соматических клеток 620 тыс./см³, КМАФАнМ 2,2×10⁷ КОЕ/см³) продолжительность сквашивания составила 6,1 и 5,3 часа, что свидетельствует об увеличении процесса сквашивания в 1,3–1,5 раза.

Аналогичная тенденция наблюдается и для иных видов кисломолочных продуктов. При производстве биоюгурта из молока №3 и №4 продолжительность сквашивания увеличивается в 1,25–1,45 раза, биопродукта – в 1,5–1,85 раза, простокваша – в 1,38–1,72 раза, ацидофилина – в 1,18–1,31 раза, кефира – в 1,12–1,23 раза. При производстве биоюгурта из молока №2 продолжительность сквашивания увеличивается в 1,15 раза, а при производстве биопродукта – в 1,07 раза.

Следует отметить, что использование молока-сырья с высоким содержанием соматических клеток (620 тыс./см^3 , 850 тыс./см^3) и КМАФАнМ ($2,2 \times 10^7 \text{ КОЕ/см}^3$, $2,3 \times 10^8 \text{ КОЕ/см}^3$) способствует получению невязкого или слабовязкого, жидкого, нетипичного сгустка.

Исследованы микробиологические показатели экспериментальных образцов кисломолочных продуктов, изготовленных из молока-сырья коровьего с различным содержанием соматических клеток и КМАФАнМ, в начале и в конце срока хранения (7 суток) при температуре $(4 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Микробиологические показатели экспериментальных образцов кисломолочных продуктов

Образец		Перед закладкой на хранение		Через 7 суток хранения			
		<i>St. thermophilus</i> , КОЕ/см ³	<i>Lb. bulgaricus</i> , КОЕ/см ³	<i>St. thermophilus</i> , КОЕ/см ³	<i>Lb. bulgaricus</i> , КОЕ/см ³		
Йогурт	1	$1,5 \times 10^8$	$8,0 \times 10^5$	$1,5 \times 10^9$	$2,3 \times 10^7$		
	2	$1,4 \times 10^8$	$7,8 \times 10^5$	$1,1 \times 10^9$	$1,6 \times 10^7$		
	3	$3,5 \times 10^6$	$1,0 \times 10^5$	$4,2 \times 10^6$	$6,3 \times 10^5$		
	4	$4,6 \times 10^7$	$1,2 \times 10^5$	$6,2 \times 10^7$	$1,3 \times 10^6$		
Образец		Перед закладкой на хранение			Через 7 суток хранения		
		<i>Lb. bulgaricus</i> , КОЕ/см ³	Бифидо- бактерии, КОЕ/см ³	<i>St. thermophilus</i> , КОЕ/см ³	<i>Lb. bulgaricus</i> , КОЕ/см ³	Бифидо- бактерии, КОЕ/см ³	<i>St. thermophilus</i> , КОЕ/см ³
Биоюгурт	1	$1,2 \times 10^7$	$6,2 \times 10^8$	$2,7 \times 10^8$	$2,0 \times 10^8$	$4,0 \times 10^8$	$5,5 \times 10^9$
	2	$1,7 \times 10^6$	$4,8 \times 10^8$	$2,5 \times 10^8$	$2,3 \times 10^7$	$4,0 \times 10^7$	$1,9 \times 10^9$
	3	$5,9 \times 10^5$	$3,0 \times 10^7$	$5,0 \times 10^6$	$4,9 \times 10^6$	$1,2 \times 10^6$	$3,0 \times 10^7$
	4	$1,2 \times 10^6$	$2,1 \times 10^7$	$5,3 \times 10^7$	$1,5 \times 10^7$	$1,5 \times 10^6$	$3,3 \times 10^8$
Образец		Перед закладкой на хранение			Через 7 суток хранения		
		Бифидо- бактерии, КОЕ/см ³	<i>St. thermophilus</i> , КОЕ/см ³	<i>Lactobacillus acidophilus</i> , КОЕ/см ³	Бифидо- бактерии, КОЕ/см ³	<i>St. thermophilus</i> , КОЕ/см ³	<i>Lactobacillus acidophilus</i> , КОЕ/см ³
Биопродукт	1	$4,0 \times 10^8$	$1,3 \times 10^9$	$1,5 \times 10^6$	$3,4 \times 10^8$	$1,5 \times 10^{10}$	$1,0 \times 10^6$
	2	$3,2 \times 10^8$	$1,2 \times 10^9$	$1,3 \times 10^6$	$3,4 \times 10^7$	$6,3 \times 10^9$	$1,0 \times 10^5$
	3	$5,0 \times 10^6$	$2,4 \times 10^7$	$2,0 \times 10^5$	$2,8 \times 10^5$	$2,6 \times 10^7$	$9,5 \times 10^3$
	4	$4,0 \times 10^7$	$2,1 \times 10^8$	$6,0 \times 10^5$	$3,2 \times 10^6$	$4,2 \times 10^8$	$3,5 \times 10^4$
Образец		Перед закладкой на хранение			Через 7 суток хранения		
		Молочнокислые микроорганизмы, КОЕ/см ³			Молочнокислые микроорганизмы, КОЕ/см ³		
Простокваша	1	$4,4 \times 10^7$			$4,5 \times 10^8$		
	2	$4,2 \times 10^7$			$3,2 \times 10^8$		
	3	$2,9 \times 10^7$			$1,3 \times 10^8$		
	4	$3,2 \times 10^7$			$2,1 \times 10^8$		
Образец		Перед закладкой на хранение			Через 7 суток хранения		
		<i>Lactobacillus acidophilus</i> , КОЕ/см ³			<i>Lactobacillus acidophilus</i> , КОЕ/см ³		
Ацидофилин	1	$2,1 \times 10^9$			Ацидофилин		
	2	$2,0 \times 10^9$			$3,2 \times 10^8$		
	3	$1,1 \times 10^9$			$1,3 \times 10^8$		
	4	$1,9 \times 10^9$			$2,1 \times 10^8$		

Продолжение таблицы 3

Образец	Перед закладкой на хранение		Через 7 суток хранения
	Молочнокислые микроорганизмы, КОЕ/см ³	Дрожжи, КОЕ/см ³	Молочнокислые микроорганизмы, КОЕ/см ³
Кефир	1	1,5×10 ⁸	9,2×10 ⁸
	2	6,4×10 ⁷	9,7×10 ⁷
	3	1,4×10 ⁷	1,7×10 ⁷
	4	5,5×10 ⁷	7,2×10 ⁷

Источник данных: собственная разработка.

Анализ результатов исследований (таблица 3) показал, что при производстве ферментированных молочных продуктов увеличение содержания соматических клеток и КМАФАнМ в исходном молоке-сырье способствует снижению содержания заквасочных микроорганизмов. Так при производстве йогурта из молока-сырья с содержанием соматических клеток 92 тыс./см³ и КМАФАнМ 2,8×10⁴ КОЕ/см³ содержание *St. thermophilus* составило 1,5×10⁸ КОЕ/см³, содержание *Lb. bulgaricus* составило 8,0×10⁵ КОЕ/см³, а при использовании молока с содержанием соматических клеток 439 тыс./см³ и КМАФАнМ 4,4×10⁵ КОЕ/см³ содержание *St. thermophilus* составило 1,4×10⁸ КОЕ/см³ (в 1,1 раза ниже по сравнению с первым образцом), содержание *Lb. bulgaricus* составило 7,8×10⁵ КОЕ/см³ (в 1,02 раза ниже по сравнению с первым образцом), при использовании молока с содержанием соматических клеток 620 тыс./см³ и КМАФАнМ 2,2×10⁷ КОЕ/см³ содержание *St. thermophilus* составило 4,6×10⁷ КОЕ/см³ (в 3,26 раза ниже по сравнению с первым образцом), содержание *Lb. bulgaricus* составило 1,2×10⁵ КОЕ/см³ (в 6,67 раза ниже по сравнению с первым образцом), при использовании молока с содержанием соматических клеток 850 тыс./см³ и КМАФАнМ 2,3×10⁸ КОЕ/см³ содержание *St. thermophilus* составило 3,5×10⁷ КОЕ/см³ (в 3,26 раза ниже по сравнению с первым образцом), содержание *Lb. bulgaricus* составило 1,0×10⁵ КОЕ/см³ (в 8,0 раз ниже по сравнению с первым образцом).

Аналогичная тенденция отмечается при производстве биокефира из данного молока-сырья: при производстве биокефира из молока-сырья с содержанием соматических клеток 92 тыс./см³ и КМАФАнМ 2,8×10⁴ КОЕ/см³ содержание *St. thermophilus* составило 2,7×10⁸ КОЕ/см³, содержание *Lb. bulgaricus* составило 1,2×10⁷ КОЕ/см³, содержание бифидобактерий составило 6,2×10⁸ КОЕ/см³, а при использовании молока с содержанием соматических клеток 439 тыс./см³ и КМАФАнМ 4,4×10⁵ КОЕ/см³ содержание *St. thermophilus* составило 2,5×10⁸ КОЕ/см³ (снижение в 1,08 раза), содержание *Lb. bulgaricus* составило 1,7×10⁶ КОЕ/см³ (снижение в 7,06 раза), содержание бифидобактерий составило 4,8×10⁸ КОЕ/см³ (снижение в 1,29 раза), а при использовании молока с содержанием соматических клеток 620 тыс./см³ и КМАФАнМ 2,2×10⁷ КОЕ/см³ содержание *St. thermophilus* составило 5,3×10⁷ КОЕ/см³ (ниже в 5,09 раза), содержание *Lb. bulgaricus* составило 1,2×10⁶ КОЕ/см³ (снижение в 10,0 раз), содержание бифидобактерий составило 2,1×10⁷ КОЕ/см³ (снижение в 29,52 раза), при использовании молока с содержанием соматических клеток 850 тыс./см³ и КМАФАнМ 2,3×10⁸ КОЕ/см³ содержание *St. thermophilus* составило 5,0×10⁶ КОЕ/см³ (снижение в 5,4 раза), содержание *Lb. bulgaricus* составило 5,9×10⁵ КОЕ/см³ (снижение в 20,33 раза), содержание бифидобактерий составило 3,0×10⁷ КОЕ/см³ (снижение в 20,66 раза).

При производстве биопродукта из молока-сырья с содержанием соматических клеток 92 тыс./см³ и КМАФАнМ 2,8×10⁴ КОЕ/см³ содержание *St. thermophilus* составило 1,3×10⁹ КОЕ/см³, содержание *Lactobacillus acidophilus* составило 1,5×10⁶ КОЕ/см³, содержание бифидобактерий составило 4,0×10⁸ КОЕ/см³, а при использовании молока с содержанием соматических клеток 439 тыс./см³ и КМАФАнМ

$4,4 \times 10^5$ КОЕ/см³ содержание *St. thermophilus* составило $1,2 \times 10^9$ КОЕ/см³ (снижение в 1,08 раза), содержание *Lactobacillus acidophilus* составило $1,3 \times 10^6$ КОЕ/см³ (снижение в 1,15 раза), содержание бифидобактерий составило $3,2 \times 10^8$ КОЕ/см³ (снижение в 1,25 раза), при использовании молока с содержанием соматических клеток 620 тыс./см³ и КМАФАнМ $2,2 \times 10^7$ КОЕ/см³ содержание *St. thermophilus* составило $2,1 \times 10^8$ КОЕ/см³ (ниже в 6,2 раза), содержание *Lactobacillus acidophilus* составило $6,0 \times 10^5$ КОЕ/см³ (снижение в 2,5 раза), содержание бифидобактерий составило $4,0 \times 10^7$ КОЕ/см³ (снижение в 10 раз), при использовании молока с содержанием соматических клеток 850 тыс./см³ и КМАФАнМ $2,3 \times 10^8$ КОЕ/см³ содержание *St. thermophilus* составило $2,4 \times 10^7$ КОЕ/см³ (снижение в 54,1 раза), содержание *Lactobacillus acidophilus* составило $2,0 \times 10^5$ КОЕ/см³ (снижение в 7,5 раз), содержание бифидобактерий составило $5,0 \times 10^6$ КОЕ/см³ (снижение в 80 раз).

Также при производстве простокваши отмечается снижение молочнокислых микроорганизмов с увеличением содержания соматических клеток и КМАФАнМ в исходном молоке-сырье. Так при использовании молока с содержанием соматических клеток 92 тыс./см³ и КМАФАнМ $2,8 \times 10^4$ КОЕ/см³ содержание молочнокислых микроорганизмов составило $4,4 \times 10^7$ КОЕ/см³, при содержании соматических клеток 439 тыс./см³ и КМАФАнМ $4,4 \times 10^7$ КОЕ/см³ количество молочнокислых микроорганизмов составило $4,2 \times 10^7$ КОЕ/см³ (снижение в 1,05 раза), при использовании молока с содержанием соматических клеток 620 тыс./см³ и КМАФАнМ $2,2 \times 10^7$ КОЕ/см³ содержание молочнокислых микроорганизмов снижается до $3,2 \times 10^7$ КОЕ/см³ (снижение в 1,4 раза), при использовании молока с содержанием соматических клеток 850 тыс./см³ и КМАФАнМ $2,3 \times 10^8$ КОЕ/см³ содержание молочнокислых микроорганизмов составило $2,9 \times 10^7$ КОЕ/см³ (снижение 1,51 раза).

При производстве ацидофилина из молока-сырья с содержанием соматических клеток 92 тыс./см³ и КМАФАнМ $2,8 \times 10^4$ КОЕ/см³ содержание *Lactobacillus acidophilus* составило $2,1 \times 10^9$ КОЕ/см³, при использовании молока с содержанием соматических клеток 439 тыс./см³ и КМАФАнМ $4,4 \times 10^5$ КОЕ/см³ содержание *Lactobacillus acidophilus* составило $2,0 \times 10^9$ КОЕ/см³ (снижение в 1,05 раза), при использовании молока с содержанием соматических клеток 620 тыс./см³ и КМАФАнМ $2,2 \times 10^7$ КОЕ/см³ содержание *Lactobacillus acidophilus* составило $1,9 \times 10^9$ КОЕ/см³ (снижение в 1,1 раза), при использовании молока с содержанием соматических клеток 850 тыс./см³ и КМАФАнМ $2,3 \times 10^8$ КОЕ/см³ содержание *Lactobacillus acidophilus* составило $1,1 \times 10^9$ КОЕ/см³ (снижение в 1,9 раза).

При производстве кефира отмечается снижение содержания молочнокислых микроорганизмов при увеличении содержания соматических клеток и КМАФАнМ, так при использовании молока-сырья с содержанием соматических клеток 439 тыс./см³ и КМАФАнМ $4,4 \times 10^5$ КОЕ/см³ содержание молочнокислых микроорганизмов составляет $6,4 \times 10^7$ КОЕ/см³ (снижение в 2,34 раза), при использовании молока с содержанием соматических клеток 620 тыс./см³ и КМАФАнМ $2,2 \times 10^7$ КОЕ/см³ содержание молочнокислых микроорганизмов составляет $5,5 \times 10^7$ КОЕ/см³ (снижение в 2,72 раза), при использовании молока с содержанием соматических клеток 850 тыс./см³ и КМАФАнМ $2,3 \times 10^8$ КОЕ/см³ содержание молочнокислых микроорганизмов составляет $1,4 \times 10^7$ КОЕ/см³ (снижение в 10,7 раза).

При производстве кефира из молока с содержанием соматических клеток 92 тыс./см³ и КМАФАнМ $2,8 \times 10^4$ КОЕ/см³ и молока с содержанием соматических клеток 439 тыс./см³ и КМАФАнМ $4,4 \times 10^5$ КОЕ/см³ содержание дрожжей составило $1,0 \times 10^3$ КОЕ/см³.

Таким образом проведенные исследования показывают, что способность молока-сырья к сквашиванию снижается при увеличении в нем соматических клеток и КМАФАнМ. Так, при содержании в молоке соматических клеток 439 тыс./см³ содержание *St. thermophilus* снижается незначительно в 1,08–1,15 раза, содержание

Lb. bulgaricus снижается в 1,02–7,06 раза, содержание бифидобактерий снижается в 1,25–1,29 раз, содержание *Lactobacillus acidophilus* снижается в 1,05–1,15 раза, содержание молочнокислых микроорганизмов снижается в 1,05–2,34 раза, а при содержании соматических клеток 620 тыс./см³ содержание *St. thermophilus* снижается в 3,26–6,2 раза, содержание *Lb. bulgaricus* снижается в 6,67–10 раз, содержание бифидобактерий снижается в 10–29,52 раза, содержание *Lactobacillus acidophilus* снижается в 1,1–2,5 раза, содержание молочнокислых микроорганизмов снижается в 1,4–2,72 раза, при содержании соматических клеток 850 тыс./см³ содержание *St. thermophilus* снижается в 3,26–54,1 раз, содержание *Lb. bulgaricus* снижается в 8,0–20,66 раз, содержание бифидобактерий снижается в 20,66–80,0 раз, содержание *Lactobacillus acidophilus* снижается в 1,9–7,5 раз, содержание молочнокислых микроорганизмов снижается в 1,51–10,7 раза.

Следует отметить, что при хранении ферментированных молочных продуктов, изготовленных из молока с содержанием соматических клеток 92 тыс./см³ и КМАФАнМ $2,8 \times 10^4$ КОЕ/см³, в течение 7 суток при температуре (4±2)°С наблюдается незначительный рост *St. thermophilus* в 10,0–20,37 раз, содержание *Lb. bulgaricus* увеличилось в 23,33–28,75 раза, содержание бифидобактерий незначительно снижается в 1,18–1,55 раза, содержание *Lactobacillus acidophilus* снижается в 1,5–10,0 раза, содержание молочнокислых микроорганизмов снижается в 6,13–10,23 раза.

При хранении ферментированных молочных продуктов, изготовленных из молока-сырья с содержанием соматических клеток 439 тыс./см³ и КМАФАнМ $4,4 \times 10^5$ КОЕ/см³ отмечается незначительный рост *St. thermophilus* в 5,25–7,86 раз, содержание *Lb. bulgaricus* увеличилось в 13,53–20,51 раза, содержание бифидобактерий незначительно снижается в 9,41–12,0 раза, содержание *Lactobacillus acidophilus* снижается в 13,0–16,67 раза, содержание молочнокислых микроорганизмов снижается в 2,37–7,62 раза.

Следует отметить, что при хранении ферментированных молочных продуктов, изготовленных из молока-сырья с содержанием соматических клеток 850 тыс./см³ и КМАФАнМ $2,3 \times 10^8$ КОЕ/см³ наблюдается наименьший рост *St. thermophilus* в 1,08–6 раз, *Lb. bulgaricus* в 6,3–8,31 раза, молочнокислых микроорганизмов в 1,21–4,48 раза и наибольшее снижение бифидобактерий в 17,86–25,00 раза и *Lactobacillus acidophilus* в 21,05–25,58 раза.

Также изучено влияние содержания КМАФАнМ на реологические свойства кисломолочных продуктов, изготовленных из молока-сырья с различным содержанием КМАФАнМ и соматических клеток. Полученные результаты приведены на рисунке 1.

Анализ реологических показателей (рисунок 1) показал, что вязкость экспериментальных образцов кисломолочных продуктов снижается с увеличением содержания соматических клеток и КМАФАнМ. Наибольшей вязкостью обладают экспериментальные образцы ферментированных молочных продуктов, изготовленные из молока-сырья с содержанием соматических клеток 92 тыс./см³ и КМАФАнМ $2,8 \times 10^4$ КОЕ/см³, наименьшее значение эффективной вязкости отмечается у экспериментальных образцов, изготовленных из молока-сырья с содержанием 850 тыс./см³ и КМАФАнМ $2,3 \times 10^8$ КОЕ/см³.

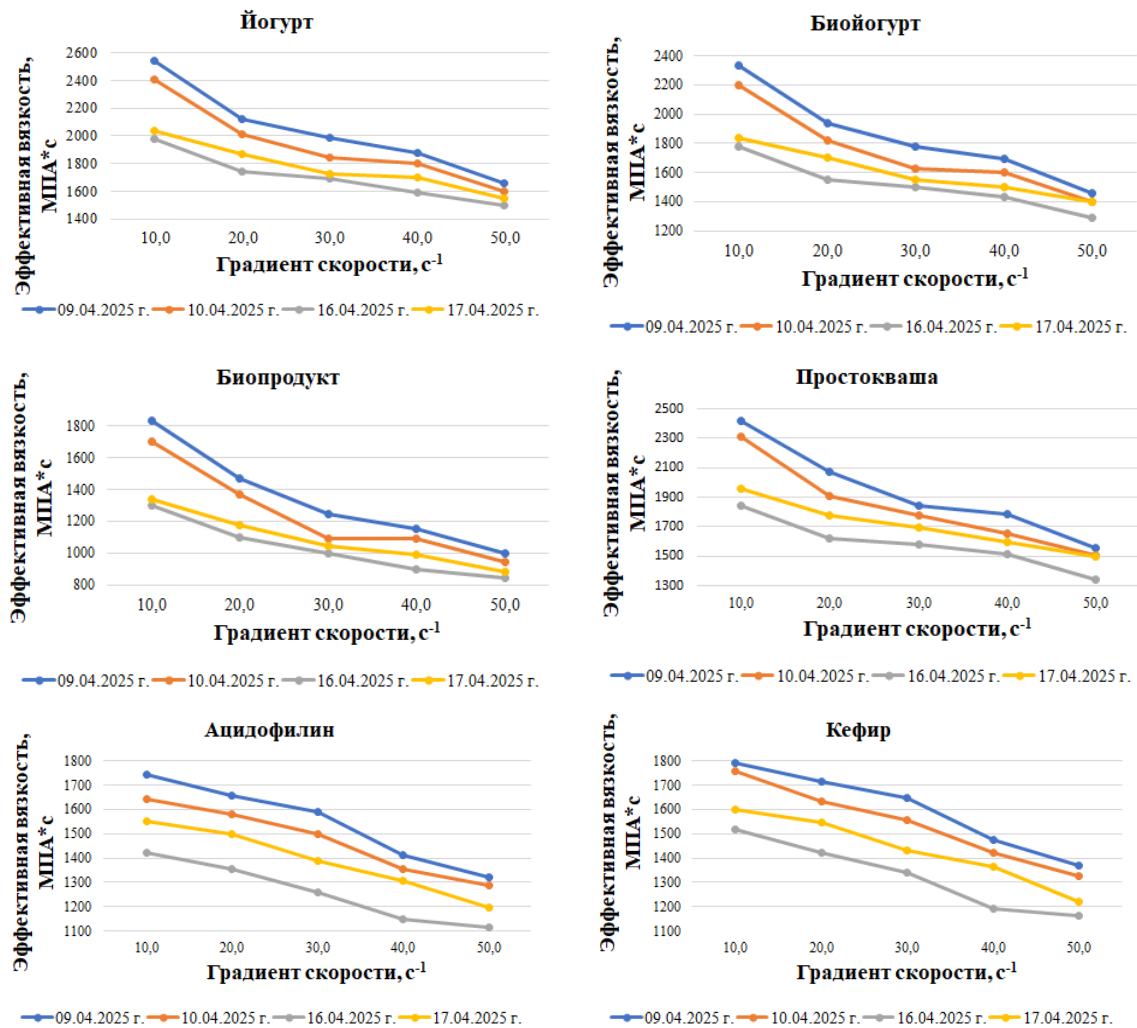


Рисунок 1 – Реограмма экспериментальных образцов ферментированных молочных продуктов, изготовленных из молока с различным содержанием соматических клеток и КМАФАнМ
 Источник: собственная разработка.

Выводы. Таким образом, определено, что при производстве кисломолочных продуктов целесообразно использовать молоко-сырье коровье с содержанием соматических клеток не более 400 тыс./см³, так как содержание соматических клеток выше указанного значения увеличивает время сквашивания, ухудшает органолептические характеристики получаемого продукта, снижает способность молока к сквашиванию.

Список использованных источников

1. Шабшаевич, М. Л. Определение содержания соматических клеток в молоко-сырье / М. Л. Шабшаевич, В. П. Шидловская // Молочная промышленность. – 2007. – № 2. – С. 30–32.

1. Shabshayevich, M. L. Opredeleniye soderzhaniya somaticheskikh kletok v moloke-syr'ye [Determination of somatic cell content in raw milk] / M. L. Shabshayevich, V. P. Shidlovskaya // Molochnaya promyshlennost'. – 2007. – № 2. – S. 30–32.

2. Савельев, А. А. Факторы, влияющие на качество и безопасность сыров / А. А. Савельев М. Ю. Сорокин, Л. К. Шнейдер, А. Т. Крышин, С. А. Савельев, В. П. Дмитриева // Сыроделие и маслоделие. – 2003. – № 1. – С. 11.
3. Меркулова, Н. Г. Производственный контроль в молочной промышленности: практ. рук. / Н. Г. Меркулова, М. Ю. Меркулов, И. Ю. Меркулов. – СПб. : Профессия. 2010. – 653 с.
4. Свириденко, Г. М. Пищевая промышленность. Микробиологические риски при производстве молока и молочных продуктов: [монография] / Г. М. Свириденко. – М. : Изд-во Россельхозакадемии, 2009. – 246 с.
5. Зарицкая, В. В. Микробиология молока и молочных продуктов: учеб. пособие / В. В. Зарицкая; Ю. И. Держапольская. – Благовещенск : Изд-во Дальневосточного гос. аграрного ун-та, 2017. – 89 с.
2. Savel'ev, A. A. Faktory, vliyayushhie na kachestvo i bezopasnost' sy'rov [Factors Affecting the Quality and Safety of Cheeses] / A. A. Savel'ev M. Yu. Sorokin, L. K. Shnejder, A. T. Kry'shin, S. A. Savel'ev, V. P. Dmitrieva // Sy'rodelie i maslodelie. – 2003. – № 1. – S. 11.
3. Merkulova, N. G. Proizvodstvennyy kontrol' v molochnoy promyshlennosti [Industrial control in the dairy industry] : prakt. ruk. / N. G. Merkulova, M. YU. Merkulov, I. YU. Merkulov. – SPb. : Professiya. 2010. – 653 s.
4. Sviridenko, G. M. Pishchevaya promyshlennost'. Mikrobiologicheskiye riski pri proizvodstve moloka i molochnykh produktov [Food Industry. Microbiological Risks in Milk and Dairy Product Production] : [monografiya] / G. M. Sviridenko. – M. : Izd-vo Rossel'khozakademii, 2009. – 246 s.
5. Zaritskaya, V. V. Mikrobiologiya moloka i molochnykh produktov [Microbiology of milk and dairy products] : ucheb. posobiye / V. V. Zaritskaya; YU. I. Derzhapol'skaya. – Blagoveshchensk : Izd-vo Dal'nevostochnogo gos. agrarnogo un-ta, 2017. – 89 s.

Л.Л. Богданова¹, к.т.н., доцент, В.В. Боброва¹, Ю.В. Бондаренко²
¹Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь
²ОАО «Молочный Мир»

ОПТИМИЗАЦИЯ СТЕПЕНИ ГИДРОЛИЗА НОРМАЛИЗОВАННОЙ МОЛОЧНОЙ СМЕСИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕЗЛАКТОЗНЫХ СЫРОВ

L. Bahdanava¹, V. Bobrova¹, Y. Bondarenko²
¹Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus
²JSC «Molochny Mir»

OPTIMIZATION OF THE DEGREE OF HYDROLYSIS OF NORMALIZED MILK MIXTURE FOR LACTOSE-FREE CHEESE PRODUCTION

e-mail: bogdanova_ll@tut.by, viktoriakovaleva000@gmail.com, yurabondarenko91@gmail.com

В статье представлен анализ изучения и определения оптимальных технологических условий гидролиза нормализованной молочной смеси для разработки безлактозных сыров. Отобраны и изучены три ферментных препарата β -галактозидазы разных изготовителей. Установлены закономерности влияния на гидролиз температурного режима, дозировки ферментов и режимов перемешивания.

The article presents an analysis of the study and determination of optimal technological conditions of hydrolysis of normalized milk mixture for the development of lactose-free cheeses. Three enzyme preparations of β -galactosidase from different manufacturers were selected and studied. The effects of temperature, enzyme dosage and mixing modes on hydrolysis were determined.

Ключевые слова: лактоза, пастеризация, ультрафильтрация, гидролиз, фермент, сыр безлактозный.

Keywords: lactose, pasteurization, ultrafiltration, hydrolysis, enzyme, lactose-free cheese.

Введение. Для производства безлактозных продуктов в пищевой промышленности наиболее эффективным является ферментативный гидролиз лактозы, который осуществляется с помощью фермента β -галактозидазы (лактазы), воздействующего на сырье, содержащее лактозу. Этот процесс может выполняться как с использованием растворимых форм β -галактозидазы, так и с применением иммобилизованных ферментов [1–3]. Одним из основных преимуществ использования иммобилизованных ферментов в молочной промышленности является то, что иммобилизация позволяет увеличить диапазон температурных и pH-оптимумов для многих биокатализаторов, включая β -галактозидазу [4–6].

Несмотря на явные преимущества, технологии ферментативного гидролиза лактозы с использованием иммобилизованных ферментных систем имеют сложные технические аспекты и могут быть экономически нецелесообразными для производства безлактозных продуктов. В пищевой промышленности более целесообразно использовать β -галактозидазу в растворимой форме, особенно если не требуется полное (100%) расщепление молочного сахара в сырье [4, 7–9].

Цель работы – определение оптимальных технологических условий гидролиза нормализованной молочной смеси для разработки безлактозных сыров.

Методы исследований. Отбор проб молока и молочных продуктов, подготовку их к анализам проводили в соответствии с ГОСТ 26809-96; измерение pH – по ГОСТ 26781-85; определение титруемой кислотности – по ГОСТ 3624; измерение плотности молока – по ГОСТ 3625, п.2; измерение массовой доли жира – по ГОСТ 5867; измерение массовой доли влаги и сухого вещества – по ГОСТ 3626. Определение лактозы в гидролизованной молочной смеси проводили по: «Государственная система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Степень гидролиза лактозы». Методика выполнения измерений», утв. РУП «Институт мясо-молочной промышленности» 04.07.2022 г.

Средства измерений, вспомогательные оборудование: сыроизготовитель «Casaro» (Ярославль, Россия), лабораторная ультрафильтрационная установка Я23-ОУФ, лабораторная баромембранная установка Я23-ОУН, электроплита ЭПЧ 2,2, шкаф сушильный HS 61 А, магнитная мешалка ММ2А, pH –метр HI 8314, ультратермостат U2, весы ВСЛ-400/1, хладотермостат воздушный ХТ-3/40, холодильник ШВУ-0,4-1,3-20, весы EW 6200, набор гирь 2 класса точности, печь муфельная SNOL 7,2/1100, прибор для определения влажности Testo 625, рулонные мембраны: мембрана производства Alfa Laval и мембрана НрНТ 8038-К131, центрифуга MPW-210.

Результаты и их обсуждение. Для проведения исследований отобраны три ферментных препарата β -галактозидазы разных изготовителей, относящихся к нейтральным лактазам:

– препараты «Maxilakt» компании DSM Food Specializaties – очищенные препараты лактазы, выделенные из штаммов дрожжей *Saccharomyces (Kluveromyces) marxianus* var. *Lactis*, заявленной активностью 6500 NLU/г и 5000 NLU/г (Neutral Lactase Unit, далее в тексте NLU);

– лактаза «Biolactase L» компании Kerry – выделена из штаммов дрожжей *Kluveromyces lactis* и относится к нейтральным ферментам. Оптимум действия данного фермента составляет около 6,0 ед. pH. Ассортиментный ряд ферментов «Biolactase L» представлен двумя видами препаратов «Biolactase L20» и «Biolactase L40» с активностями 20000 GU/ml NLU/г и 48000 GU/ml соответственно.

– лактаза «ASTROLACT LX» компании Calza Clemente (Италия) выделена из штаммов дрожжей *Kluveromyces lactis* и также относится к нейтральным ферментам. Оптимум действия данного фермента составляет 6,6–6,8 ед. pH и 35–40 °С. Ассортиментный ряд ферментов «ASTROLACT LX» представлен двумя видами препаратов «ASTROLACT LX2000» и «ASTROLACT LX5000» с активностью 2000 и 5000 NLU/г соответственно.

Известно, что ферменты, обладающие одинаковой функцией, но выделенные из разных источников, отличаются друг от друга некоторыми свойствами, которые характерны лишь для данного фермента. Кроме того, различными компаниями-производителями заявляется абсолютно разная активность препаратов β -галактозидазы (от 2000 до 40000 ед). Причем активность может выражаться в NLU (Neutral Lactase Unit)/г (см³), BLU (Bifidobacterium Lactase)/г (см³) или GU (Gram Unit)/см³. BLU и GU не пересчитываются и не соотносятся с другими единицами, такими как NLU. В связи с изложенным, для того чтобы обеспечить максимальную воспроизводимость экспериментов, отработка основных параметров процесса гидролиза лактозы в рамках выполнения мероприятия проводилась в лаборатории технологий сыроделия и маслоделия РУП «Институт мясо-молочной промышленности» на модельных растворах лактозы. В первой серии экспериментов за основу взят 5 % раствор лактозы с активной кислотностью 6,91 ед. pH.

Массовую долю лактозы на первых этапах исследований определяли йодометрическим методом, т.к. в условиях производственной лаборатории йодометрический метод определения молочного сахара является наиболее

осуществимым. В процессе ферментативного гидролиза количество восстанавливающих сахаров возрастает за счет распада молекулы лактозы на глюкозу и галактозу, следовательно, возрастает и количество способных к окислению альдегидных групп. Таким образом, формула расчета, приведенная в арбитражном методе, будет учитывать суммарное количество редуцирующих сахаров (лактозы, глюкозы и галактозы).

В методике выполнения измерений, утвержденной РУП «Институт мясо-молочной промышленности», приведен расчет, согласно которому, зная объемы реактивов, пошедших на титрование исходного и гидролизованного образца, можно определить массовую долю оставшейся после гидролиза лактозы по следующей формуле (1):

$$C_{ост.} = C_{исх.} \times \left(1 - \frac{V_0 - V_{\tau}}{V_{\kappa} - V_0}\right), \quad (1)$$

где $C_{исх.}$ – массовая доля лактозы в исходном образце, %;

V_0 – объем 0,1 н раствора тиосульфата натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), пошедшего на титрование йода в исходном образце, см^3 ;

V_{τ} – объем 0,1 н раствора тиосульфата натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), пошедшего на титрование йода в гидролизованном образце, см^3 ;

V_{κ} – объем 0,1 н раствора тиосульфата натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), пошедшего на титрование йода в холостом опыте, см^3 .

На основании представленных расчетов определяли количество остаточной лактозы в гидролизованной молочной смеси и рассчитывали степень гидролиза образца на этапах технологического процесса.

Температурные режимы проведения гидролиза составили 8°C и 10°C и определены исходя из того, что в процессе изготовления сыров после заполнения сыроизготовителя нормализованной пастеризованной молочной смесью ни на одном из этапов температура процесса не превышает $(40 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ и, соответственно, нет возможности провести инактивацию ферментного препарата β -галактозидазы. Следовательно, проведение процесса ферментного гидролиза лактозы с последующей инактивацией ферментного препарата возможно только на этапе созревания молока перед выработкой сыра. Указанные температурные режимы соответствуют температурным режимам созревания молока. Перемешивание реакционной смеси в течение первых 8 часов проводилось периодически с интервалом 20 мин, затем 14 часов инкубации без перемешивания и в течение 2 часов перемешивание проводилось с интервалом 30 мин. Результаты экспериментов представлены в таблице 1.

При анализе результатов, представленных в таблице 1, очевидно, что за 24 ч гидролиза при температуре $(9 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ и дозе внесения лактазы 0,1–0,2 % ни в одном из экспериментальных образцов на модельном растворе полный гидролиз лактозы не достигнут. Степень гидролиза раствора лактозы ферментным препаратом кислой лактазы «LACTASTAR 4025» компании Calza Clemente (Италия) сопоставима со степенью гидролиза раствора лактозы ферментным препаратом нейтральной лактазы «ASTROLACT LX» той же компании-изготовителя. Очевидно, что эффективность гидролиза раствора лактозы ферментным препаратом «Violactase L» в условиях данного эксперимента немного ниже, чем другими препаратами лактазы. Вероятно, его фактическая активность ниже, чем активность остальных препаратов, либо pH модельного раствора не является оптимальным, и впоследствии потребуется пересчет дозы внесения в соответствии с фактической активностью препарата.

Таблица 1 – Результаты отработки параметров гидролиза различными препаратами β -галактозидазы

Доза внесения, %	Температура гидролиза, °С	Продолжительность гидролиза, ч	pH гидролизованного раствора	Остаточное содержание лактозы, %	Степень гидролиза лактозы, %
Контрольный 5 % раствор лактозы					
	10	48	6,91	5,31	0
Ферментный препарат β -галактозидазы «Максилакт» 6500					
0,1	8	24	6,79	2,026	61,85
0,2	8	24	6,47	1,292	75,67
0,1	10	24	6,45	1,222	76,99
0,1	8	48	6,83	0,558	89,49
0,2	8	48	6,56	0,210	96,05
0,1	10	48	6,44	0,384	92,77
Контрольный 5 % раствор лактозы					
Ферментный препарат β -галактозидазы «Biolactase L» 20000					
0,1	8	24	6,58	3,144	40,79
0,2	8	24	6,40	2,271	57,23
0,1	8	48	6,63	2,096	60,53
0,2	8	48	6,48	0,943	82,24
Ферментный препарат β -галактозидазы «ASTROLACT LX» 5000					
0,1	8	24	6,59	1,118	78,95
0,2	8	24	6,42	0,734	86,18
0,1	10	24	6,45	0,629	88,15
0,1	8	48	6,60	0,734	86,18
0,2	8	48	6,47	0,279	94,75
0,1	10	48	6,41	0	100
Ферментный препарат β -галактозидазы «LACTASTAR 4025» 5000					
0,2	8	24	6,38	0,664	87,50
0,2	8	48	6,45	0,419	92,11

Источник данных: собственная разработка.

Установлено, что при повышении температуры с 8°C до 10°C степень гидролиза лактозы за 24 ч увеличивается на 9,2 % – 15,14 %, а за 48 ч – на 3,28 % – 21,05 % и практически достигает 100 %. Кроме того, при увеличении дозы внесения ферментных препаратов лактазы в два раза степень гидролиза лактозы не увеличивается пропорционально увеличению дозы фермента применительно к любому из исследуемых препаратов лактазы. Это может быть обусловлено отсутствием постоянного перемешивания реакционной смеси.

В результате анализа первой серии экспериментов для дальнейшей работы отобрано два ферментных препарата нейтральной лактазы: «ASTROLACT LX» компании Calza Clemente (Италия) и «Maxilact» компании DSM Food Specializaties.

Во второй серии экспериментов использованы модельные растворы с концентрацией лактозы 4 % и 5 % с обеспечением непрерывного перемешивания реакционной среды. Результаты экспериментов представлены в таблице 2.

При анализе результатов, представленных в таблице 2, установлено, что в случае постоянного перемешивания ферментируемой смеси при повышении температуры с 8°C до 10°C степень гидролиза лактозы за 24 ч увеличивается не так существенно, как при периодическом перемешивании: на 1,85–4,63 %. Кроме того, очевидно, что при одинаковой заявленной активности гидролиз лактозы ферментным препаратом «Максилакт» 5000 в условиях постоянного перемешивания протекает интенсивнее, чем гидролиз ферментным препаратом «ASTROLACT LX» 5000: степень гидролиза при прочих равных условиях составляет 40,26 % и 32,41 %.

Таблица 2 – Результаты обработки параметров гидролиза на различных модельных растворах лактозы

Доза внесения, %	Температура гидролиза, °С	Продолжительность гидролиза, ч	pH гидролизованного раствора	Остаточное содержание лактозы, %	Степень гидролиза лактозы
Контрольный 5 % раствор лактозы					
	10	24	6,94	5,26	0
Ферментный препарат β-галактозидазы «Максилакт» 5000					
0,1	10	24	6,92	2,202	58,14
Ферментный препарат β-галактозидазы «ASTROLACT LX» 5000					
0,04	10	24	6,78	4,019	23,59
Контрольный 4 % раствор лактозы					
	10	24	6,93	3,78	0
Ферментный препарат β-галактозидазы «Максилакт» 5000					
0,04	10	24	6,92	2,258	40,26
0,04	8	24	7,02	2,328	38,41
Ферментный препарат β-галактозидазы «ASTROLACT LX» 5000					
0,04	10	24	6,84	2,555	32,41
0,1	10	24	6,87	1,873	50,45
0,04	8	24	6,87	2,730	27,78
	10	24	6,94	3,04	0
Ферментный препарат β-галактозидазы «ASTROLACT LX» 5000					
0,04	10	24	6,84	2,837	6,68

Источник данных: собственная разработка.

Совместно со специалистами ОАО «Молочный Мир» отработаны технологические параметры производства безлактозных сыров. Исходя из результатов проведенных исследований принято решение о корректировке параметров изготовления безлактозных сыров в производственных условиях посредством увеличения температуры созревания нормализованной молочной смеси с 8°С до 9–10°С.

На основании анализа всего объема проведенных исследований установлена модель зависимости количества гидролизованной лактозы от количества ферментного препарата β-галактозидазы «Максилакт», имеющего наибольшую эффективность при проведении гидролиза на модельных растворах с различными концентрациями лактозы. На рисунке 1 представлены модели процесса гидролиза лактозы для ферментного препарата «Максилакт» 5000 (время гидролиза – 24 ч).

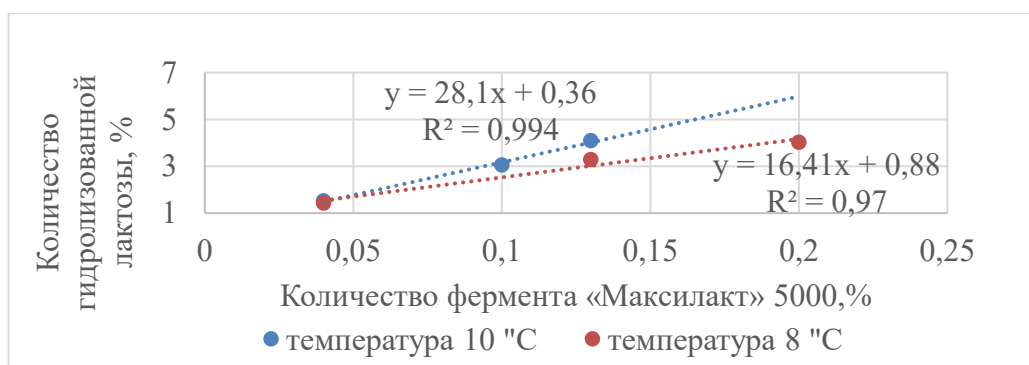


Рисунок 1 – Зависимость количества гидролизованной лактозы от количества ферментного препарата «Максилакт»

Источник данных: собственная разработка.

Из рисунка 1 видно, что полученные модели являются адекватными с коэффициентами детерминации: для модели при температуре гидролиза – 0,994, при температуре гидролиза 8°C – 0,97.

Исходя из полученных зависимостей, для осуществления полного гидролиза ферментируемого раствора с массовой долей лактозы 4,7 % (примерно такое количество лактозы обычно содержится в нормализованной молочной смеси для сыроделия) при температуре гидролиза 10°C потребуется достаточно большое количество ферментного препарата «Максилакт» 5000, равное 0,18 %. Следовательно, на следующих этапах работы имеется объективная необходимость снижения исходного количества лактозы в нормализованной молочной смеси.

Одним из способов концентрирования основных компонентов молочной смеси, за исключением лактозы и некоторых минеральных солей (фактически осуществляется нормализация молочной смеси по содержанию белка) является ультрафильтрация.

Обычно ультрафильтрацию молока применяют в сыроделии для повышения содержания белка. Получить сыр из молока, подвергнутого ультрафильтрационной обработке, можно тремя основными способами: нормализацией по белку; путем использования ретентата с промежуточной концентрацией; путем использования жидкого сырного полуфабриката. Для первого способа характерно концентрирование молока до степени концентрирования по белку в 1,5–2 раза, что позволяет производить сыры на обычном сыродельном оборудовании. Данный метод обеспечивает однородность молока по составу, поэтому его называют «нормализацией». Получение ретентатов со средней степенью концентрирования (в 2–6 раза) предполагает концентрирование молока до содержания сухих веществ 28,5–45 % (при необходимости большего повышения СВ можно проводить диафильтрацию). Применение такого ретентата требует использование специального оборудования, поскольку сгусток из него получается очень плотным и осуществлять резку и постановку зерна на традиционном сыродельном оборудовании достаточно сложно.

Технология работы с жидкими сырными полуфабрикатами не позволяет применять традиционное сыродельное оборудование, поскольку молоко подвергают ультрафильтрации до достижения состава, эквивалентного составу производимого сыра. Данный метод имеет наивысший потенциал увеличения выхода продукции благодаря минимальному отделению сыворотки и сохранению в сыре сывороточных белков, однако применимость данной технологии ограничена невозможностью достижения состава полуфабриката, соответствующего составу всех видов сыров [1, 7, 8]. При анализе результатов исследований, проведенных в рамках выполнения задания 4.7 «Разработать технологический регламент баромембранной подготовки смесей для сыроделия и внедрить его в производственную практику при изготовлении сыров» Государственной научно-технической программы «АГРОПРОМКОМПЛЕКС–2016–2020», подпрограмма «Агропромкомплекс – эффективность и качество» (№ государственной регистрации 20164250), установлено, что при факторе концентрирования обезжиренного молока на лабораторной установке ультрафильтрации, равном 1,15, массовая доля лактозы снижалась примерно на 8 % (с 5,11 до 4,70 %).

На этапе выполнения работ на предприятии ОАО «Молочный Мир» с использованием баромембранного концентрирования методом ультрафильтрации получена нормализованная молочная смесь для сыроделия. Параметры баромембранного концентрирования: марка установки - GEA Filtration Unit, давление продукта на входе – 1,5 бар, скорость потока продукта – 29300 дм³/ч, скорость потока ретентата – 24000 дм³/ч, скорость отделения пермеата – 6700 дм³/ч, температура продукта – 6,5°C, давление в контуре – 4 бар, фактор концентрирования по белку – 1,32.

Основные физико-химические показатели молока-сырья перед концентрированием и нормализацией: массовая доля жира 3,5 %, массовая доля белка 3,27 %, массовая доля лактозы – 5,1 %; активная кислотность 6,65 ед. рН.

Основные физико-химические показатели нормализованной молочной смеси после концентрирования: массовая доля жира 3,20 %, массовая доля белка 4,33 %, в том числе казеина 3,65 %, активная кислотность 6,63 ед. рН, плотность 1031,4 кг/м³, массовая доля сухого вещества 13,0 %, массовая доля лактозы – 4,6 %. Указанная нормализованная молочная смесь подвергнута криоконсервации при температуре минус 45°С.

Часть смеси в количестве 1,5 кг дефростируют и подвергли процессу гидролиза. В результате анализа первой серии экспериментов для дальнейшей работы отобрано два ферментных препарата нейтральной лактазы: «ASTROLACT LX» компании Calza Clemente (Италия) и «Maxilact» компании DSM Food Specializaties. Температурный режим проведения гидролиза составил 10°С, доза внесения ферментных препаратов составила 0,36 г/600 г нормализованной молочной смеси. Для вариантов с использованием препарата «ASTROLACT LX» обеспечено непрерывное перемешивание реакционной среды в течение всего времени гидролиза, для вариантов с использованием препарата «Maxilact» перемешивание проводилось периодически. Результаты эксперимента представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты обработки параметров гидролиза различными препаратами β-галактозидазы

Доза внесения лактазы, %	Температура гидролиза, °С	Продолжительность гидролиза, ч	рН смеси в конце процесса	Остаточное содержание лактозы, %	Степень гидролиза лактозы, %
Контрольный образец нормализованной молочной смеси					
0	10	24	6,79	4,60	0,0
Ферментный препарат β-галактозидазы «Максилакт» 5000					
0,06	10	6	6,75	1,259	72,6
0,06	10	24	6,67	0,245	94,7
Ферментный препарат β-галактозидазы «ASTROLACT LX» 5000					
0,06	10	17,75	6,59	0,0	100,0
0,06	10	24	6,54	0,0	100,0

Источник данных: собственная разработка.

При анализе результатов, представленных в таблице 3, установлено, что при одинаковых условиях постановки эксперимента эффективность гидролиза лактозы в нормализованной молочной смеси выше, чем в модельных растворах: в случае постоянного перемешивания ферментируемой смеси при температуре 10°С и продолжительности процесса 18 часов достигается степень гидролиза лактозы, равная 100 %.

В связи с вышеизложенным, во второй серии экспериментов предпринята попытка снизить количество используемого ферментного препарата, т.к. в настоящее время стоимость поставляемых из-за рубежа препаратов лактазы существенно повысилась и использование большого их количества приведет к существенному увеличению себестоимости готового продукта. Температурный режим проведения гидролиза составил 10°С, доза внесения ферментных препаратов «ASTROLACT LX» компании Calza Clemente (Италия) и «Maxilact» компании DSM Food Specializaties составила 0,28 см³/600 см³ дефростированной нормализованной молочной смеси. Для всех вариантов обеспечено непрерывное перемешивание реакционной среды в течение всего времени гидролиза. Определение остаточного количества лактозы проводили

ферментным методом по ГОСТ 34304. Результаты эксперимента представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты отработки параметров гидролиза различными препаратами β -галактозидазы

Доза внесения лактазы, %	Температура гидролиза, °С	Продолжительность гидролиза, ч	рН смеси в конце процесса	Остаточное количество лактозы, %
Контрольный образец нормализованной молочной смеси				
0	10	20	6,69	н/опр
Ферментный препарат β -галактозидазы «Максилакт» 5000				
0,048	10	10	6,67	0,0098
0,048	10	15	6,65	0,0076
0,048	10	20	6,62	0,0073
Ферментный препарат β -галактозидазы «ASTROLACT LX» 5000				
0,048	10	10	6,58	0,0027
0,048	10	15	6,51	0,0020
0,048	10	20	6,48	0,0016

Источник данных: собственная разработка.

При анализе результатов, представленных в таблице 4, установлено, что в случае постоянного перемешивания ферментируемой смеси при температуре гидролиза 10°C и дозе внесения препарата лактазы с активностью 5000 NLU/г 0,048 % за 15 ч достигается степень гидролиза лактозы более 99,86 %.

С целью определения оптимальных технологических условий гидролиза нормализованной молочной смеси для получения сыров из-под пресса с массовой долей лактозы менее 0,01 % выполнены исследования процесса гидролиза ультрафильтрованной нормализованной молочной смеси для сыроделия. В качестве ферментного препарата использовали «ASTROLACT LX» компании Calza Clemente (Италия) при температуре процесса 7°C, одновременно предпринимая попытку снизить количество используемого фермента из-за значительного повышения стоимости зарубежных препаратов лактазы, что может привести к увеличению себестоимости готового продукта.

Для этого провели экспериментальную выработку в лаборатории технологий сыроделия и маслоделия РУП «Институт мясо-молочной промышленности». Исследовалась целесообразность и достаточность 5-часового гидролиза лактозы.

В ходе выработки получены следующие образцы сыра:

- сыр полутвердый – низко- или безлактозный, 5 часов гидролиза лактозы;
- сыр полутвердый – контроль.

Физико-химические показатели исходное молоко для выработки полутвердых сыров:

- массовая доля жира, % – 2,7;
- кислотность, °Т – 18;
- плотность при 20 °С (при 4±2°C), кг/м³ – 1029,3 (1032,0);
- степень чистоты по этал. группе – 1;
- массовая доля белка, % – 3,10.

На данном этапе работы гидролиз проводился при температуре 7–8°C и перемешивании со скоростью 10 об/мин в течение 5 часов. Выбор параметров гидролиза проведен на основании анализа результатов опытно-промышленных выработок безлактозных сыров на ОАО «Молочный Мир». Процесс контролировался определением исходной концентрации лактозы, по истечении 2,5 и 5 часов гидролиза.

Пастеризация проводилась при температуре $(73 \pm 1)^\circ\text{C}$, с последующим охлаждением до $(32 \pm 1)^\circ\text{C}$. Внесли 34 % раствор хлористого кальция в количестве 0,08 % от объема смеси.

В состав закваски входили лактококки разных видов и термофильный стрептококк, по истечении 30 мин сравнили pH с исходным (контроль работы закваски): исходный – 6,54 для гидролизованной смеси (6,38 для контрольной смеси), через 30 мин – 6,52 для гидролизованной смеси (6,34 для контрольной смеси), следовательно $\Delta\text{pH}=0,02$ ед. pH для гидролизованной смеси, $\Delta\text{pH}=0,04$ ед. pH для контрольной смеси.

Следующий этап – внесение сычужного фермента, перемешивание, свертывание смеси в течение 30 мин. Окончание свертывания смеси определяли по излому сгустка, затем проводили резку и постановку зерна. Удаляли сыворотку до 35 % от объема, добавляли пастеризованную воду до 10 %. Второе нагревание проводили при температуре $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$.

После обсушки и формования проводили прессование сырного зерна.

Посолку осуществляли в рассоле 20 % хлорида натрия.

Результаты исследования степени гидролиза лактозы на разных технологических этапах приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты исследования степени гидролиза лактозы на разных технологически стадиях

№ образца	Описание	Показатель, ед. изм.	Метод исследования	Результаты испытаний
1	Нормализованная молочная смесь для сыроделия. Экспериментальный образец. контроль	Лактоза, г/100 г	ГОСТ 34516	5,21
2	Нормализованная гидролизованная молочная смесь для сыроделия. Экспериментальный образец. 2,5 часа гидролиза		ГОСТ 34304	0,029
3	Нормализованная гидролизованная молочная смесь для сыроделия. Экспериментальный образец. 5 часов гидролиза			0,019
5	Сырное зерно после первого отката сыворотки. Экспериментальный образец			0,010
6	Сырное зерно после обработки. Экспериментальный образец			0,006

Источник данных: собственная разработка.

Из результатов, представленных в таблице 5, следует, что продолжительность гидролиза в течение 5 часов не обеспечивает в гидролизованной молочной смеси массовую долю лактозы менее 0,01 %, но в то же время в процессе обработки сырное зерно содержит менее 0,01 % лактозы.

Выводы. Повышение температуры с 8°C до 10°C значительно увеличивает степень гидролиза лактозы, достигая практически 100 % за 48 часов.

Установлено, что увеличение дозы фермента не приводит к пропорциональному увеличению степени гидролиза, что может быть связано с неравномерным перемешиванием реакционной смеси. При постоянном перемешивании степень гидролиза увеличивается значительно меньше (на 1,85 % – 4,63 %) по сравнению с периодическим перемешиванием.

В результате экспериментов были отобраны два препарата нейтральной лактазы – «ASTROLACT LX» и «Maxilact».

Исследования по гидролизу ультрафильтрованной нормализованной молочной смеси показали, что при температуре 7°C и использовании препарата «ASTROLACT LX» продолжительность гидролиза в 5 часов не обеспечивает необходимую массовую

долю лактозы менее 0,01 %. Однако после обработки сырное зерно содержит менее 0,01 % лактозы, что указывает на возможность получения желаемого результата при оптимизации времени и условий процесса.

В связи с высокой стоимостью зарубежных препаратов лактазы важно найти способы уменьшения их использования без ущерба для качества конечного продукта. Это также является ключевым фактором для снижения себестоимости сыров. Таким образом, результаты исследования подчеркивают необходимость комплексного подхода к оптимизации процесса гидролиза лактозы, учитывающего температурные режимы, дозировки ферментов и режимы перемешивания, чтобы достичь эффективных результатов.

Список использованных источников

1. Березин, Й. В. Основы физической химии ферментативного катализа / Й. В. Березин, К. Мартинек. – М. : Высшая школа, 1977. – 279 с.
1. Березин, Й. В. Основы физической химии ферментативного катализа [Fundamentals of physical chemistry of enzymatic catalysis] / Й. В. Березин, К. Мартинек. – М. : Высшая школа, 1977. – 279 с.
2. Свириденко, Ю. Я. Гидролиз лактозы: опыт и возможности использования в России / Ю. Я. Свириденко, В. Ю. Смурыгин // Молочная промышленность. – 1996. – № 8. – С. 19–20.
2. Sviridenko, YU. YA. Gidroliz laktozy: opyt i vozmozhnosti ispol'zovaniya v Rossii [Lactose hydrolysis: experience and potential for use in Russia] / YU. YA. Sviridenko, V. YU. Smurygin // Molochnaya promyshlennost'. – 1996. – № 8. – S. 19–20.
3. Корниш-Боуден, Э. Основы ферментативной кинетики / Э. Корниш-Боуден. – М. : 1979. – С. 81.
3. Korniš-Bouden, É. Osnovy fermentativnoj kinetiki [Fundamentals of Enzymatic Kinetics] / É. Korniš-Bouden. – M. : 1979. – S. 81.
4. Курганов, Б. И. Аллостерические ферменты / Б. И. Курганов. – М. : Наука, 1978. – 248 с.
4. Kurganov, B. I. Allostericheskiye fermenty [Allosteric enzymes] / B. I. Kurganov. – M. : Nauka, 1978. – 248 s.
5. Лайдсаар, Р. Б. Поиск способов стабилизации ферментов с целью повышения эффективности технологических биоорганических катализаторов (на примере дрожжевой бета-галактозидазы) : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.04 / Лайдсаар Рейне Бадриковна. – Таллин, 1984. – 141 л.
5. Laydsaar, R. B. Poisk sposobov stabilizatsii fermentov s tsel'yu povysheniya effektivnosti tekhnologicheskikh bioorganicheskikh katalizatorov (na primere drozhzhevoy beta-galaktozidazy) [Search for methods of enzyme stabilization in order to increase the efficiency of technological bioorganic catalysts (using yeast beta-galactosidase as an example)] : dis. ... kand. biol. nauk : 03.00.04 / Laydsaar Reyne Badrikovna. – Tallin, 1984. – 141 l.
6. Mitchell, I. R. Uses for lactose-hydrolysed dairy products / I. R. Mitchell // CSIRO Food. – 1991. – Res. 51. – P. 107–113.
7. Арсеньева, Т. П. К чему приводит лактазная недостаточность / Т. П. Арсеньева // Молочная промышленность. – 2010. – № 7 – С. 28–30.
7. Arsen'yeva, T. P. K chemu privodit laktaznaya nedostatochnost' [What does lactose intolerance lead to] / T. P. Arsen'yeva // Molochnaya promyshlennost'. – 2010. – № 7 – S. 28–30.
8. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology / ed.: Patrick F. Fox [et al.]. – Elsevier Academic Press, 2004. – P. 361.
9. Богданова, Л. Л. Влияние гидролиза лактозы на заквасочную микрофлору в процессе изготовления сыров / Л. Л. Богданова, В. В. Ковалева, Ю. В. Бондаренко // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья: сб. науч. тр. / РУП «Институт мясо-молочной промышленности»; редкол.: Г.В. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Мн., 2024. – Вып. № 18. – С. 150–157.
9. Bogdanova, L. L. Vliyaniye gidroliza laktozy na zakvasochnuyu mikrofloru v protsesse izgotovleniya syrov [The influence of lactose hydrolysis on starter microflora during cheese production] / L. L. Bogdanova, V. V. Kovaleva, YU. V. Bondarenko // Aktual'nyye voprosy pererabotki myasного i molochного syr'ya: sb. nauch. tr. / RUP «Institut myaso-molochnoy promyshlennosti»; redkol.: G.V. Gusakov (gl. red.) [i dr.]. – Mn., 2024. – Vyp. № 18. – S. 150–157.

*Е.В. Беспалова, к.т.н., доцент, А.Д. Белокобылова, А.С. Кадыгроб,
А.Н. Польшин, Е.Д. Шегидевич
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕМБРАН НА ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ МОЛОЧНОГО И СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ

*E. Bepalova, A. Belokobylova, A. Kadygrob, A. Polyn, E. Shegidevich
Institute of Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

EFFECT OF ULTRAFILTRATION MEMBRANE MATERIAL ON FRACTIONATION

e-mail: bepalova-kat@mail.ru, nastya.belokobylova@mail.ru

В статье представлено влияние мембранных материалов на эффективность извлечения сывороточного и молочного белка в процессе ультрафильтрации. Данная работа подчеркивает необходимость оптимизации мембранных технологий для достижения максимального качества и производительности в производстве белковых ингредиентов, что открывает широкие перспективы для пищевой промышленности.

This article presents the effect of membrane materials on the efficiency of serum and milk protein extraction during ultrafiltration. This work emphasizes the need to optimize membrane technologies to achieve maximum quality and productivity in the production of protein ingredients, which opens up wide prospects for the food industry.

Ключевые слова: мембраны, мембранные элементы, концентрат молочного белка, концентрат сывороточного белка, пермеат, молоко обезжиренное, сыворотка молочная.

Keywords: membranes, membrane elements, milk protein concentrate, whey protein concentrate, permeate, nonfat milk, whey.

Введение. В настоящее время мембранные процессы находят широкое применение в молочной промышленности для фракционирования молочного сырья. Использование мембранных методов позволяет по-новому решать вопросы молокопереработки и открывает широкие возможности при разработке новых видов продуктов питания. Применяемые методы мембранного концентрирования обеспечивают получение белковых компонентов, технологичность производства и качество которых зависит от нескольких факторов, в частности и от материала мембранного элемента. Полупроницаемые мембраны являются главным элементом всех мембранных аппаратов. Для изготовления мембранных фильтров применяют самые разные материалы, причем некоторые типы мембран изготавливают только из одного материала, а другие типы состоят из различных материалов. К основным мембранным материалам относятся: полиакрилонитрил (ПАН); ацетат- и регенерированная целлюлоза (АЦ, РЦ); полисульфоны (полисульфон, полиэфирсульфон); полиамид (ПА); полипропилен (ПП) и другие. Таким образом, актуальным является проведение комплекса работ по установлению технологических подходов к ультрафильтрации обезжиренного молока и сыворотки молочной для выделения концентрата молочного белка (КМБ) и концентрата сывороточных белков (КСБ).

Материалы и методы исследований. При выполнении научно-исследовательской работы применялись статистический и аналитический методы, системный анализ и обобщение данных источников научной литературы, аналитической информации по вопросам переработки молочного сырья.

Определение характеристик объектов исследований проводилось с использованием стандартных методов. Массовая доля сухих веществ определялась гравиметрическим и рефрактометрическим методами с использованием рефрактометра марки AQUA-LAB, массовая доля белка – рефрактометрическим методом ГОСТ 25179 с использованием центрифуги лабораторной ЦЛМ 1-12, активная кислотность по рН-метру, титруемая кислотность – методом щелочного титрования 0,1н гидроксидом натрия. Масса сырья нормализованных смесей определялась взвешиванием на технических весах ВК-3000, ВСП-150/20-5С.1 в соответствии с руководством по их эксплуатации.

Отработка оптимальных технологических параметров процесса ультрафильтрации осуществлялась в условиях лаборатории оборудования и технологий молочноконсервного производства Отраслевой лаборатории биохимии, микробиологии и технологических процессов переработки молока РУП «Институт мясо-молочной промышленности».

Результаты и их обсуждение. Современные тенденции развития пищевой индустрии определяют новый взгляд на молоко как сырье для получения широкого ассортимента ингредиентов с различными функционально-технологическими свойствами. Молочные ингредиенты привлекают особое внимание в Беларуси и мире в целом, что формирует прогнозируемый среднегодовой рост объема мирового рынка 8,4 % (согласно данным Data Bridge Market Research). Наибольшую долю всех молочных ингредиентов занимают белковые.

Концентраты сывороточного белка (КСБ), получаемые путем ультрафильтрации молочной сыворотки, отлично загустевают, пенятся и восстанавливаются после высушивания. За счет удаления небелковых веществ готовый продукт содержит не менее 25 % белка в сухом веществе. В зависимости от используемых технологических приемов сывороточные белки вырабатываются в виде концентратов, изолятов и гидролизатов. По сравнению с изолятами концентраты имеют более высокое содержание жира и лактозы, биологически активных соединений. В настоящее время эти нативные сывороточные белки широко используются в питании людей в качестве неотъемлемого компонента продуктов спортивного и детского питания.

Концентраты молочного белка (КМБ) – продукты, получаемые путем фракционирования молока методом ультрафильтрации. КМБ производят из обезжиренного молока, поэтому содержание жира составляет менее 3 %, белковой фракции в сухом веществе – от 42 до 85 %. Количество небелковых компонентов КМБ корректируется путем дополнительного использования процессов диафильтрации и микрофильтрации. При этом содержание зольного остатка в продукте остается довольно высоким, поскольку белки мицелл казеина, организованные в виде надмолекулярных динамических структур, включают значительное количество коллоидного фосфата кальция. Изоляты молочных белков (ИМБ) содержат около 90 % белка в сухом веществе. Соотношение казеина и сывороточных белков и в КМБ, и ИМБ остается таким же, как в молоке (80:20). КМБ используется в качестве молочных ингредиентов в пищевых продуктах, в том числе: молочные продукты (йогурты, сыры, мороженое); кондитерские изделия, шоколад; готовые напитки; растворимые напитки, продукты с высоким содержанием белка; детское, лечебное и спортивное питание; продукты для контроля веса; выпечка, десерты; порошковые диетические добавки; культивированные продукты [1–6].

Применяемые методы мембранного концентрирования обеспечивают получение белковых компонентов, технологичность производства и качество которых зависит от нескольких факторов, в частности и от материала мембранного элемента. В настоящее время 80 % мирового рынка мембранных элементов – полимерные.

Разнообразие их огромно. Свойства элементов во многом определяются свойствами полимеров, из которых они изготовлены [7, 8].

На мировом рынке ключевые крупные игроки-производители ультрафильтрационных модулей: Koch Separation Solutions, Alfa Laval, Dupont, Pall Corporation, Synder Filtration, АО «РМ Нанотех» и другие. В нашей стране отсутствует массовое производство, однако проводятся научные исследования совместно с ГНУ «Институт физико-органической химии» НАН Беларуси по разработке отечественных ультрафильтрационных мембранных элементов с различным номинальным молекулярно-массовым пределом отсечения (НММПО) из полимерных материалов, предназначенных для извлечения концентратов сывороточных (КСБ) и молочных (КМБ) белков из молочного сырья. В этой связи актуальным является установление влияния характеристик ультрафильтрационных мембран на качественные показатели ретентата и пермеата молочного сырья, на основании которых будут разработаны отечественные мембранные элементы для поставленных целей.

Фракционирование обезжиренного молока и молочной сыворотки лабораторными ультрафильтрационными мембранами осуществлялось с использованием лабораторной установки, состоящей из фильтрационной ячейки, магнитной мешалки ММ-135 (Tagler, LabTechnology), компрессора Fini Ciao/25, с помощью которого создается давление в системе, контроль обеспечивается манометром МОИ-10-1. Исследованы мембраны из различных полимерных материалов: полиэфирсульфона (ПЭС), полисульфона (ПС) и регенерированной целлюлозы (РЦ) с НММПО от 10 до 30 кДа. Ультрафильтрация подготовленного молочного сырья (обезжиренного молока, сыворотки творожной, сыворотки подсырной) проводилась при температуре $(16 \pm 2)^\circ\text{C}$, при трансмембранном давлении 0,2 МПа до максимально достигаемого предела концентрирования по сухим веществам. В результате исследования полученных ретентата и пермеата по степени концентрирования сухих веществ, белка, переходу белка в пермеат (потерям) и его фракционному составу (казеин, сывороточные белки), изменению минерального профиля проведена оценка эффективности работы мембран.

В процессе ультрафильтрации на полиэфирсульфоновых мембранах наибольший фактор концентрирования по сухим веществам при обработке обезжиренного молока достигнут при обработке на мембране ПЭС-10 (НММПО 10 кДа). Однако при фракционировании с помощью мембраны ПЭС-22 (НММПО 20 кДа) достигается наибольшая эффективность по степени концентрирования белка. Соотношения фактора концентрирования по сухим веществам к фактору по белку составляет 1:1,43 для ПЭС-10 и 1:2,22 для ПЭС-22. Такая же зависимость определена и при концентрировании сывороточных белков из творожной и подсырной сыворотки. Соотношения факторов равны 1:1,32 и 1:2,43 для творожной сыворотки и 1:3,1 и 1:4,2 для подсырной сыворотки соответственно. Еще одним доказательством эффективности мембраны с НММПО 20 кДа служат меньшие потери белка с сухими веществами в пермеат (6 % от сухого вещества для обработки обезжиренного молока и 8,6 % – для подсырной сыворотки).

Полисульфоновые мембраны для получения концентратов на основе обезжиренного молока и творожной сыворотки не показали свою эффективность, что определено по превышению степени концентрирования сухих веществ над степенью концентрирования белка. Кроме того, наблюдаются потери белка в пермеат, которые по обезжиренному молоку достигают 37,5 % в сухом веществе. Отмечена положительная динамика при концентрировании сывороточных белков из подсырной сыворотки. На каждую степень концентрирования сухих веществ получено 1,7 степени концентрирования белка. Переход белка в пермеат находится в допустимых пределах.

В процессе ультрафильтрации на целлюлозных мембранах (РЦ) наибольший фактор концентрирования по сухим веществам и белку достигнут на мембране РЦ-20 (с НММПО 20 кДа). Определено, что концентрирование белков молока и сыворотки с использованием данной мембраны обеспечивает соотношение степеней концентрирования сухих веществ и белка равные 1:(1,7-2,7). Исследования состава пермеата, полученного с использованием лабораторной мембраны РЦ-20, показали потерю белка 2,7 % в сухом веществе при обработке подсырной и творожной сывороток и 15,9 % в сухом веществе при обработке обезжиренного молока.

Исследования соотношения фракций белка при получении концентрата молочного белка представлены на рисунке 1.

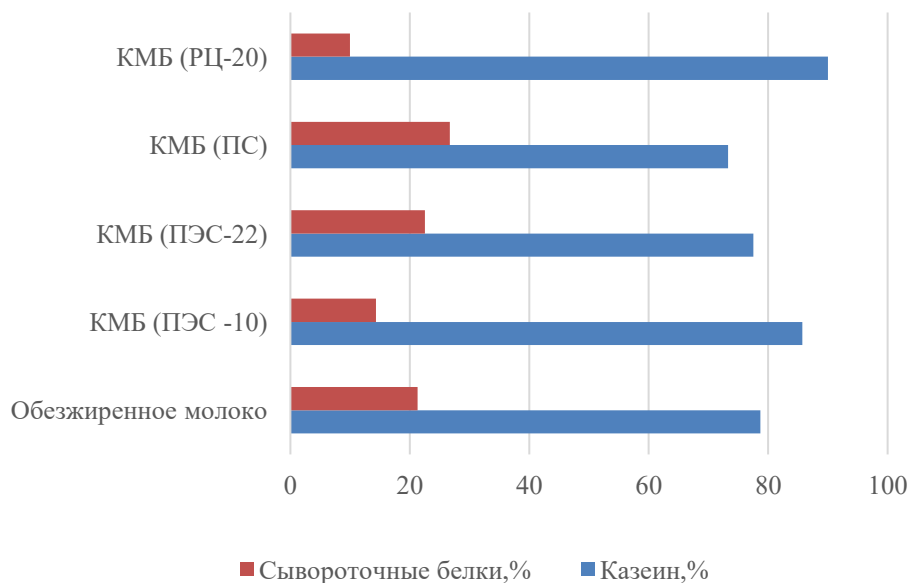


Рисунок 1 – Соотношение казеина и сывороточных белков в КМБ, полученных с помощью ультрафильтрации

Источник данных: собственная разработка.

Сравнение соотношений основных фракций белка в концентратах молочного белка показало, что концентрирование мембраной ПЭС-22 максимально сохраняет баланс между казеином и сывороточными белками. Применение мембраны ПЭС-10 и РЦ-20 способствует некоторому увеличению казеиновой фракции, что связано с большим переходом сывороточных белков в пермеат по сравнению с работой остальных исследуемых мембран по причине различных молекулярных весов и размеров их отдельных фракций, а также селективности самой мембраны.

Исследован минеральный профиль концентратов и пермеатов после ультрафильтрационной обработки на лабораторной установке обезжиренного молока (рисунок 2).

Установлено, что при ультрафильтрации обезжиренного молока на полимерных мембранах переход кальция в пермеат составил 25,7 %, магния – 52,9 %, калия – 84,8 %, натрия – 63,1 %, фосфора – 99,6 %; на мембране ПС переход кальция составил 59,2 %, магния – 86,1 %, калия – 100,0 %, натрия – 74,6 %, фосфора – 96,6 %; на мембране ПЭС-10 переход кальция составил 36,1 %, магния – 58,3 %, калия – 91,3 %, натрия – 93,5 %, фосфора – 95,4 %; а на мембране ПЭС-22 переход кальция – 27,0 %, магния – 55,8 %, калия – 96,3 %, натрия – 70,0 %, фосфора – 98,9 %.

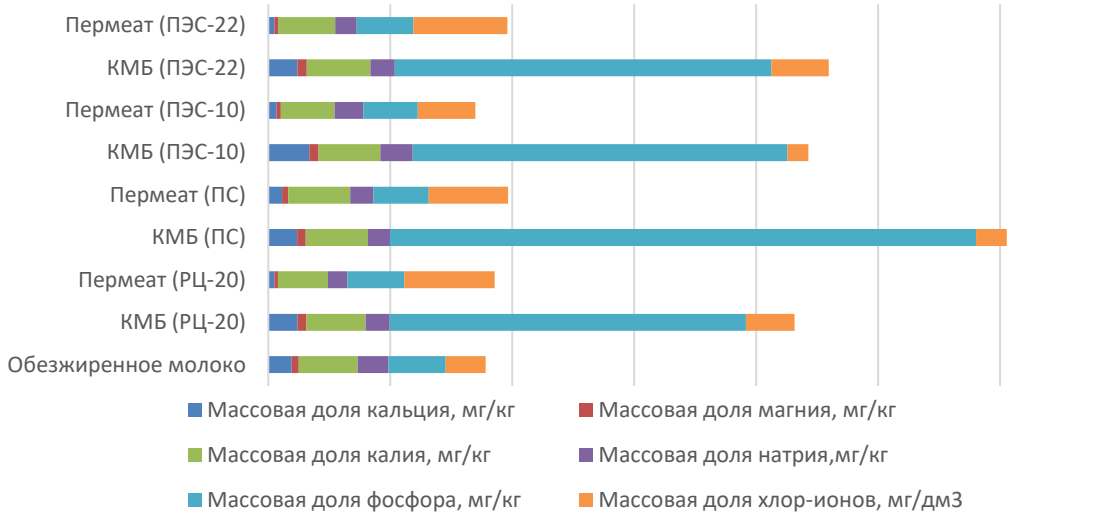


Рисунок 2 – Показатели изменения минерального профиля в процессе ультрафильтрации на полимерных мембранах обезжиренного молока
 Источник данных: собственная разработка.

Минеральный профиль концентратов и пермеатов после ультрафильтрационной обработки на лабораторной установке сыворотки подсырной представлен на рисунке 3.

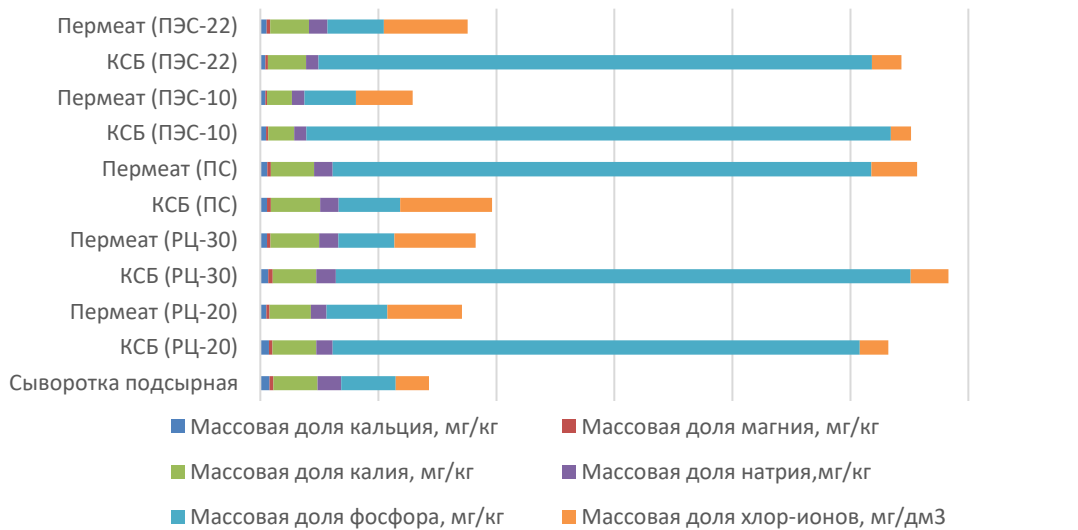


Рисунок 3 – Показатели изменения минерального профиля в процессе ультрафильтрации на полимерных мембранах подсырной сыворотки
 Источник данных: собственная разработка.

В результате исследований установлено, что при ультрафильтрации сыворотки подсырной на полимерных мембранах на мембране РЦ-20 переход кальция в пермеат составил 67,1 %, магния – 78,6 %, калия – 93,6 %, натрия – 65,7 %, фосфора – 100 %, на мембране РЦ-30 переход кальция – 71,6 %, магния – 94,8 %, калия – 110 %, натрия – 80,6 %, фосфора – 100 %, на мембране ПС переход кальция – 75,5 %, магния – 98,4 %, калия – 97,7 %, натрия – 77,3 %, фосфора – 100 %, на мембране ПЭС-10 переход кальция – 53,6 %, магния – 45,0 %, калия – 56,7 %, натрия – 52,3 %, фосфора – 94,7 %, а на мембране ПЭС-22 переход кальция – 70,3 %, магния – 87,0 %, калия – 87,9 %, натрия – 77,5 %, фосфора – 100 %.

Минеральный профиль концентратов и пермеатов после ультрафильтрационной обработки на лабораторной установке сыворотки творожной представлен на рисунке 4.

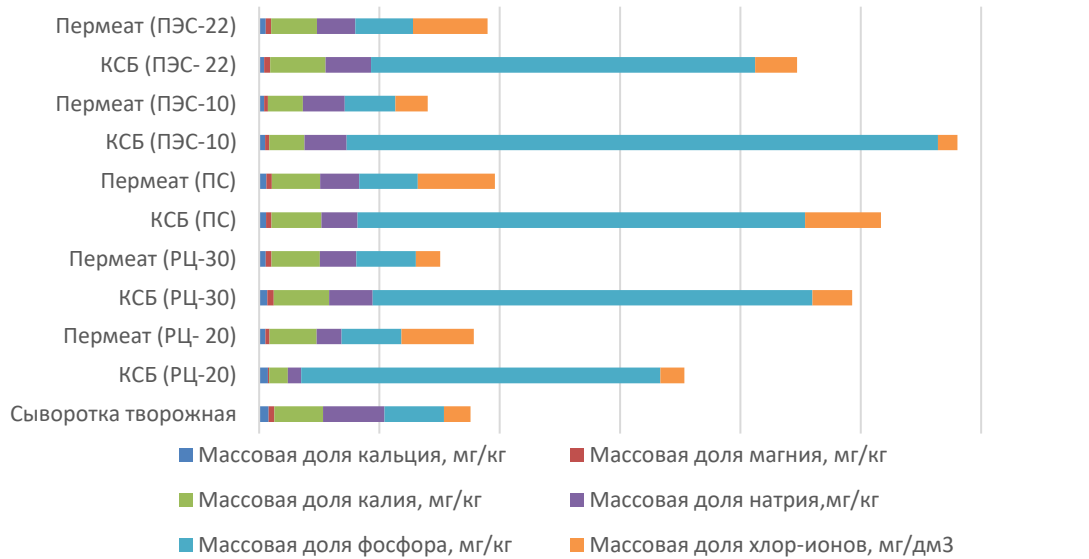


Рисунок 4 – Показатели изменения минерального профиля в процессе ультрафильтрации на полимерных мембранах творожной сыворотки
Источник данных: собственная разработка.

В результате исследований минерального профиля концентратов и пермеатов после ультрафильтрационной обработки установлено, что при ультрафильтрации сыворотки творожной на полимерных мембранах на мембране РЦ-20 переход кальция в пермеат составил 35,4 %, магния – 72,2 %, калия – 96,9 %, натрия – 40,7 %, фосфора – 100,0 %, на мембране РЦ-30 переход кальция – 74,4 %, магния – 93,4 %, калия – 99,7 %, натрия – 59,2 %, фосфора – 100,0 %, на мембране ПС переход кальция – 71,0 %, магния – 96,5 %, калия – 99,8 %, натрия – 63,4 %, фосфора – 98,1 %, на мембране ПЭС-10 переход кальция – 75,4 %, магния – 65,6 %, калия – 71,9 %, натрия – 67,9 %, фосфора – 84,5 %, а на мембране ПЭС-22 переход кальция – 69,5 %, магния – 95,4 %, калия – 93,9 %, натрия – 62,2 %, фосфора – 96,9 %.

Таким образом, из полученных результатов следует, что для осуществления дальнейших исследований получения концентратов молочного белка из обезжиренного молока соответствующих показателей качества возможно использование ультрафильтрационных мембранных элементов на основе мембран из полиэфирсульфона с НММПО 20 кДа (ПЭС-22) и регенерированной целлюлозы с НММПО 20 кДа (РЦ-20). Для получения концентратов сывороточных белков – мембран из полиэфирсульфона с НММПО 20 кДа (ПЭС-22) и регенерированной целлюлозы с НММПО 20 и 30 кДа (РЦ-20, РЦ-30).

Исходя из этих данных, для дальнейших исследований и отработки технологических параметров были изготовлены опытные ультрафильтрационные мембранные элементы (изготовитель и собственник мембран ГНУ «Институт физико-органической химии» НАН Беларуси): на основе регенерированной целлюлозы (РЦ-20(1) и РЦ-20(2)) и полиэфирсульфона (ПЭС-20).

Процесс ультрафильтрации осуществлялся с использованием лабораторной установки Я23-ОУФ, изготовитель и собственник лабораторной установки РУП «Институт мясо-молочной промышленности». Для обеспечения сопоставимости результатов и формирования объективных данных для сравнения, ультрафильтрации

подвергались равные объёмы исходного сырья — обезжиренного молока и подсырной сыворотки. Контроль технологического процесса осуществлялся по ключевым физико-химическим показателям: массовая доля сухих веществ, массовая доля белка, титруемая кислотность и удельная электропроводность.

При обработке обезжиренного молока мембранный элемент ПЭС-20 продемонстрировал высокое соотношение факторов концентрирования по сухим веществам к белку (1:1,63). Элемент обеспечил получение концентрата с содержанием белка в сухом веществе 61,47 %. Процесс характеризовался интенсивным снижением электропроводности (на 0,10 мСм/см на каждый 1 % СВ) и значительным ростом титруемой кислотности (на 3,42 °Т на 1 % СВ). Мембранный элемент РЦ-20(1) показал схожие с ПЭС-20 характеристики. На каждый 1 % сухих веществ удельная электропроводность снижалась на 0,085 мСм/см, а титруемая кислотность увеличивалась на 2,06 °Т. С использованием мембранного элемента РЦ-20(2) достигнуто наивысшее среди отечественных аналогов соотношение факторов концентрирования (1:1,7) и массовой доли белка в сухом веществе концентрата (67,53 %).

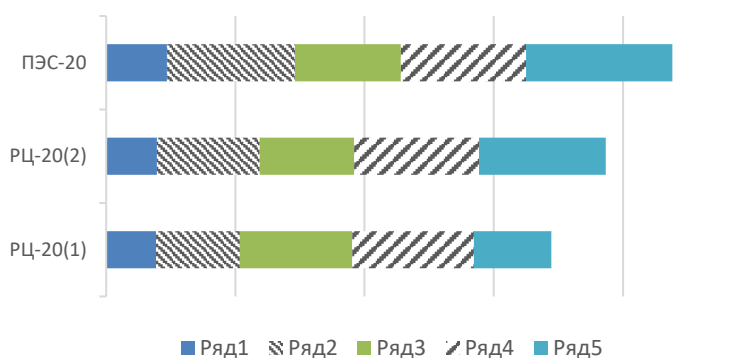


Рисунок 5 – Показатели изменения минерального профиля в процессе ультрафильтрации обезжиренного молока на различных мембранных элементах

Источник данных: собственная разработка.

На основании проведённых исследований ультрафильтрации обезжиренного молока с использованием трёх типов мембранных элементов (РЦ-20(1), РЦ-20(2) и ПЭС-20) установлены количественные показатели перехода минеральных солей в пермеат. Переход солей в пермеат для мембраны РЦ-20(1) составил: кальция – 38,6 %, магния – 64,8 %, калия – 87,2 %, натрия – 94,1 %, фосфора – 59,78 %. Для мембраны РЦ-20(2) данные показатели составили: кальция – 39,3 %, магния – 79,7 %, калия – 72,9 %, натрия – 96,8 %, фосфора – 98,1 %. Для мембраны ПЭС-20 зафиксирован переход: кальция – 47,0 %, магния – 99,2 %, калия – 82,0 %, натрия – 96,7 %, фосфора – 113,3 %.

При ультрафильтрации сыворотки подсырной мембранный элемент РЦ-20(1) продемонстрировал соотношение факторов концентрирования по сухим веществам к белку (1:3,37). Использование данного элемента позволило получить концентрат с содержанием белка в сухом веществе – 68,70 %. Процесс характеризовался значительным снижением удельной электропроводности – на 0,10 мСм/см на каждый 1 % прироста сухих веществ, что свидетельствует об эффективной деминерализации. Результативность концентрирования белковой фракции обеспечил мембранный элемент РЦ-20(2), фактор концентрирования по белку для которого достиг 12,4. Данный результат соответствует предельному соотношению факторов концентрирования (1:4,51) среди всех исследованных элементов. Одновременно с

этим было зафиксировано минимальное количество сухих веществ, перешедших в пермеат, со средним значением 3,45 %.

Применение мембранного элемента ПЭС-20 характеризовалось наименьшими показателями эффективности концентрирования: фактор концентрирования по белку составил 5,89, а массовая доля белка в сухом веществе конечного продукта – 47,32 %. Динамика процесса для данного элемента отличалась снижением удельной электропроводности на 0,06 мСм/см на каждый 1 % сухих веществ и максимальным приростом титруемой кислотности – 3,1 °Т на 1 %.

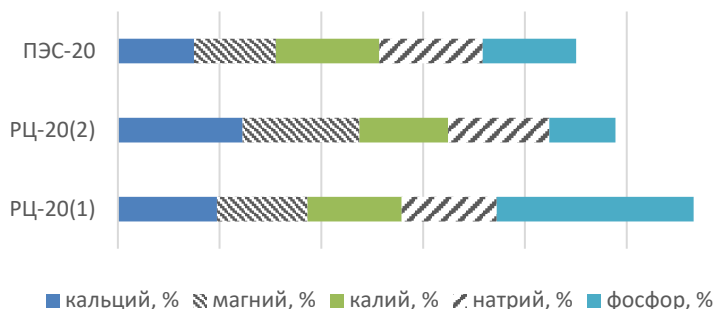


Рисунок 6 – Показатели изменения минерального профиля в процессе ультрафильтрации сыворотки подсырной на различных мембранных элементах

Источник данных: собственная разработка.

При ультрафильтрации сыворотки подсырной переход солей в пермеат для мембраны РЦ-20(1) составил: кальция – 97,5 %, магния – 88,8 %, калия – 92,5 %, натрия – 93,4 %, фосфора – 193,78 %. Для мембраны РЦ-20(2) данные показатели составили: кальция – 122,4 %, магния – 114,9 %, калия – 87,3 %, натрия – 99,3 %, фосфора – 65,3 %. Для мембраны ПЭС-20 зафиксирован переход: кальция – 74,6 %, магния – 80,6 %, калия – 101,6 %, натрия – 101,8 %, фосфора – 91,7 %.

Таким образом, из полученных результатов следует, что применение мембранных элементов на основе регенерированной целлюлозы (РЦ-20(1) и РЦ-20(2)) и полиэфирсульфона (ПЭС-20) позволило получить из обезжиренного молока и подсырной сыворотки белковые концентраты, соответствующие целевым показателям качества. Результаты подтвердили эффективность обеих испытанных мембранных элементов в процессе ультрафильтрации.

Выводы. Для получения концентратов молочного белка из обезжиренного молока и концентратов сывороточных белков из молочной сыворотки определена перспектива использования мембранных элементов отечественного производства, изготовленных на основе полиэфирсульфона и регенерированной целлюлозы.

Список использованных источников

1. Шегидевич, Е. Д. Тенденция получения белковых ингредиентов путем глубокого разделения молочного сырья / Е. Д. Шегидевич, Е. В. Беспалова // Молочная река. Ежеквартальный журнал для профессионалов. – 2024. – № 2(94). – С. 28–32.

1. Shegidevich, Ye. D. Tendentsiya polucheniya belkovykh ingrediyyentov putem glubokogo razdeleniya molochnogo syr'ya [The tendency to obtain protein ingredients by deep separation of dairy raw materials] / Ye. D. Shegidevich, Ye. V. Bespalova // Molochnaya reka. Yezhekvar'tal'nyy zhurnal dlya professionalov. – 2024. – № 2(94). – С. 28–32.

2. Миклух, И. В. Применение ультрафильтрации для нормализации молока и молочных продуктов по белку / И. В. Миклух, Е. В. Беспалова, О. В. Дымар // Техника и технология пищевых производств: VIII Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов: тез. докл.: в 2 ч., г. Могилев, 26–27 апреля 2012 г. / Могилев гос. ун-т продовольствия; редкол.: А. В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. – Могилев, 2012 – Ч. 1. – С. 232.
2. Miklukh, I. V. Primeneniye ul'trafil'tratsii dlya normalizatsii moloka i molochnykh produktov po belku [Application of ultrafiltration for normalization of milk and milk products by protein] / I. V. Miklukh, Ye. V. Bespalova, O. V. Dymar // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv: VIII Mezhdunar. nauch. konf. studentov i aspirantov, Mogilev, 26–27 apr. 2012 g.: tez. dokl.: v 2 ch. / Mogilev gos. un-t prodovol'stviya; redkol.: A. V. Akulich (otv. red.) [i dr.]. – Mogilev, 2012 – CH. 1. – S. 232.
3. Дымар, О. В. Концентрирование белков молока с применением технологии ультрафильтрации / О. В. Дымар, И. В. Миклух, М. В. Зубик, Е. В. Беспалова // Инновационные процессы в АПК: материалы III Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 50-летию образования Аграр. фак. РУДН, г. Москва, 13–15 апреля 2011 г. / Рос. ун-т дружбы народов. – М., 2011. – С. 105–107.
3. Dymar, O. V. Kontsentrirvaniye belkov moloka s primeneniye tekhnologii ul'trafil'tratsii [Concentration of milk proteins using ultrafiltration technology] / O. V. Dymar, I. V. Miklukh, M. V. Zubik, Ye. V. Bespalova // Innovatsionnyye protsessy v APK: materialy III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoy 50-letiyu obrazovaniya Agrar. fak. RUDN, g. Moskva, 13–15 aprelya 2011 g. / Ros. un-t. druzhby narodov. – M., 2011. – S. 105–107.
4. Батурина, В. В. Современные тенденции на рынке молочных функциональных продуктов / В. В. Батурина, П. О. Большакова // Экон. среда. – 2019. – № 2 (28). – С. 67–70.
4. Baturina, V. V. Sovremennyye tendentsii na rynke molochnykh funktsional'nykh produktov [Current trends in the functional dairy products market] / V. V. Baturina, P. O. Bol'shakova // Ekon. sreda. – 2019. – № 2 (28). – S. 67–70.
5. Пономарев, А. Н. Сывороточные ингредиенты для производства специализированных продуктов питания / А. Н. Пономарев, Е. И. Мельникова, Е. В. Богданова // Перераб. молока. – 2020. – № 2. – С. 6–7.
5. Ponomarev, A. N. Syvorotochnyye ingredienty dlya proizvodstva spetsializirovannykh produktov pitaniya [Whey ingredients for the production of specialized food products] / A. N. Ponomarev, Ye. I. Mel'nikova, Ye. V. Bogdanova // Pererab. moloka. – 2020. – № 2. – S. 6–7.
6. Whey proteins: from milk to medicine / ed.: H. C. Deeth, N. Bansal. – London: Academic Press, 2019. – 746 p.
7. Панов, Ю. Т. Полиамидные микрофильтрационные мембраны с улучшенными порометрическими и прочностными свойствами / Ю. Т. Панов, А. В. Тарасов, С. А. Лепешин, Е. В. Ермолаева // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 12-2. – С. 258–262.
7. Panov, YU. T. Poliamidnyye mikrofil'tratsionnyye membrany s uluchshennymi porometricheskimi i prochnostnymi svoystvami [Polyamide microfiltration membranes with improved porosimetric and strength properties] / YU. T. Panov, A. V. Tarasov, S. A. Lepeshin, Ye. V. Yermolayeva // Sovremennyye naukoemykiye tekhnologii. – 2015. – № 12-2. – S. 258–262.
8. Plisko, T. V. Modification of Polysulfone Ultrafiltration Membranes via Addition of Anionic Polyelectrolyte Based on Acrylamide and Sodium Acrylate to the Coagulation Bath to Improve Antifouling Performance in Water Treatment / T. V. Plisko, A. V. Bilyukevich [et al.] // Membranes. – 2020. – 10, 264. URL: <https://doi.org/10.3390/membranes10100264>

Т.И. Шингарева¹, к.т.н., доцент, В.А. Шаршунув¹, д.т.н., профессор,
М.А. Глушаков^{1,2}, к.т.н., доцент, С.В. Красноцкий³, к.т.н., доцент
¹Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий,
г. Могилев, Республика Беларусь

²ООО «Техносолекс-Проект», г. Могилев, Республика Беларусь

³ООО «Милтекс», г. Минск, Республика Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ ВОДЫ В РАЗНЫХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТАХ

T. Shingareva¹, V. Sharshunov¹, M. Glushakov^{1,2}, S. Krasotsky³

¹Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Mogilev, Republic of Belarus

²Technosolex-Project LLC, Mogilev, Republic of Belarus

³Miltex LLC, Minsk, Republic of Belarus

STUDY OF WATER ACTIVITY IN VARIOUS DAIRY PRODUCTS

e-mail: t-shingareva@mail.ru

Исследована активность воды в разных видах молочных продуктов. Изучены факторы, влияющие на точность и достоверность результатов измерения активности воды на лабораторном анализаторе «HygroLab C1». Проведено сопоставление значений активности воды с массовой долей влаги/жира в продуктах.

The activity of water in different types of dairy products was studied. Factors affecting the accuracy and reliability of the measurement results of water activity on the laboratory analyzer "HydroLab C1" were studied. Water activity was compared with the weight fraction of moisture/fat in the products.

Ключевые слова: молочные продукты; активность воды; анализатор активности воды; массовая доля влаги; температура.

Key words: dairy products; water activity; water activity analyzer; moisture mass fraction; temperature

Введение. Интенсивность процессов порчи пищевой продукции, включая молочную, зависит от многих факторов внешней среды: температуры и влажности воздуха, света, присутствия кислорода и др., а также непосредственно свойств самих продуктов (химического состава, исходной микробной контаминации, активной кислотности (рН), активности воды (Aw), окислительно-восстановительного потенциала и др.) [1]. Известно, что существует взаимосвязь между влагосодержанием пищевых продуктов и их сохранностью (или порчей). Однако часто различные пищевые продукты с одним и тем же содержанием влаги портятся по-разному. При этом выявлено, что имеет важное значение, насколько вода ассоциирована с неводными компонентами, то есть активность воды [2, 3]. Показатель активности воды, впервые введенный в отношении пищевых продуктов еще в пятидесятых годах прошлого века Скоттом (Scott W.J.) [4].

Активность воды (Aw) – это отношение давления водяных паров пищевых продуктов (p) к давлению паров чистой воды (p0), когда они измерены при одинаковой температуре. Активность воды – безразмерная величина, значение которой равно 0.0 для абсолютно безводной испытуемой пробы и 1.0 для чистой воды, не содержащей солей. Активность воды большинства пищевых продуктов находится в верхнем диапазоне приблизительно от 0,992, характерном для необработанного сырого мяса, до нижней границы приблизительно 0,800 – для соленых и высушенных продуктов [5].

При понижении активности воды повышается энергия связи ее в продукции и, как правило, уменьшается возможность микроорганизмов использовать воду для метаболизма, также снижается скорость большинства химических реакций, отвечающих за порчу пищевых продуктов [6].

На предприятиях молочной промышленности активно расширяется ассортиментный перечень пищевой продукции сложного компонентного состава, включая продукцию функционального назначения. В состав этих рецептур могут входить традиционные виды молочных продуктов, разные пищевкусовые компоненты и прочее. Для всех пищевых продуктов, наряду с высококачественными характеристиками, главным условием является обеспечение безопасности продукции для потребителей. Поэтому производители должны гарантировать безопасный срок хранения продуктов в заявленный период. Активность воды может быть использована для прогнозирования роста микроорганизмов и определения микробиологической стабильности пищевой продукции и также является важным критерием оценки времени, в течение которого может храниться пищевая продукция [1, 7, 8]. Именно показатель «активность воды», а не «массовая доля влаги» стали включать в стандарты как необходимое требование безопасности пищевой продукции [9].

При проведении измерений активности воды должны соблюдаться общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям, изложенные в ISO 7218. Согласно стандарта при определении активности воды в продукции методами прямого манометрического измерения давления, измерения точки росы, определения изменения емкости конденсатора, электрической проводимости электролита, предпочтительно измерять A_w при температуре 25 °С. Отклонение температуры от заданной величины на ± 1 °С при проведении измерения не будет оказывать заметного влияния на показатель активности воды.

В настоящий период в информационных источниках открытого доступа отсутствуют данные по активности воды в молочной продукции разного состава (ферментированной, не ферментированной, жидкой, сухой и прочее). Нет информации по эффективности применения анализатора активности воды «HygroLab C1» для молочной продукции в зависимости от условий проведения эксперимента, что является актуальным для предприятий молочной промышленности и явилось целью исследований.

Материалы и методы исследований. На базе кафедры технологии молока и молочных продуктов БГУТ проведены исследования активности разных видов молочной продукции. Объектами исследований явились: сливки питьевые стерилизованные, творог, сыр, сметана, сыр плавленый, молоко сухое обезжиренное, сыворотка молочная сухая подсырная.

При проведении эксперимента для всех исследуемых образцов отбор проб и подготовку продукции к анализу осуществляли по ГОСТ 26809.1(2)-2014, активность воды определяли по ГОСТ ISO 21807-2015 [5], активную кислотность – по ГОСТ 32892-2014, массовую долю влаги – по ГОСТ 3626-73.

Для определения активности воды в молочных продуктах применяли лабораторный анализатор «HygroLab C1», предназначенный для измерения активности воды и температуры в молоке, сыре, кормах для животных и других продуктах, по методу измерения точки росы (рисунок 1) [10].

Согласно паспортным характеристикам, измерение активности воды на анализаторе «HygroLab C1» проводят следующим образом. Анализируемый образец отбирается в прозрачный стаканчик (контейнер) и помещается в измерительную камеру и фиксируется прижимным герметизирующим устройством для предотвращения влияния окружающих условий на образец. Сверху устанавливается зонд активности воды. Далее запускают прибор кнопкой «Enter», при этом на табло высвечивается температура в камере прибора. В течение определенного периода ожидают результат, который по завершению измерения высвечивается на табло прибора с характерным звуковым сигналом. После чего на дисплее отображаются значения активности воды.



Рисунок 1 – Лабораторный анализатор «HygroLab C1»
Источник данных: собственная разработка.

Результаты и их обсуждение. Для подтверждения точности и достоверности данных при определении активности воды в разных видах молочных продуктов на анализаторе «HygroLab C1», прежде всего, предстояло выяснить, насколько существенным являются такие факторы, как исходная температура молочного продукта перед измерением, а также в закрытом или открытом виде следует помещать контейнер с образцом в камеру прибора.

Влияние температурного фактора на активность воды изучали на образцах плавленого сыра и творога (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели активности воды (A_w) молочных продуктов при разной температуре на анализаторе «HygroLab C1»

Номер образца	Наименование продукта	Температура образца, °С	A_w	Температура в камере измерения, °С	Продолжительность процесса, мин
1	Плавленый сыр	6	0,942	17,19	18,20
2	Творог 5 %	6	0,953	18,22	17,05
3	Плавленый сыр	20	0,974	20,38	5,20
4	Творог 5 %	20	0,978	20,43	5,15

Источник данных: собственная разработка.

Соответственно, для проведения анализов образцы 1 и 2 были взяты сразу из холодильника (хранение при 6°С), а образцы 3 и 4 предварительно выдерживали в течение 50–60 мин до достижения ими температуры 20°С.

Установлено (таблица 1), что значения активности воды при разных температурах образцов плавленого сыра и творога существенно отличаются. Разница температуры в образцах при проведении анализа отрицательно сказывается на достоверности результатов измерения. Кроме того, при низкой температуре (6°С) у образцов плавленого сыра и творога 1 и 2, в сравнении с образцами 3 и 4, продолжительность процесса удлиняется в среднем в 3 раза.

Опираясь на полученные результаты, в дальнейших исследованиях перед измерением активности воды на лабораторном анализаторе все исследуемые образцы молочных продуктов, взятые из холодильника, предварительно выдерживали в термостате при 25°С, при этом продолжительность выдержки составила 15 мин.

Далее требовалось уточнить, как влияет на достоверность результатов измерения наличие или отсутствие крышки контейнера с продуктом на показатели активности воды (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели активности воды (A_w) в молочной продукции на анализаторе «HygroLab C1»

Продукт	Значение A_w продукта		Температура в камере измерения, °С	
	контейнер без крышки	контейнер с крышкой	контейнер без крышки	контейнер с крышкой
Сливки ультрапастеризованные 20 %	0,972	0,963	22,17	22,29
Масло сладкосливочное 82,5 %	0,973	0,970	21,68	22,0
Сыр Голландский МДЖ _{св} 45 %	0,976	0,974	22,84	22,96
Творог 10 %	0,980	0,979	23,06	23,13
Сметана 20 %	0,981	0,979	23,24	23,20
Молоко сухое обезжиренное (СОМ)	0,172	0,931	22,20	22,08
Сыворотка молочная сухая подсырная	0,290	0,769	20,91	20,66

Источник данных: собственная разработка.

Как видно из таблицы 2, наличие крышки при измерении активности воды на анализаторе искажает достоверность результатов, что особенно существенно отражается на сухих молочных продуктах.

По итогам полученных результатов исследований заключили, что все подготовленные к измерению активности воды образцы молочной продукции требуется помещать в камеру анализатора в контейнерах без крышки.

Далее, используя уточненную методику, проводили анализы по измерению активности воды в разных видах молочной продукции, вырабатываемой на ведущих предприятиях молочной промышленности Республики Беларусь (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели влаги и активности воды (A_w) молочной продукции, вырабатываемой на ведущих предприятиях Беларуси

Продукт	Массовая доля влаги, %	Значение A_w	Температура в камере измерения, °С
1	2	3	4
Сливки стерилизованные 10 % (Волковысское ОАО «Беллакт»)	82,0	0,965	22,10
Сливки стерилизованные 20 % (ОАО «Молочный Мир»)	73,0	0,972	22,29
Сливки стерилизованные 33 % (ОАО «Молочный Мир»)	61,0	0,974	22,44
Масло сладкосливочное 61 % (Волковысское ОАО «Беллакт»)	35,8	0,976	22,61
Масло сладкосливочное 82,5 % (ОАО «Бабушкина крынка»)	16,0	0,970	22,03
Масло сладкосливочное 84 % (ОАО «Молочные горки»)	14,0	0,973	22,74

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
Творог 1 % (ОАО «Бабушкина крынка»)	74,2	0,977	23,10
Творог 10 % (ОАО «Бабушкина крынка»)	73,7	0,980	23,13
Сметана 20 % (ОАО «Савушкин продукт»)	60,0	0,981	23,28
Сыр Голландский МДЖ _{св} 45 % (ОАО «Савушкин продукт»)	42,3	0,976	22,96
Плавленый сыр «Минчанка» МДЖ _{св} 40 % (ОАО «Савушкин продукт»)	47,8	0,971	23,09
Молоко сухое обезжиренное (Волковыское ОАО «Беллакт»)	5,0	0,172	22,28
Сыворотка молочная сухая (ОАО «Бабушкина крынка»)	3,5	0,290	22,66

Источник данных: собственная разработка.

Анализ полученных данных (таблица 3) показал, что значения активности воды даже для одинаковых видов молочных продуктов не имеют прямой зависимости от массовой доли влаги/жира в продукте. Это подтверждает существенное влияние на характер и прочность форм связи влаги в продукте даже одного вида особенностей технологического процесса, применяемого на разных предприятиях.

Выводы. Научный анализ теоретических источников подтверждает, что измерение показателей активности воды находит широкое применение в производстве продуктов питания, включая молочную продукцию. Данный показатель используется для возможности прогнозирования роста микроорганизмов и определения микробиологической стабильности пищевой продукции и также является важным, количественно определяемым критерием оценки времени, в течение которого может храниться пищевая продукция.

Отработана методика определения активности воды на лабораторном анализаторе «HugroLab C1» в разных видах молочных продуктов, включая жидкие (молоко), вязкие (сливки, сметана), полутвердые (творог, масло, сыр) и сухие (молоко сухое обезжиренное, сыворотка молочная сухая). Перед измерением активности воды образцы, взятые из холодильной камеры (4–6°C), следует поместить в контейнеры, закрыть крышкой, чтобы избежать испарения с поверхности продукта, и прогреть до комнатной температуры. Для ускорения процесс рекомендуется образцы поместить в термостат на 15 минут при температуре 25 °C (термостат). При этом непосредственно сам анализ измерения активности воды следует проводить, предварительно сняв крышку с контейнера.

Значения активности воды даже для одинаковых видов молочных продуктов (творог, сыр и др.) не имеют прямой зависимости от массовой доли влаги/жира в продукте, что подтверждает существенное влияние на характер и прочность форм связи влаги в продукте особенностей технологического процесса, применяемых на разных предприятиях.

Полученные результаты исследований позволят специалистам в области пищевых и молочных производств применять уточненную методику определения активности воды на анализаторе «HugroLab C1», что позволит получать достоверные данные измерений показателя активности воды для разных видов молочной продукции. Результаты исследований могут быть использованы при разработке новых видов молочной продукции сложного компонентного состава, ориентированной на длительные сроки годности.

Список использованных источников

1. Об утверждении Санитарных норм, правил и гигиенических нормативов «Государственная санитарно-гигиеническая экспертиза сроков годности (хранения) и условий хранения продовольственного сырья и пищевых продуктов, отличающихся от установленных в действующих технических нормативных правовых актах в области технического нормирования и стандартизации»: постановление министерства здравоохранения Республики Беларусь от 1 сентября 2010 г. № 119 // Министерство здравоохранения Республики Беларусь. – URL: https://minzdrav.gov.by/ru/dlya-spetsialistov/normativno-pravovaya-baza/baza-npa.php?ELEMENT_ID=332827 (дата обращения: 20.06.2025).
1. Ob utverzhdenii Sanitarnykh norm, pravil i gigiyenicheskikh normativov «Gosudarstvennaya sanitarno-gigiyenicheskaya ekspertiza srokov godnosti (khraneniya) i usloviy khraneniya prodovolstvennogo syria i pishchevykh produktov. otlichayushchikhsya ot ustanovlennykh v deystvuyushchikh tekhnicheskikh normativnykh pravovykh aktakh v oblasti tekhnicheskogo normirovaniya i standartizatsii» [On approval of the Sanitary norms, rules and hygienic standards "State sanitary and hygienic examination of the shelf life (storage) and storage conditions of food raw materials and food products that differ from those established in the current technical regulatory legal acts in the field of technical regulation and standardization"]: postanovleniye ministerstva zdravookhraneniya Respubliki Belarus ot 1 sentyabrya 2010 g. № 119 // Ministerstvo zdravookhraneniya Respubliki Belarus'. – URL: https://minzdrav.gov.by/ru/dlya-spetsialistov/normativno-pravovaya-baza/baza-npa.php?ELEMENT_ID=332827 (data obrashcheniya: 20.06.2025).
2. Грошева, В. Н. Исследование активности воды в кислородосодержащих продуктах с пищевыми волокнами / В. Н. Грошева // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2. – URL: <http://www.scienceeducation.ru/ru/article/view?id=12677> (дата обращения: 13.03.2025).
2. Grosheva, V. N. Issledovaniye aktivnosti vody v kislorodosoderzhashchikh produktakh s pishchevymi voloknami [Study of water activity in oxygen-containing products with dietary fiber] / V. N. Grosheva // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. – 2014. – № 2. – URL: <http://www.scienceeducation.ru/ru/article/view?id=12677> (data obrashcheniya: 13.03.2025).
3. Ермолаев, В. А. Исследование влияния низкотемпературного воздействия на активность воды пищевых продуктов / В. А. Ермолаев // FOOD METAENGINEERING. – 2023. – Т. 1, № 1. – С. 9–17. – URL: <https://doi.org/10.37442/fme.2023.1.10> (дата обращения: 19.06.2025).
3. Yermolayev, V. A. Issledovaniye vliyaniya nizkotemperaturnogo vozdeystviya na aktivnost' vody pishchevykh produktov [Study of the effect of low temperature exposure on the water activity of food products] / V. A. Yermolayev // FOOD METAENGINEERING. – 2023. – T. 1, № 1. – S. 9–17. – URL: <https://doi.org/10.37442/fme.2023.1.10> (data obrashcheniya: 19.06.2025).
4. Scott, W. J. Water relations of *Staphylococcus aureus* at 30 °C / W. J. Scott // Aust. J. Biol. Sci. – 1953. – № 6. – P. 549–564.
5. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Определение активности воды: ГОСТ ISO 21807-2015. – Введ. 27.02.2015. – М. : Стандартинформ, 2016. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293754/4293754690.pdf> (дата обращения: 14.03.2025).
5. Mikrobiologiya pishchevykh produktov i kormov dlya zhivotnykh. Opredeleniye aktivnosti vody [Microbiology of food and animal feed. Determination of water activity]: GOST ISO 21807-2015. – Vved. 27.02.2015. – M. : Standartinform, 2016. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293754/4293754690.pdf> (data obrashcheniya: 14.03.2025).
6. Фатьянов, Е. В. Активность воды растворов углеводов / Е. В. Фатьянов, Р. Е. Тё, И. В. Царьков // Молочная промышленность. – 2011. – № 12. – С. 52–53.
6. Fat'yanov, Ye. V. Aktivnost' vody rastvorov uglevodov [Water activity of carbohydrate solutions] / Ye. V. Fat'yanov, R. Ye. To, I. V. Tsar'kov // Molochnaya promyshlennost'. – 2011. – № 12. – S. 52–53.

7. Цуканов, М. Ф. Технологические аспекты показателя «Активность воды» и его роль в обеспечении качества продукции общественного питания / М. Ф. Цуканов, А. Б. Черноморец // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2010. – № 1 (11). – С. 58–63.

8. Степаненко, Д. С. Влияние активности воды кондитерских кремов и начинок на сроки их хранения и микробиологические показатели / Д. С. Степаненко, А. В. Яицких // Научное обеспечение инновационных технологий производства и хранения сельскохозяйственной и пищевой продукции: сб. матер. III Всероссийской науч.-практ. конф. молодых ученых и аспирантов, г. Краснодар, 4–25 апреля 2016 г. / ФГБНУ ВНИИТТИ. – Краснодар, 2016. – С. 438–440.

9. Чернова, А. В. Проблема нормирования и определения показателя активности воды в пищевой продукции / А. В. Чернова, Т. В. Молоткова, Л. Ф. Доскач // Наука и бизнес: пути развития. – 2024. – № 6(24). – С. 175–178.

10. Анализатор активности воды лабораторный HygroLab / Rotronic AG. – URL: <http://rotronic-rus.ru/catalog/water-activity-lab-hygroLab> (дата обращения: 12.06.2024).

7. Tsukanov, M. F. Tekhnologicheskiye aspekty pokazatelya «Aktivnost' vody» i yego rol' v obespechenii kachestva produktsii obshchestvennogo pitaniya [Technological aspects of the indicator "Water activity" and its role in ensuring the quality of public catering products] / M. F. Tsukanov, A. B. Chernomorets // Tekhniko-tekhnologicheskiye problemy servisa. – 2010. – № 1 (11). – S. 58–63.

8. Stepanenko, D. S. Vliyaniye aktivnosti vody konditerskikh kremov i nachinok na sroki ikh khraneniya i mikrobiologicheskiye pokazateli [The influence of water activity of confectionery creams and fillings on their shelf life and microbiological indicators] / D. S. Stepanenko, A. V. Yaitskikh // Nauchnoye obespecheniye innovatsionnykh tekhnologiy proizvodstva i khraneniya sel'skokhozyaystvennoy i pishchevoy produktsii: sb. mater. III Vserossiyskoy nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh i aspirantov, g. Krasnodar, 4–25 aprelya 2016 g. / FGBNU VNIITTI. – Krasnodar, 2016. – S. 438–440.

9. Chernova A. V. Problema normirovaniya i opredeleniya pokazatelya aktivnosti vody v pishchevoy produktsii [The problem of standardization and determination of the water activity index in food products] / A. V. Chernova. T. V. Molotkova. L. F. Doskach // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2024. – № 6(24). – S. 175–178.

10. Analizator aktivnosti vody laboratornyy HygroLab / Rotronic AG. – URL: <http://rotronic-rus.ru/catalog/water-activity-lab-hygroLab> (data obrashcheniya: 12.06.2024).

*Е.В. Ефимова, к.т.н., доцент, Е.В. Беспалова, к.т.н., доцент, Е.М. Дмитрук,
С.И. Вырина, М.А. Ерошевич
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ СЫВОРОТОК, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ БЕЛКОВЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ КОЗЬЕГО И ОВЕЧЬЕГО МОЛОКА

*E. Efimova, E. Bespalova, E. Dmitruk, S. Virina, M. Eroshevich
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

DETERMINATION OF THE FEATURES OF MECHANICAL AND HEAT PROCESSING OF WHEY OBTAINED IN THE MANUFACTURING OF PROTEIN PRODUCTS FROM GOAT AND SHEEP MILK

*e-mail: overie@mail.ru, bespalova-kat@mail.ru, elenadm210187@gmail.com, svetalantana@mail.ru,
erosh.masha.20000@gmail.com*

В статье представлены результаты исследований особенностей механической и тепловой обработки сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из козьего и овечьего молока.

The article presents the results of research on the features of mechanical and thermal processing of whey obtained during the production of protein products from goat and sheep milk.

Ключевые слова: сыворотка козья, сыворотка овечья, белковые продукты, механическая и тепловая обработки, денатурация белка

Keywords: goat whey, sheep whey, protein products, mechanical and heat treatment, protein denaturation

Введение. Предварительными неотъемлемыми этапами в технологии переработки всех видов молочного сырья, в том числе сыворотки, являются механическая и тепловая обработка. Механическая обработка (сепарирование) является основным и первичным способом подготовки сыворотки к дальнейшей переработке. Суть процесса заключается в разделении компонентов молочной сыворотки, основанном на разном поведении ее частиц в поле центробежных сил: частицы, имеющие разную плотность, форму и размеры, осаждаются с разной скоростью [1, 2]. Сыворотку сепарируют с целью отделения молочного жира (подсырных сливок) и казеиновой пыли. Следует отметить, что из сыворотки жир извлекается труднее, чем из молока, что обусловлено высокой дисперсностью жировых шариков и наличием казеиновой пыли. При подборе оптимальной температуры сепарирования сыворотки необходимо учитывать, что ее повышение приводит к дроблению жировых шариков и вспениваю обезжиренной и жирной частей. В то же время при понижении температуры обработки до 40°C сепарирование протекает медленно с потерями жировой фракции в барабане сепаратора и между тарелками, что снижает эффективность обезжиривания [3].

Источниками микрофлоры в сыворотке могут быть заквасочные микроорганизмы, используемые при производстве основного продукта (сыра и творога), а также возможно обсеменение посторонней микрофлорой при сборе и хранении молочной сыворотки [4]. При пастеризации подсырной сыворотки инактивируются остаточная микрофлора и следы сычужного фермента, присутствие которого в ряде случаев при дальнейшей переработке молочной сыворотки нежелательно [5].

При температурной обработке глубоким изменениям подвергаются сывороточные белки. Денатурация сывороточных белков зависит от температуры и

продолжительности ее воздействия на сыворотку. При пастеризации до 65°C денатурация некоторых фракций сывороточных представляет собой обратимый процесс, при температуре 70°C и выше – становится необратимой, а при 100°C процесс полной денатурации завершен [3]. Денатурация большинства сывороточных белков молока начинается при сравнительно низких температурах нагревания – в интервале 62–78°C. Денатурация белка ведет к повышению вязкости, оказывая негативное воздействие на вкус и внешний вид продуктов [6].

Сыворотка, полученная при изготовлении белковых продуктов из козьего и овечьего молока, отличается от сыворотки, полученной из коровьего молока, как по органолептическим, так и по физико-химическим показателям. Это связано с отличием козьего и овечьего молока по своим показателям (в том числе по строению и составу белка и жира) от коровьего [7]. В этой связи исследования особенностей механической и тепловой обработки сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из козьего и овечьего молока, позволят получить знания для формирования технологических подходов ее переработки.

Целью работы. Определение особенностей механической и тепловой обработки сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из козьего и овечьего молока.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в производственно-испытательной лаборатории РУП «Институт мясо-молочной промышленности» и лаборатории технологий цельномолочных продуктов и концентратов отраслевой лаборатории биохимии, микробиологии и технологических процессов переработки молока с использованием стандартных методов исследования.

Результаты и их обсуждение. Для исследований использовалась сыворотка, полученная при изготовлении белковых продуктов из козьего молока (КФХ «ДАК», РУП «Институт мясо-молочной промышленности») и сыворотка, полученная при изготовлении белковых продуктов из овечьего молока (ОАО «Лошницкий комбикормовый завод», ООО «ГрандМилк», РУП «Институт мясо-молочной промышленности»). Исследовалась сыворотка, полученная при изготовлении творога, полутвердого сыра и мягкого термокислотного сыра.

В ходе выполнения НИР исследованы параметры сепарирования указанных образцов сыворотки. Образцы сепарированы при следующих температурных режимах: 40°C, 50°C, 60°C. Исходные сыворотки и полученные в ходе сепарирования фракции (жировая и обезжиренная) исследованы по физико-химическим показателям. Полученные результаты представлены в таблицах 1 и 2.

Физико-химические показатели сыворотки, полученной при изготовлении белковых продуктов из овечьего молока, жировой фракции и обезжиренной сыворотки после сепарирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические показатели сыворотки, полученной при изготовлении белковых продуктов из овечьего молока, жировой фракции и обезжиренной сыворотки после сепарирования

Наименование образца	Массовая доля, %			
	жира	белка	сухих веществ	лактозы
1	2	3	4	5
Сыворотка, полученная при изготовлении полутвердого сыра из овечьего молока	1,1	1,61	8,30	–
Жировая фракция после сепарирования при 40°C сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра из овечьего молока	29,5	–	–	–

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Жировая фракция после сепарирования при 50°C сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра из овечьего молока	30,5	–	–	–
Жировая фракция после сепарирования при 60°C сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра из овечьего молока	30,0	–	–	–
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 40°C сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра из овечьего молока	< 0,1	1,50	7,20	5,05
Обезжиренная сыворотка после сепарирования 50°C сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра из овечьего молока	< 0,1	1,40	7,40	5,35
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 60°C сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра из овечьего молока	< 0,1	1,27	7,40	5,39
Сыворотка, полученная при изготовлении термокислотного сыра из овечьего молока	1,5	0,70	7,50	–
Жировая фракция после сепарирования при 40°C сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра из овечьего молока	30,0	–	–	–
Жировая фракция после сепарирования при 50°C сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра из овечьего молока	31,5	–	–	–
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 40°C сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра из овечьего молока	< 0,1	0,65	7,30	5,91
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 50°C сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра из овечьего молока	< 0,1	0,59	7,10	5,75
Сыворотка, полученная при изготовлении творога из овечьего молока	2,3	1,30	9,40	–
Жировая фракция после сепарирования при 40°C сыворотки, полученной при изготовлении творога из овечьего молока	29,5	–	–	–
Жировая фракция после сепарирования при 50°C сыворотки, полученной при изготовлении творога из овечьего молока	31,0	–	–	–
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 40°C сыворотки, полученной при изготовлении творога из овечьего молока	< 0,1	1,30	8,00	5,60
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 50°C сыворотки, полученной при изготовлении творога из овечьего молока	0,1	1,25	7,90	5,56
Примечание : «–» – исследования не проводились.				

Источник: собственная разработка.

Анализ исходных сывороток (таблица 1), полученных при изготовлении белковых продуктов из овечьего молока, показывает, что сыворотка, полученная при изготовлении творога, характеризуется наибольшим содержанием сухих веществ – 9,4 %, жира – 2,3 %. Наибольшее содержание белка выявлено в сыворотке, полученной при изготовлении полутвердого сыра – 1,61 %.

Установлено, что наиболее эффективным температурным режимом сепарирования сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из овечьего молока является температура 50°C. При этом температурном режиме отделено наибольшее содержание жира в жировой фракции после сепарирования сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра – 30,5 %; после сепарирования сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра –

31,5 %; после сепарирования сыворотки, полученной при изготовлении творога – 31,0 %.

Определено, что при понижении температуры сепарирования до 40°C процесс протекает более медленно по сравнению с обработкой при температуре 50°C, а также отмечается снижение массовой доли жира в выделяемой жировой фракции. Так в жировой фракции после сепарирования сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра из овечьего молока, при температуре сепарирования 40°C содержание жира составляет 30,0 %, т.е. отмечается снижение массовой доли жира на 4,8 % по сравнению с жировой фракцией, полученной при температуре сепарирования 50°C; м. д. жира в жировой фракции при сепарировании сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра из овечьего молока, снижается на 3,3 % (до м. д. жира 29,5 %) и при сепарировании сыворотки, полученной при изготовлении творога из овечьего молока на 4,8 % (до м. д. жира 29,5 %).

При температуре сепарирования 60°C процесс сопровождается вспениванием жировой и обезжиренной фракций и денатурацией сывороточных белков. Грязевое пространство сепаратора быстро загрязняется, увеличивается количество белковых отложений на барабане сепаратора (потери белка в сыворотке составляют 26 % от его исходного содержания), что приводит к ухудшению выделения жира.

Физико-химические показатели сыворотки, полученной при изготовлении белковых продуктов из козьего молока, жировой фракции и обезжиренной сыворотки после сепарирования представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-химические показатели сыворотки, полученной при изготовлении белковых продуктов из козьего молока, жировой фракции и обезжиренной сыворотки после сепарирования

Наименование образца	Массовая доля, %			
	жира	белка	сухих веществ	лактозы
1	2	3	4	5
Сыворотка, полученная при изготовлении полутвердого сыра из козьего молока	0,5	0,84	6,50	-
Жировая фракция после сепарирования при 40°C сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра из козьего молока	5,0	-	-	-
Жировая фракция после сепарирования при 50°C сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра из козьего молока	6,0	-	-	-
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 40°C сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра из козьего молока	< 0,1	0,79	6,20	4,72
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 50°C сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра из козьего молока	< 0,1	0,86	6,10	4,62
Сыворотка, полученная при изготовлении термокислотного сыра из козьего молока	0,3	0,59	6,60	-
Жировая фракция после сепарирования при 50°C сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра из козьего молока	5,5	-	-	-
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 40°C сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра из козьего молока	< 0,1	0,60	6,30	5,11
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 50°C сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра из козьего молока	< 0,1	0,58	6,20	4,98

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Сыворотка, полученная при изготовлении творога из козьего молока	0,6	0,94	6,70	-
Жировая фракция после сепарирования при 40°C сыворотки, при изготовлении творога из козьего молока	9,0	-	-	-
Жировая фракция после сепарирования при 50°C сыворотки, при изготовлении творога из козьего молока	9,5	-	-	-
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 40°C сыворотки, полученной при изготовлении творога из козьего молока	< 0,1	0,84	6,30	4,62
Обезжиренная сыворотка после сепарирования при 50°C сыворотки, полученной при изготовлении творога из козьего молока	< 0,1	0,79	6,20	4,72
Примечание : «-» – исследования не проводились.				

Источник: собственная разработка.

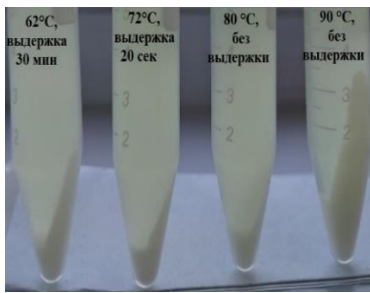
Результат анализа исходных сывороток (таблица 2), полученных при изготовлении белковых продуктов из козьего молока, показывает, что сыворотка, полученная при изготовлении творога, характеризуется наибольшим содержанием сухих веществ – 6,7 %, жира – 0,6 %, белка – 0,94 %.

Определено, что наиболее эффективным температурным режимом сепарирования сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из козьего молока является температура 50°C. При этом температурном режиме выделено наибольшее содержание жира в жировой фракции после сепарирования сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра – 6,0 %; в жировой фракции после сепарирования сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра – 5,5 %; в жировой фракции после сепарирования сыворотки, полученной при изготовлении творога – 9,5 %.

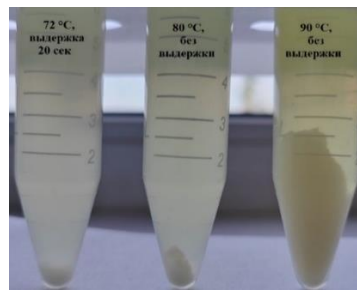
Установлено, что при температуре 40°C сепарирование протекает медленнее по сравнению с температурным режимом сепарирования 50°C. При этом температурном режиме содержание жира в жировой фракции после сепарирования сыворотки, полученной при изготовлении полутвердого сыра меньше на 16,7 %, чем при температуре сепарирования 40°C и составляет 5,0 %; в жировой фракции после сепарирования сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра меньше на 9,1 % (массовая доля жира 5,0 %); в жировой фракции после сепарирования сыворотки, полученной при изготовлении творога меньше на 5,3 % (массовая доля жира 9,0 %).

Полученные результаты свидетельствует о том, что при исследуемых температурных режимах сепарирование протекает эффективно, массовая доля жира в обезжиренной фракции составила 0,1 %. Температура сепарирования 50°C является оптимальной для сепарирования сыворотки: при этом режиме сепарирования жир извлекается в большем количестве во всех образцах. Наибольшее содержание жира в жировых фракциях выделено из сыворотки, полученной при изготовлении белковых продуктов из овечьего молока (жировая фракция после сепарирования при 50°C сыворотки, полученной при изготовлении термокислотного сыра – 31,5 %).

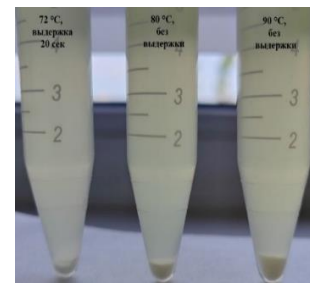
Проведены исследования по определению влияния температурных режимов пастеризации сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из овечьего, козьего молока, на денатурацию белков. Денатурация белка образцов обезжиренной сыворотки исследована путем центрифугирования сыворотки, подвергнутой тепловой обработке при различных режимах: температура 62°C с выдержкой 30 мин; 72°C с выдержкой 15–20 с, 80°C без выдержки; 90°C без выдержки. Результаты исследований представлены на рисунках 1, 2.



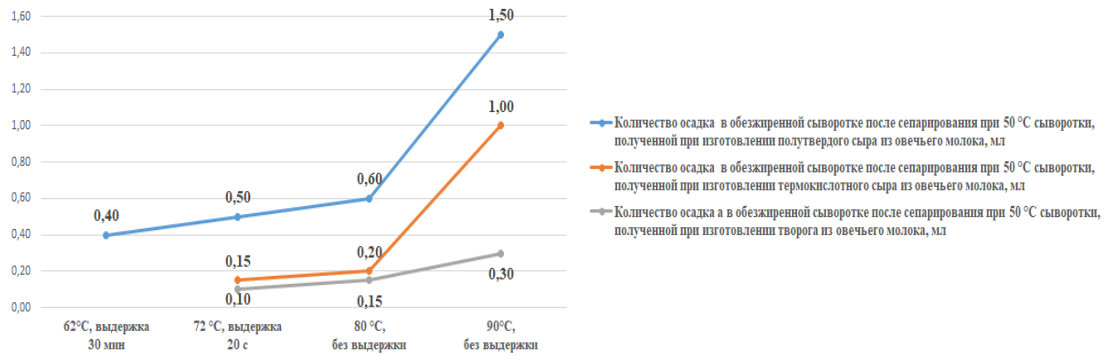
а – сыворотка, полученная при изготовлении полутвердого сыра



б – сыворотка, полученная при изготовлении термокислотного сыра



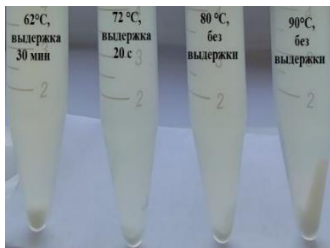
в – сыворотка, полученная при изготовлении творога



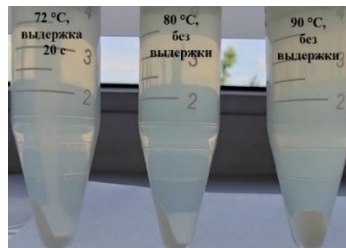
г – количество осадка после центрифугирования обезжиренной овечьей сыворотки, пастеризованной при различных режимах

Рисунок 1 – Денатурация белка в обезжиренной сыворотке, полученной при изготовлении белковых продуктов из овечьего молока, пастеризация которой проведена при различных режимах тепловой обработки

Источник данных: собственная разработка.



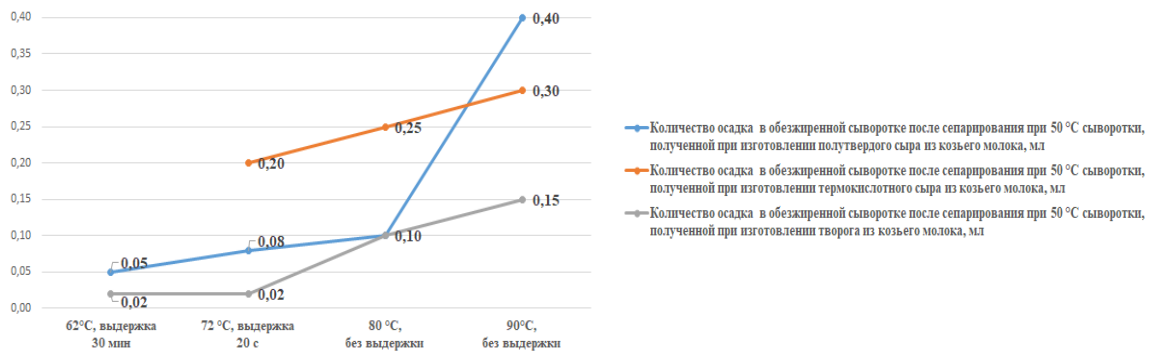
а – сыворотка, полученная при изготовлении полутвердого сыра



б – сыворотка, полученная при изготовлении термокислотного сыра



в – сыворотка, полученная при изготовлении творога



г – количество осадка после центрифугирования обезжиренной козьей сыворотки, пастеризованной при различных режимах.

Рисунок 2 – Денатурация белка в обезжиренной сыворотке, полученной при изготовлении белковых продуктов из козьего молока, пастеризация которой проведена при различных режимах тепловой обработки

Источник данных: собственная разработка

Проведенный анализ результатов исследований (рисунок 1, 2) показывает, что при повышении режимов пастеризации денатурация белка увеличивается, о чем свидетельствует увеличение количества осадка, полученного в результате центрифугирования обезжиренной пастеризованной сыворотки. Так в обезжиренной сыворотке, полученной при изготовлении полутвердого сыра из овечьего молока, содержание осадка увеличивается от 0,4 мл при температуре пастеризации 62°C с выдержкой 30 мин до 1,5 мл при температуре пастеризации 90°C, без выдержки; в обезжиренной сыворотке, полученной при изготовлении термокислотного сыра из овечьего молока – от 0,15 до 1,0 мл; в обезжиренной сыворотке, полученной при изготовлении творога из овечьего молока – от 0,1 до 0,3 мл; в обезжиренной сыворотке, полученной при изготовлении полутвердого сыра из козьего молока от 0,05 до 0,4 мл; в обезжиренной сыворотке, полученной при изготовлении термокислотного сыра из козьего молока – от 0,2 до 0,3 мл; в обезжиренной сыворотке, полученной при изготовлении творога из козьего молока – от 0,02 до 0,15 мл.

Выводы. В результате проведенных исследований было установлено, что температура сепарирования 50°C является оптимальной для сепарирования козьей и овечьей сывороток: при этом режиме сепарирования жир извлекается в большем количестве во всех образцах. Исследования влияния температурных режимов пастеризации сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из овечьего и козьего молока, на денатурацию белков, показали, что при повышении температурных режимов пастеризации увеличивается денатурация сывороточных белков во всех исследуемых образцах.

Список использованных источников

1. Прошутинская, Ю. С. Технология продуктов из обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки / Ю. С. Прошутинская // Молодежь и наука. – 2019. – № 3. – С. 34–38.
1. Proshutinskaya, YU. S. Tekhnologiya produktov iz obezhirennogo moloka, pakhty i molochnoy syvorotki [Technology of products from skim milk, buttermilk and whey] / YU. S. Proshutinskaya // Molodezh' i nauka. – 2019. – № 3. – S. 34–38.
2. Алиев, Р. Д. Сепарирование как стадия подготовки сыворотки / Р. Д. Алиев // Переработка молока. – 2013. – № 8. – С. 62–63.
2. Aliev, R.D. Separirovanie kak stadiya podgotovki syvorotki [Separation as a stage of whey preparation] / R.D. Aliev // Pererabotka moloka. – 2013. – № 8. – S. 62–63.
3. Костенко, А. В. Сепарирование молока бактофугами / А. В. Костенко, Е. А. Степанова, А. С. Пухарев // Наука, образование, инновации: пути развития: материалы Восьмой всероссийской науч.-практ. конф., г. Петропавловск-Камчатский, 23–25 мая 2017 г. / Камчатский государственный технический университет. – Петропавловск-Камчатский, 2017. – С.86–88.
3. Kostenko, A. V. Separirovaniye moloka baktofugami [Milk separation using bactofuges] / A. V. Kostenko, Ye. A. Stepanova, A. S. Pukharev // Nauka, obrazovaniye, innovatsii: puti razvitiya: materialy Vos'moy vserossiyskoy nauch.-prakt. konf., g. Petropavlovsk-Kamchatskiy, 23–25 maya 2017 g. / Kamchatskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet. – Petropavlovsk-Kamchatskiy, 2017. – S.86–88.
4. Асенгали, Ж. Качественные показатели и состав молочной сыворотки / Ж. Асенгали, А. Н. Нургазезова // Научное обеспечение инновационных технологий производства и хранения сельскохозяйственной и пищевой продукции: сб. материалов I Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и аспирантов, г. Краснодар, 9–23 апреля 2018 г. / ФГБНУ ВНИИТТИ. – Краснодар, 2018. – С 225–228.
4. Asengali, ZH. Kachestvennyye pokazateli i sostav molochnoy syvorotki [Qualitative indicators and composition of whey] / ZH. Asengali, A. N. Nurgazezova // Nauchnoye obespecheniye innovatsionnykh tekhnologiy proizvodstva i khraneniya sel'skokhozyaystvennoy i pishchevoy produktsii: sb. materialov I Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh i aspirantov, g. Krasnodar, 9–23 aprelya 2018 g. / FGBNU VNIITTI. – Krasnodar, 2018. – S 225–228.

5. Переработка молочной сыворотки // Dairy Processing Handbook. – URL: <https://dairyprocessinghandbook.tetrapak.com/ru/chapter/pererabotka-syvorotki/> (дата обращения: 10.07.2023).

6. Рязанцева, К. А. Улучшение структурных свойств кисломолочного продукта внесением модифицированных сывороточных белков / К. А. Рязанцева, Н. Е. Шерстнева, Н. А. Жижин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2022. – № 2. – С. 52–66.

7. Короткова, А. А. Агропищевые технологии в производстве и переработке козьего молока / А. А. Короткова, М. И. Сложенкина, И. Ф. Горлов, В. Н. Храмова // Инновационное развитие аграрно-пищевых технологий: материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Волгоград, 17–18 июня 2021 г. / Волгоградский гос. техн. ун-т ; под общ. ред. И. Ф. Горлова. – Волгоград, 2021. – С. 170–174.

5. Pererabotka molochnoy syvorotki [Processing of whey] // Dairy Processing Handbook. – URL: <https://dairyprocessinghandbook.tetrapak.com/ru/chapter/pererabotka-syvorotki/> (data obrashcheniya: 10.07.2023).

6. Ryazantseva, K. A. Uluchsheniye strukturnykh svoystv kislomolochnogo produkta vnoseniyem modifitsirovannykh syvorotochnykh belkov [Improving the structural properties of fermented milk products by adding modified whey proteins] / K. A. Ryazantseva, N. Ye. Sherstneva, N. A. Zhizhin // Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya. – 2022. – № 2. – S. 52–66.

7. Korotkova, A. A. Agropishchevyye tekhnologii v proizvodstve i pererabotke koz'yego moloka [Agro-food technologies in the production and processing of goat milk] / A. A. Korotkova, M. I. Slozhenkina, I. F. Gorlov, V. N. Khramova // Innovatsionnoye razvitiye agrarno-pishchevykh tekhnologiy: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., g. Volgograd, 17–18 iyunya 2021 g. / Volgogradskiy gos. tekhn. un-t ; pod obshch. red. I. F. Gorlova. – Volgograd, 2021. – S. 170–174.

Ю.В. Трофимов¹, к.т.н., С.И. Лишик¹, к.т.н., О.Л. Сороко², к.т.н., доцент,
Е.В. Беспалова², к.т.н., доцент, А.Н. Полин²

¹Государственное предприятие «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси»,

²Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ДЕКОНТАМИНАЦИИ МОЛОКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ СВЕТОДИОДНЫМ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ РЕАКТОРОМ

Yu. Trofimov¹, S. Lishik¹, O. Soroko², E. Bespalova², A. Polyn²

¹State enterprise «Center for LED and Optoelectronic Technologies of the National Academy of Sciences of Belarus»,

²Institute of Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus

PROSPECTS OF DECONTAMINATION OF MILK BY EXPERIMENTAL LED ULTRAVIOLET REACTOR

e-mail: info@ledcenter.by, sergey.lishik@gmail.com, olegSOROKO@tut.by, bespalova-kat@mail.ru

Разработана экспериментальная установка для светодиодного УФ обеззараживания молока-сырья в реакторе типа Куэтта-Тейлора. Исследовано влияние технологических и физико-химических факторов на эффективность деконтаминации молочного сырья при обработке на экспериментальном образце светодиодного УФ реактора. Проанализировано воздействие параметров светодиодной УФ обработки на обеззараживание молочного сырья. Предложены основные направления внедрения светодиодной ультрафиолетовой обработки молочного сырья в условиях Республики Беларусь.

An experimental installation for LED UV disinfection of raw milk in a Couette-Taylor type reactor has been developed. The influence of technological and physical and chemical factors on the effectiveness of decontamination of dairy raw materials during processing on an experimental sample of LED UV reactor has been investigated. The effect of LED UV treatment parameters on the disinfection of dairy raw materials has been analyzed. The main directions of implementation of LED UV treatment of dairy raw materials in the conditions of the Republic of Belarus are proposed.

Ключевые слова: ультрафиолетовое излучение, течение Куэтта-Тейлора, яркость светодиодов, обеззараживание молока, пастеризация, микробиологические показатели, психротрофные и факультативно-анаэробные микроорганизмы.

Keywords: ultraviolet radiation, Couette-Taylor flow, LED brightness, milk disinfection, pasteurization, microbiological indicators, psychrotrophic and facultative anaerobic microorganisms.

Введение. В настоящее время с целью деконтаминации микрофлоры молока и увеличения сроков его хранения широко используются технологии пастеризации и высокотемпературной стерилизации. Несмотря на известные преимущества, у данных технологий имеется ряд недостатков, обусловленных необратимыми физико-химическими и биохимическими изменениями при нагреве молока, которые негативно влияют на пищевую и биологическую ценность молока, а также ухудшают вкус, запах и технологические свойства. Некоторые термолабильные белки, например, лактоферрин, при тепловой пастеризации и вовсе разрушаются.

Известны альтернативные способы нетепловой («холодной») обработки молока, основанные на микрофильтрации, электроимпульсионном, ультразвуковом и ультрафиолетовом (УФ) воздействии, а также СВЧ обработке молока [1]. Одним из наиболее перспективных методов является УФ обработка молока. Традиционная пастеризация молока – процесс достаточно энергоемкий: для нагрева 1 м³ молока до температуры пастеризации и последующего охлаждения затрачивается свыше 16 кВт/ч

электроэнергии, в то время как при применении УФ обработки молока этот показатель может быть уменьшен более чем в три раза [2].

Таким образом, проведение исследований и разработок в области УФ обработки молока является актуальной научно-технической задачей, которая может дать значительный экономический эффект.

Экспериментальный образец светодиодного УФ реактора.

Экспериментальный образец светодиодного УФ реактора для деконтаминации молочного сырья при помощи ультрафиолетового излучения диапазона С (200–280 нм) разработан научными сотрудниками государственного предприятия «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий Национальной академии наук Беларуси».

Внешний вид установки представлен на рисунке 1.

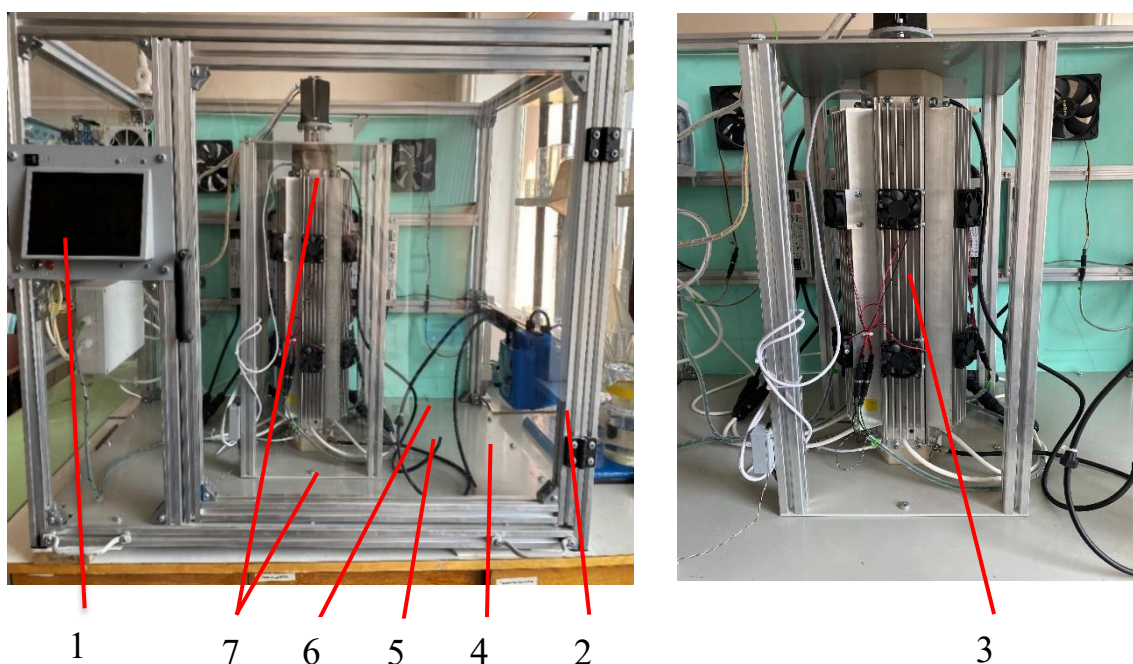


Рисунок 1 – Внешний вид экспериментального образца светодиодного УФ реактора
Источник данных: собственная разработка.

Данная установка, согласно рисунку, оснащена сенсорной панелью управления (1), что позволяет регулировать интенсивность свечения УФ светодиодов и интенсивность перемешивания молока, а также осуществлять контроль температуры входящего/выходящего потоков молока. Скорость подачи молока регулируется насосом (2) с максимальной производительностью до 20 литров в час. Технические характеристики установки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики экспериментального образца светодиодного УФ реактора

Характеристика	Значение
Напряжение питания, В/Гц	230/50
Потребляемая мощность, Вт	<1000
Емкость молока в трубе, л	0,25
Диапазон УФ-излучения, нм	200–280
Габариты (ДхШхВ)	1000х600х750
Масса, кг	30

Источник данных: собственная разработка.

Особенностью молока-сырья является низкая проницаемость для УФ-С излучения – слой молока толщиной 100 мкм поглощает около 90 % проходящего через него излучения. Для решения этой проблемы внутри камеры обеззараживания (3) формируется течение Куэтта-Тейлора – в гидродинамике течение вязкой жидкости, возникающее под действием сил вязкого трения между двумя вращающимися с разными скоростями соосными цилиндрами.

Схематическое изображение течения Куэтта-Тейлора представлено на рисунке 2.

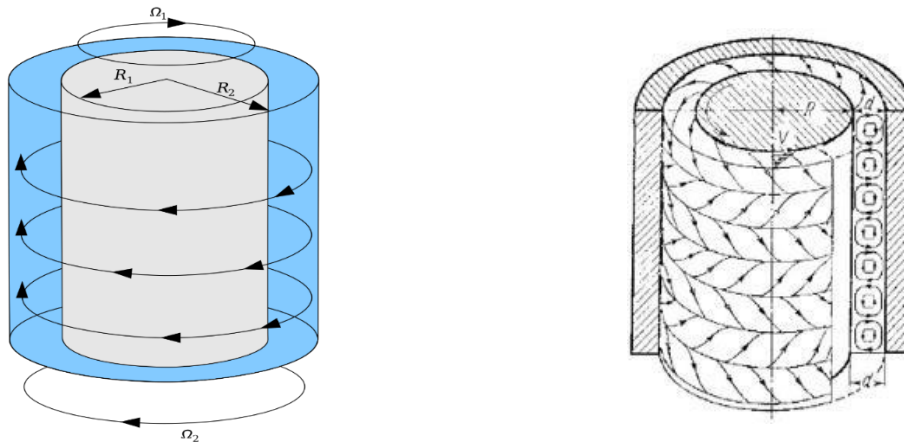


Рисунок 2 – Схематическое изображение течения Куэтта-Тейлора
Источник данных: собственная разработка.

Перистальтический насос (2), захватывая молоко из стерильной ёмкости шлангом (4) создаёт поток жидкости, направляемый через шланг (5) в камеру обеззараживания (3). В ней молоко обрабатывается ультрафиолетовым излучением светодиодов с регулируемой мощностью. Обработанное молоко выходит через шланг (6) и собирается в отдельную стерильную ёмкость. Скорость подачи регулируется шаговым двигателем с помощью изменения количества оборотов, а температура обработки контролируется датчиками (7) на входе и выходе из камеры обеззараживания (3). После завершения процесса светодиодной ультрафиолетовой обработки оставшееся молоко сливается через систему подачи с помощью перестановки шлангов и повторного запуска насоса (2).

Влияние технологических и физико-химических факторов на эффективность деконтаминации молочного сырья при обработке на экспериментальном образце светодиодного УФ реактора.

На эффективность деконтаминации молочного сырья при обработке его на экспериментальном образце светодиодного УФ реактора оказывают влияния различные технологические и физико-химические факторы: массовая доля жира в молочном сырье, процесс гомогенизации и пастеризации, а также их взаимосвязь с эффективностью обработки в светодиодном УФ реакторе. Каждый из этих факторов играет важную роль в формировании условий для достижения оптимального уровня.

Массовая доля жира в молочном сырье оказывает существенное влияние на эффективность обеззараживания при обработке светодиодным ультрафиолетовым излучением. Жировая структура молока создает оптические и физические препятствия для прохождения УФ лучей, что приводит к снижению степени инактивации микроорганизмов. В частности, молекулы жира способны поглощать и рассеивать УФ-излучение, уменьшая таким образом интенсивность облучения, достигающего патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, присутствующих в молоке [1].

С увеличением массовой доли жира в молочном сырье возрастает уровень оптической плотности среды, что приводит к уменьшению глубины проникновения

УФ-излучения в продукт. В результате снижается эффективность обеззараживания и обработка становится менее однородной, создавая условия для выживания микроорганизмов в зонах с низкой интенсивностью облучения.

Наличие жировых шариков в молочном сырье способствует формированию физического барьера вокруг клеток микроорганизмов, частично закрывая их от УФ излучения. Следовательно, для достижения необходимого уровня обеззараживания молока с высокой жирностью требуется увеличение дозы УФ-излучения.

На основании результатов исследований для обработки коровьего молока выбран следующий оптимальный режим: скорость вращения вала внутри экспериментальной установки 100 об/мин и яркость светодиодов 75%. Выбор данного режима обработки молока-сырья на экспериментальном светодиодном УФ реакторе обусловлен оптимальным балансом между эффективностью деконтаминации и экономической целесообразностью процесса.

Изменение микробиологических показателей в обработанном светодиодным УФ-излучением молоке (режим обработки: яркость светодиодов – 75%, скорость вращения вала внутри установки – 100 об/мин) в зависимости от массовой доли жира представлены на рисунке 3.

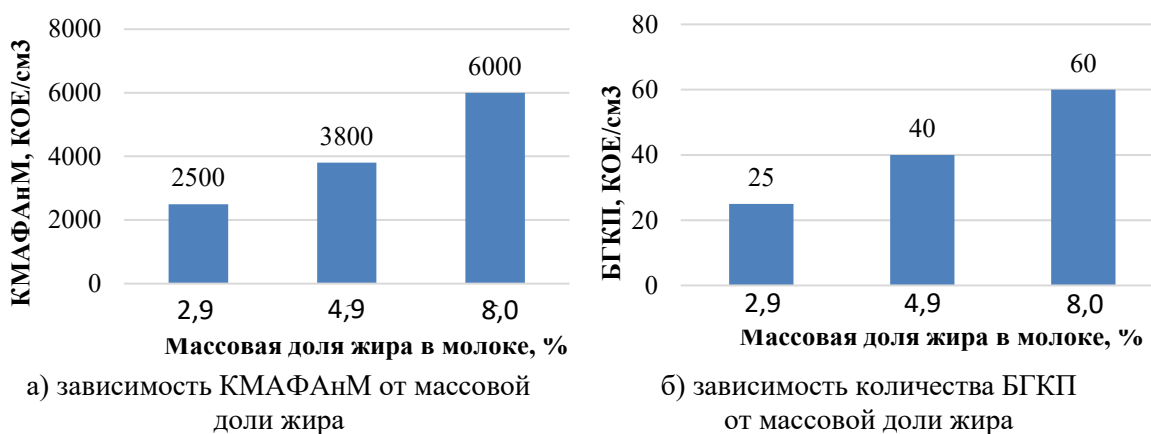


Рисунок 3 – Изменение микробиологических показателей молока с разными массовыми долями жира, обработанного УФ-излучением
Источник данных: собственная разработка.

Предварительное проведение процесса гомогенизации не оказывает значительного влияния на эффективность деконтаминации молока. Несмотря на то, что в гомогенизированном молоке жировые капли имеют меньший размер и более равномерное распределение, это оказывает как негативное, так и позитивное влияние на способность УФ-излучения проникать и взаимодействовать с молоком. С одной стороны, уменьшение размера жировых капель в гомогенизированном молоке приводит к увеличению поверхности их контакта с УФ-излучением, что потенциально способствует более эффективному поглощению света. Однако, с другой стороны, мелкие капли вызывают более интенсивное рассеяние света, что препятствует его проникновению вглубь жидкости. Кроме того, в гомогенизированном молоке может изменяться структура белков и других компонентов, что также влияет на их оптические свойства.

Установлено, что проведение гомогенизации допускается к применению в сочетании со светодиодным УФ облучением без существенного изменения эффективности деконтаминации молока-сырья, подтверждая её целесообразность как технологического этапа в процессе обработки молока.

В Республике Беларусь основным нормативным документом при производстве молочной продукции является технический регламент ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочных продуктов», который в разделе 7 пункте 31

устанавливает, что молочная продукция должна изготавливаться из сырого молока, сырого обезжиренного молока или сырых сливок, соответствующих требованиям безопасности, и подвергаться термической обработке для обеспечения соответствия продукции требованиям данного регламента [3]. В связи с этим для совмещения пастеризации с ультрафиолетовым излучением на экспериментальном светодиодном УФ реакторе был выбран щадящий режим пастеризации – температура 72°C с выдержкой 15–20 секунд. Такой режим позволяет обеспечить необходимый санитарный стандарт с минимальным воздействием на свойства молока.

Пастеризация и УФ обработка имеют разные механизмы уничтожения микроорганизмов. Пастеризация действует на термолабильные клетки, вызывая их разрушение посредством высоких температур, в то время как УФ-излучение подавляет жизнеспособность микроорганизмов за счет повреждения ДНК и других клеточных структур. При комбинированной обработке возникает взаимодействие между методами. Однако при совместном их применении могут возникнуть условия, отличные от оптимальных для эффективного воздействия каждого из них. Например, изменение pH, температуры или времени обработки может повлиять на резистентность микроорганизмов и на эффективность сочетания пастеризации с УФ обработкой молока.

Установлено, что проведение пастеризации до УФ облучения не приводит к значительному улучшению микробиологических показателей по сравнению с самостоятельным проведением УФ обработки. Это обусловлено тем, что температурная обработка приводит к сокращению числа чувствительных к температуре микроорганизмов, но оставшиеся устойчивые штаммы неэффективно уничтожаются ультрафиолетом из-за особенностей распределения излучения и состава молока. Кроме того, пастеризация способствует денатурации сывороточных белков, укрупняя его, тем самым создавая условия для защиты от УФ-излучения микроорганизмов.

Примеры изменений микробиологических показателей молока-сырья, а также образцов обеззараженного молока представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Микробиологические показатели молока-сырья и его обеззараженных образцов

Образец	Показатели				
	КМАФАнМ, КОЕ/см ³	БГКП, КОЕ/см ³	S. aureus, КОЕ/см ³	Патогенные, в т.ч. сальмонеллы, см ³	L. monocytogenes, см ³
Молоко-сырье	1,0×10 ⁶	1,2×10 ²	85,0	не обн. в 25,0	обн. в 25,0
Молоко пастеризованное	3,3×10 ²	0,0	0,0	не обн. в 25,0	не обн. в 25,0
Молоко обеззараженное УФ-излучением	1,2×10 ²	5,0	0,0	не обн. в 25,0	не обн. в 25,0
Молоко пастеризованное с последующим обеззараживанием УФ-излучением	2,3×10 ⁴	20,0	25,0	не обн. в 25,0	не обн. в 25,0

Источник данных: собственная разработка.

Пастеризация, проведенная после обработки УФ, способствует инактивации оставшихся устойчивых к УФ-излучению микроорганизмов, а также снижению

микробной нагрузки, что значительно повышает общий уровень безопасности продукции.

Микробиологические показатели молока-сырья, а также образцов обеззараженного молока представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Микробиологические показатели молока-сырья и его обеззараженных образцов

Образец	Показатели	
	КМАФАнМ, КОЕ/см ³	БГКП, КОЕ/см ³
Молоко-сырье	$1,9 \times 10^4$	$8,0 \times 10^2$
Молоко пастеризованное	$8,0 \times 10^3$	0,0
Молоко обеззараженное УФ-излучением	$6,7 \times 10^3$	0,0
Молоко обеззараженное УФ-излучением с последующей пастеризацией	$9,0 \times 10^2$	0,0

Источник данных: собственная разработка.

Установлено, что обработка молока-сырья УФ-излучением с последующей пастеризацией эффективно (в 26 раз) снижает количество психротрофных бактерий, замедляя их рост и развитие при последующем хранении молока (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние видов обработки молока-сырья на содержание в нем психротрофных и факультативно-анаэробных микроорганизмов

Образец	Психротрофные и факультативно-анаэробные микроорганизмы, КОЕ/см ³
Молоко-сырье	260,0
Молоко обеззараженное УФ-излучением	30,0
Молоко обеззараженное УФ-излучением с последующей пастеризацией	<10

Источник данных: собственная разработка.

Воздействие параметров светодиодной УФ обработки на экспериментальном образце УФ реактора на деконтаминацию молочного сырья.

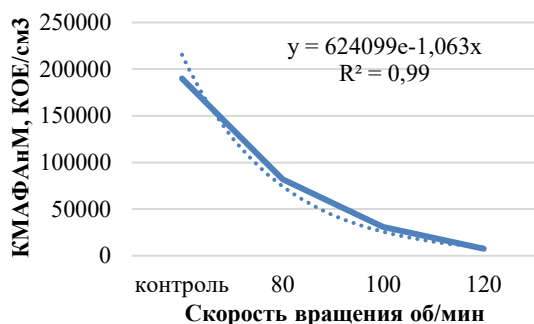
Конструкция данного экспериментального УФ реактора позволяет регулировать как яркость светодиодов, так и скорость вращения вала внутри установки, что создает условия для оптимизации процесса обработки молока.

Кроме того, на деконтаминацию молочного сырья оказывает влияние время, в течение которого молоко находится внутри реактора и подвергается светодиодному УФ-излучению. Процесс прогонки молока через установку осуществляется через шланги: входное отверстие расположено в нижней части реактора, а выходное — в верхней. Один цикл прогонки занимает примерно 1,5 минуты, что позволяет эффективно исследовать влияние различных параметров на степень деконтаминации молочного сырья.

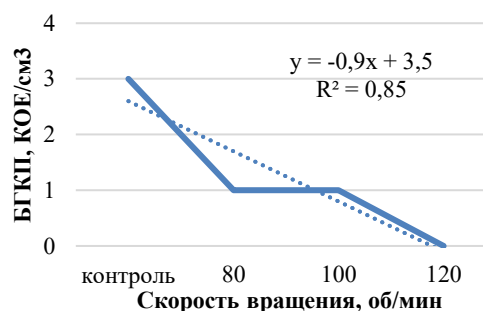
Скорость вращения вала внутри экспериментального образца УФ реактора, уровень яркости светодиодов и время обработки влияют на эффективность снижения количества КМАФАнМ и БГКП при обработке молока различных сельскохозяйственных животных.

Зависимость микробиологических показателей в молоке-сырье от скорости вращения вала внутри экспериментальной установки при неизменной яркости

светодиодов, на примере обеззараживания коровьего молока, представлена на рисунке 4.



а) зависимость КМАФАнМ от скорости вращения вала внутри экспериментальной установки

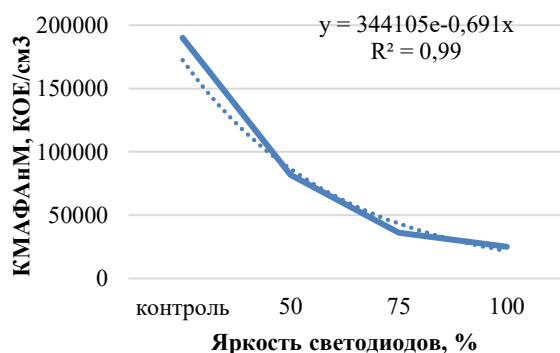


б) зависимость количества БГКП от скорости вращения вала внутри экспериментальной установки

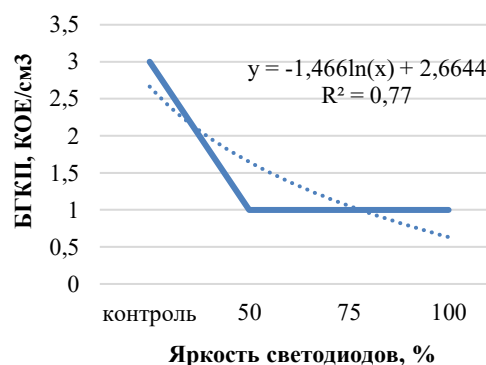
Рисунок 4 – Зависимость микробиологических показателей молока от скорости вращения вала внутри экспериментальной установки при неизменной яркости светодиодов
Источник данных: собственная разработка.

С увеличением скорости вращения вала внутри экспериментального светодиодного УФ реактора происходит снижение микробиологических показателей. Это связано с более равномерным распределением молочного сырья и повышением эффективности воздействия светодиодного УФ-излучения. При этом увеличение числа оборотов вала реактора способно ускорить износ механических деталей установки, что скажется на частоте обслуживания и необходимости замены деталей, увеличивая капитальные затраты. Исходя из этого, для обработки коровьего молока выбрана скорость вращения вала внутри экспериментальной установки на уровне 100 об/мин.

Зависимость количества КМАФАнМ и БГКП в молоке-сырье от яркости светодиодов при неизменной скорости вращения вала внутри экспериментальной установки на примере обеззараживания коровьего молока представлена на рисунке 5.



а) зависимость КМАФАнМ от яркости светодиодов



б) зависимость количества БГКП от яркости светодиодов

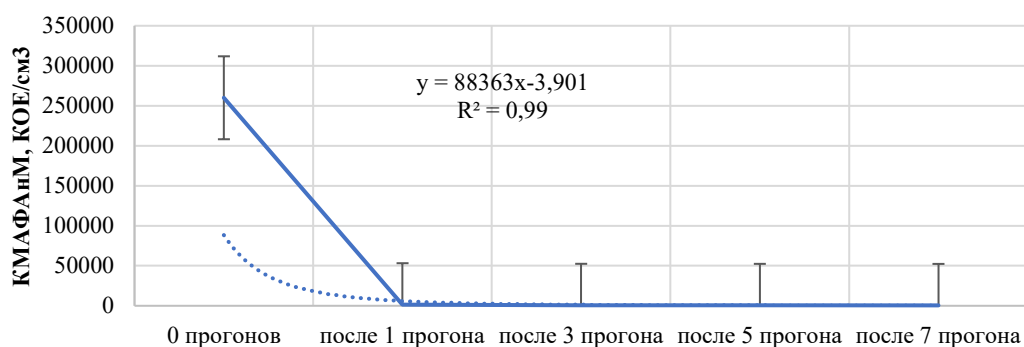
Рисунок 4 – Зависимость микробиологических показателей молока от яркости светодиодов при неизменной скорости вращения вала внутри экспериментальной установки
Источник данных: собственная разработка.

Увеличение яркости светодиодов способствует усилению обеззараживающего эффекта, за счет более интенсивного светодиодного УФ облучения, что также

приводит к уменьшению микробного обсеменения. Но чрезмерное повышение яркости светодиодов ведет к увеличению потребления электроэнергии.

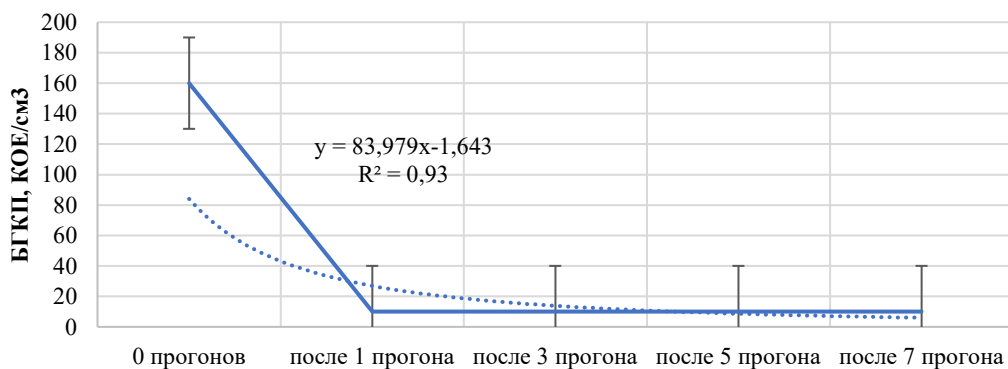
При определении параметров обработки молочного сырья различных видов сельскохозяйственных животных установлен баланс между эффективностью обеззараживания и экономической целесообразностью, оптимизируя режимы с целью максимальной производительности и минимальных затрат.

Зависимость количества КМАФАнМ и БГКП от времени обработки при неизменной яркости светодиодов и скорости вращения вала внутри экспериментальной установки, на примере обеззараживания коровьего молока, представлена на рисунке 6. После каждого прогона через светодиодный УФ реактор обеззараженное молоко собиралось в стерильную тару, чтобы не допустить смешивание с необработанным молоком.



Количество прогонов через светодиодный УФ реактор

а) Зависимость КМАФАнМ от времени обработки



Количество прогонов через светодиодный УФ реактор

б) Зависимость количества БГКП от времени обработки

Рисунок 6 – Графики зависимости микробиологических показателей молока от времени обработки при неизменной яркости светодиодов и скорости вращения внутри экспериментальной установки УФ реактора

Источник данных: собственная разработка.

Наиболее значимая степень снижения микробиологических показателей в 200 раз (с $2,6 \cdot 10^5$ до $1,3 \cdot 10^3$ КОЕ/см³) происходит после первого прогона молока через экспериментальную установку. В последующих циклах обработки количество микроорганизмов продолжает уменьшаться, однако интенсивность инактивации микроорганизмов снижается. Для достижения регламентированных значений микробиологических показателей, таких как КМАФАнМ и БГКП, установленных ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочных продуктов» для пастеризованных

молочных продуктов, рекомендуется проводить не менее пяти циклов обработки или обрабатывать молоко в течение восьми минут.

Основные направления внедрения светодиодной ультрафиолетовой обработки молочного сырья в условиях Республики Беларусь.

Для предотвращения нарастания общей бактериальной обсемененности, в частности, психротрофными микроорганизмами в процессе транспортировки и хранения рекомендуется проводить светодиодную УФ обработку молока на этапе накопления перед транспортировкой на ферме. При обработке молока УФ-излучением существенно снизилась начальная микробная нагрузка, что минимизирует активное последующие накопление бактерий в течение всей логистической цепочки до промышленной переработки. Это решение способствует улучшению качества молока и снижению затрат при дальнейшей его переработке на молочных заводах, а также снизит риски образования биопленок на молокоперерабатывающем оборудовании и трубопроводах, источником которых являются психротрофные микроорганизмы [4].

Светодиодная ультрафиолетовая обработка является оптимальным выбором для деконтаминации молока, предназначенного для выпойки телят. В отличие от термической обработки, УФ облучение эффективно снижает микробную нагрузку, при этом не вызывает нагрев молока и не разрушает важные биологически активные компоненты, такие как иммуноглобулины, витамины. Эти компоненты играют ключевую роль в формировании иммунитета и пищеварения у новорожденных телят, и их сохранение способствует улучшению здоровья и роста молодняка. Антибактериальный эффект светодиодного УФ-излучения обеспечивает уникальные свойства молока в течение очень важных первых недель жизни телят. УФ-излучение инактивирует бактерии, содержащиеся в молоке, путем воздействия на их ДНК и устраняет их способность к размножению, уменьшает содержание болезнетворных микроорганизмов, снижает риск заболеваний [5].

В производстве сыров качество исходного молока является критическим фактором. Светодиодная УФ обработка молока может стать важным этапом подготовки сырья с возможностью понижения температуры при дальнейшем проведении пастеризации. Это особенно важно в сыроделии, так как высокая температура оказывает влияние на белки молока (денатурация сывороточных белков), которые в свою очередь влияют на текстуру сыра (повышение массовой доли влаги), также высокая температура пастеризации может негативно сказаться на органолептических и питательных свойствах сыра, таких как вкус, аромат и содержание витаминов. Сохранение этих свойств критично для получения высококачественного сыра, так как они влияют на его конечный вкус и текстуру.

Список использованных источников

1. Рязанцева, К. А. Традиционные и инновационные способы применения ультрафиолетового излучения в молочной промышленности / К. А. Рязанцева, Н. Е. Шерстнева // Техника и технология пищевых производств. – 2022. – Т. 52, № 2. – С. 390–406

1. Ryazantseva, K. A. Traditsionnyye i innovatsionnyye sposoby primeneniya ul'trafiioletovogo izlucheniya v molochnoy promyshlennosti [Traditional and innovative applications of ultraviolet radiation in the dairy industry] / K. A. Ryazantseva, N. Ye. Sherstneva // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. – 2022. – Т. 52, № 2. – S. 390–406

2. Черных, Е.А. Влияние ультрафиолетовой обработки молока коров на его биохимические, технологические и гигиенические свойства: автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.04 / Черных Екатерина Александровна ; Всеросс. гос. науч.-исследов. ин-т животноводства. – Дубровицы, 2006. – 35 с.

3. О безопасности молока и молочных продуктов: ТР ТС 033/2013 / Евразийская экономическая комиссия. – Введ. 01.05.2014. – Минск: [б. и.], 2013. – 94 с.

4. Рябцева, С. А. Биопленки в молочной промышленности: значение, приемы, контроль / С. А. Рябцева, А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов [и др.] // Молочная промышленность. – 2018. – № 1. – С. 57–59. – URL: DOI 10.31515/1019-8946-2018-1-57-59 (дата обращения 10.05.2025).

5. Гаврюшенко, Б. С. Обработка молока ультрафиолетовым излучением / Б. С. Гаврюшенко, Е. Н. Ларин, В. Д. Харитонов, Е. А. Юрова, В. Н. Виноградова // Переработка молока. – 2013. – № 7(165). – 26–32.

2. Chernykh, Ye.A. Vliyaniye ul'trafiioletovoy obrabotki moloka korov na yego biokhimicheskiye, tekhnologicheskiye i gigiyenicheskiye svoystva [The influence of ultraviolet treatment of cow's milk on its biochemical, technological and hygienic properties] : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk : 03.00.04 / Chernykh Yekaterina Aleksandrovna ; Vseross. gos. nauch.-issledov. in-t zhitovnovodstva. – Dubrovitsy, 2006. – 35 s.

3. O bezopasnosti moloka i molochnykh produktov [About the safety of milk and dairy products] : TR TS 033/2013 / Yevraziyskaya ekonomicheskaya komissiya. – Vved. 01.05.2014. – Minsk: [b. i.], 2013. – 94 s.

4. Ryabtseva, S. A. Bioplenki v molochnoy promyshlennosti: znachenije, priyemy, kontrol' [Biofilms in the Dairy Industry: Importance, Techniques, and Control] / S. A. Ryabtseva, A. G. Khramtsov, I. A. Yevdokimov [i dr.] // Molochnaya promyshlennost'. – 2018. – № 1. – S. 57–59. – URL: DOI 10.31515/1019-8946-2018-1-57-59 (data obrashcheniya 10.05.2025).

5. Gavryushenko, B. S. Obrabotka moloka ul'trafiioletovym izlucheniym [Treatment of milk with ultraviolet radiation] / B. S. Gavryushenko, Ye. N. Larin, V. D. Kharitonov, Ye. A. Yurova, V. N. Vinogradova // Pererabotka moloka. – 2013. – № 7(165). – 26–32.

*Е.В. Ефимова, к.т.н., доцент, Е.В. Беспалова, к.т.н., доцент,
Е.М. Дмитрук, С.И. Вырина
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

СУХИЕ МОЛОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ НА ОСНОВЕ КОЗЬЕЙ И ОВЕЧЬЕЙ СЫВОРОТОК

*E. Efimova, E. Bepalova, E. Dmitruk, S. Virina
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

DRY DAIRY PRODUCTS BASED ON GOAT AND SHEEP WHEY

e-mail: overie@mail.ru, bespalova-kat@mail.ru, elenadm210187@gmail.com, svetlantana@mail.ru

В статье представлены результаты исследований по использованию сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из козьего и овечьего молока, для производства сухих молочных продуктов. Определено соотношение продуктов переработки овечьей и козьей сывороток и аналогичных продуктов из коровьего молока, подобран рецептурный состав сухих молочных продуктов с их использованием.

The article presents the results of studies on the use of whey obtained during the production of protein products from goat and sheep milk for the production of dry dairy products. The ratio of processed sheep and goat whey products and similar products from cow's milk has been determined, and the formulation of dry dairy products using these products has been selected.

Ключевые слова: сыворотка козья; сыворотка овечья; концентрат сывороточный белковый; сухие молочные продукты; содержание белка; продукты переработки сывороток

Keywords: goat whey; sheep whey; whey protein concentrate; dry dairy products; protein content; whey processing products.

Введение. Увеличение производства сыров на основе или с добавлением овечьего и козьего молока вполне обоснованно способствует увеличению объемов образуемой молочной сыворотки. Поскольку при производстве сыров и творога в молочную сыворотку переходит около половины сухих веществ цельного молока, то ее переработка является ресурсосберегающей и актуальной задачей [1, 2].

Молочная сыворотка включает в своем составе широкий спектр биологически активных питательных веществ, имеет хорошую усвояемость и высокую пищевую ценность [3, 4]. Использование сыворотки при производстве молочных продуктов является достаточно актуальным, поскольку она обеспечивает возможность обогащения традиционных продуктов сывороточными белками, а также позволяет удешевить стоимость конечного продукта [5, 6]. Особенно перспективна переработка козьей и овечьей сывороток на сухие молочные продукты, поскольку они имеют длительные сроки годности, рентабельны при транспортировании и хранении.

Сыворотка, полученная при изготовлении белковых продуктов из козьего и овечьего молока, отличается от сыворотки, полученной из коровьего молока, как по органолептическим, так и по физико-химическим показателям. Это связано с тем, что козье и овечье молоко по своим показателям (в том числе по строению и составу белка и жира) отличается от коровьего [7]. Поэтому исследование особенностей использования козьей и овечьей сывороток при производстве сухих молочных продуктов является актуальным.

Целью данной работы являлось изучение особенностей использования сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из козьего и овечьего молока, для производства сухих молочных продуктов.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в производственно-испытательной лаборатории РУП «Институт мясо-молочной промышленности» и лаборатории технологий цельномолочных продуктов и концентратов отраслевой лаборатории биохимии, микробиологии и технологических процессов переработки молока с использованием стандартных методов исследования.

Результаты и их обсуждение. В ходе выполнения исследований рассмотрено два способа производства сухих молочных продуктов, которые могут быть использованы для молочных продуктов на основе сывороток, полученных при производстве белковых продуктов из козьего и овечьего молока: высушивание нормализованной смеси и смешивание сухих компонентов.

Определено, что сухие молочные продукты, в которых в качестве рецептурных компонентов будут использованы сыворотки, полученные при производстве белковых продуктов из козьего и овечьего молока, целесообразно вырабатывать методом смешивания сухих компонентов, поскольку для балансировки состава необходимо добавлять белковые и углеводные компоненты, которые уже находятся в сухом состоянии. Преимуществами технологии смешивания сухих компонентов по сравнению с технологией с применением распылительной сушки нормализованной смеси является простота оборудования и дешевизна производства. Продукт, полученный сухим смешиванием, наиболее технологичен и менее энергоемок. В качестве недостатка данного способа следует отметить сложность с получением готового продукта с заданными микробиологическими и физико-химическими характеристиками, поскольку значительное внимание должно быть уделено качеству исходного сырья, подготовке компонентов, обеспечению однородности смешивания компонентов и закрытости системы, в которой осуществляется смешивание. Кроме того, для применения данного метода должно быть налажено производство сухих ингредиентов на основе данных видов сывороток, что в современных условиях нашей республики несколько затруднительно, что обусловлено недостаточно крупными объемами обрабатываемой козьей и овечьей сывороток.

При производстве сухих молочных продуктов путем смешивания сухих компонентов технологический процесс включает: приемку, хранение и подготовку компонентов, дозирование и смешивание компонентов, фасование и упаковывание продуктов. Компоненты необходимо вносить в смеситель начиная с компонента, имеющего наибольшую долю в готовом продукте.

В качестве исходного сырья для производства сухих продуктов на основе козьей и овечьей сыворотки использованы следующие компоненты:

– *Продукты переработки сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из овечьего молока:* концентрат сывороточный белковый сухой, полученный методом ультрафильтрации овечьей подсырной сыворотки, сыворотка овечья подсырная сухая, сыворотка овечья сухая лактатсодержащая (творожная раскисленная).

– *Продукты переработки сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из козьего молока:* концентрат сывороточный белковый сухой, полученный методом ультрафильтрации козьей подсырной сыворотки, сыворотка козья подсырная сухая, сыворотка овечья сухая лактатсодержащая (творожная раскисленная).

Показатели продуктов переработки сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из овечьего и козьего молока, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические показатели продуктов переработки сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из овечьего и козьего молока

Наименование образца	Массовая доля, %			
	белка	жира	лактозы	влаги
<i>Продукты переработки сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из овечьего молока</i>				
Концентрат сывороточный белковый сухой, полученный методом ультрафильтрации овечьей подсырной сыворотки	55,3	10,5	–	3,4
Сыворотка овечья подсырная сухая	25,5	18,0	51,2	1,2
Сыворотка овечья сухая лактатсодержащая (творожная раскисленная)	21,3	24,9	42,2	1,0
<i>Продукты переработки сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из козьего молока</i>				
Концентрат сывороточный белковый сухой, полученный методом ультрафильтрации козьей подсырной сыворотки	32,6	3,5	–	3,7
Сыворотка козья подсырная сухая	15,7	8,0	64,1	2,6
Сыворотка козья сухая лактатсодержащая (творожная раскисленная)	16,4	2,56	65,6	4,0
Примечание: «-» – исследования не проводились.				

Источник данных: собственная разработка.

Изучены различные комбинации смесей вышеуказанных продуктов переработки овечьей и козьей сывороток и аналогичных продуктов из коровьего молока. С целью выявления целесообразности определенных соотношений определены показатели вкуса восстановленных смесей и их активные кислотности. Полученные результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Соотношение продуктов переработки овечьей и козьей сывороток и аналогичных продуктов из коровьего молока

№ п/п	Компонентный состав сухих образцов	рН восстановленного образца, ед. рН	Вкус
1	2	3	4
1	75 % сыворотка подсырная сухая, 25 % сыворотка овечья сухая подсырная	5,91	сладкий
2	60 % сыворотка подсырная сухая, 40% сыворотка овечья сухая подсырная	5,58	сладкий
3	50 % сыворотка подсырная сухая, 50 % сыворотка овечья сухая подсырная	5,29	присутствует незначительная кислинка
4	40 % сыворотка подсырная сухая, 60 % сыворотка овечья сухая подсырная	5,15	кисло-кислый
5	25 % сыворотка подсырная сухая, 75 % сыворотка овечья сухая подсырная	4,93	очень кислый
6	100 % сыворотка овечья сухая подсырная	4,66	очень кислый
7	75 % сыворотка подсырная сухая, 25 % сыворотка козья сухая подсырная	6,46	сладкий
8	60 % сыворотка подсырная сухая, 40 % сыворотка козья сухая подсырная	6,44	сладкий
9	50 % сыворотка подсырная сухая, 50 % сыворотка козья сухая подсырная	6,41	сладкий
10	40 % сыворотка подсырная сухая, 60 % сыворотка козья сухая подсырная	6,39	сладкий

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
11	25 % сыворотка подсырная сухая, 75 % сыворотка козья сухая подсырная	6,34	сладкий
12	100 % сыворотка козья сухая подсырная	6,28	кисло-сладкий
13	75 % КСБ-УФ-80, 25 % КСБ-УФ сухой, полученный из овечьей сыворотки	5,86	сладкий
14	60 % КСБ-УФ-80, 40 % КСБ-УФ сухой, полученный из овечьей сыворотки	5,57	сладкий
15	50 % КСБ-УФ-80, 50 % КСБ-УФ сухой, полученный из овечьей сыворотки	5,37	сладкий
16	40 % КСБ-УФ-80, 60 % КСБ-УФ сухой, полученный из овечьей сыворотки	5,14	кисло-сладкий, чувствуется привкус КСБ овечьей сыворотки
17	25 % КСБ-УФ-80, 75 % КСБ-УФ сухой, полученный из овечьей сыворотки	4,91	кисло-сладкий, очень чувствуется привкус КСБ овечьей сыворотки
18	100 % КСБ-УФ сухой, полученный из овечьей сыворотки	4,61	кислый, со специфическим привкусом
19	75 % КСБ-УФ-80, 25 % КСБ-УФ сухой, полученный из козьей сыворотки	5,84	сладкий
20	60 % КСБ-УФ-80, 40 % КСБ-УФ сухой, полученный из козьей сыворотки	5,21	сладкий
21	50 % КСБ-УФ-80, 50 % КСБ-УФ сухой, полученный из козьей сыворотки	5,29	кисло-сладкий, чувствуется привкус КСБ козьей сыворотки
22	40 % КСБ-УФ-80, 60 % КСБ-УФ сухой, полученный из козьей сыворотки	5,09	кисло-сладкий, чувствуется привкус КСБ козьей сыворотки
23	25 % КСБ-УФ-80, 75 % КСБ-УФ сухой, полученный из козьей сыворотки	4,75	кислый, очень чувствуется привкус КСБ козьей сыворотки
24	100 % КСБ-УФ сухой, полученный из козьей сыворотки	4,46	кислый, со специфическим привкусом
25	КСБ-УФ-80	6,48	сладкий

Источник данных: собственная разработка.

В результате проведенных исследований (таблица 2) установлена целесообразность смешивания подсырной сыворотки из коровьего молока и подсырной сыворотки из козьего молока при любом соотношении данных компонентов, поскольку это не оказывает существенного влияния на органолептические показатели и значения активной кислотности восстановленных (до 10 % сухих веществ) образцов.

При смешивании подсырной сыворотки из коровьего молока и подсырной сыворотки из овечьего молока, а также КСБ-УФ-80 и КСБ овечьей сыворотки, целесообразно внесение не более 50 % продуктов переработки овечьей сыворотки, поскольку дальнейшее увеличение их количества приводит к ухудшению органолептических показателей и снижению активной кислотности восстановленных образцов (от значений 5,91 ед. рН до 4,93 ед. рН и от 5,86 ед. рН до 4,91 ед. рН соответственно). Внесение КСБ козьей сыворотки в смеси с КСБ-УФ-80 допускается в количестве не более 40 %, поскольку при большем внесении данного компонента появляется специфический привкус КСБ козьей сыворотки.

Сухие лактатсодержащие сыворотки, выработанные путем сушки овечьей и козьей сывороток, полученных при изготовлении творога с последующим раскислением, могут быть рекомендованы для реализации и промышленной переработки при изготовлении кормов для сельскохозяйственных животных.

Ввиду высокого содержания белка и углеводов в сухих продуктах переработки сывороток, полученных при изготовлении белковых продуктов из овечьего и козьего молока, направленность сухих напитков с их использованием может быть определена как белково-углеводные смеси. Для балансировки состава продуктов по углеводным компонентам и улучшения органолептических показателей дополнительно подобраны концентрат сывороточный белковый, полученный методом ультрафильтрации (КСБ-УФ-80), мальтодекстрин, изомальтулоза, сахароза, какао-порошок.

С использованием КСБ-УФ сухого, полученного из овечьей сыворотки, КСБ-УФ сухого, полученного из козьей сыворотки, сыворотки овечьей сухой подсырной, сыворотки козьей сухой подсырной (с учетом предельного количества данных компонентов), а также КСБ-УФ-80, мальтодекстрина, изомальтулозы, сахарозы и какао-порошка были выработаны образцы сухих молочных продуктов.

Выработка экспериментальных образцов осуществлялась в соответствии с рецептурным составом, представленным в таблице 3.

Таблица 3 – Рецептурный состав сухих молочных продуктов на основе продуктов переработки овечьей и козьей сывороток

Наименование сырьевого компонента	Количество, %
<i>Сухой молочный продукт на основе КСБ-УФ, полученного из овечьей сыворотки</i>	
КСБ-УФ сухой, полученный из овечьей сыворотки	10,9
КСБ-УФ-80	30,0
мальтодекстрин	26,1
изомальтулоза	23,0
сахароза	5,0
какао-порошок	5,0
<i>Сухой молочный продукт, выработанный на основе КСБ-УФ, полученного из козьей сыворотки</i>	
КСБ-УФ сухой, полученный из козьей сыворотки	10,0
КСБ-УФ-80	33,5
мальтодекстрин	24,1
изомальтулоза	22,4
сахароза	5,0
какао-порошок	5,0
<i>Сухой молочный продукт, выработанный на основе сыворотки овечьей сухой подсырной</i>	
сыворотка овечья сухая подсырная	19,0
КСБ-УФ-80	19,0
мальтодекстрин	29,0
изомальтулоза	23,0
сахароза	5,0
какао-порошок	5,0
<i>Сухой молочный продукт, выработанный на основе сыворотки козьей сухой подсырной</i>	
сыворотка козья сухая подсырная	21,0
КСБ-УФ-80	21,0
мальтодекстрин	23,0
изомальтулоза	25,0
сахароза	5,0
какао-порошок	5,0

Источник данных: собственная разработка.

Образцы продуктов сухих молочных, выработанных на основе продуктов переработки козьей и овечьей сывороток, исследованы по физико-химическим и органолептическим показателям. Физико-химические показатели продуктов молочных сухих представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Физико-химические показатели продуктов молочных сухих, выработанных на основе продуктов переработки овечьей и козьей сывороток

№ п/п	Наименование образца	Массовая доля, %			
		белка	жира	влаги	углеводов
1	Продукт молочный сухой, выработанный на основе КСБ УФ овечьей сыворотки	30,0	4,0	3,95	55,6
2	Продукт молочный сухой, выработанный на основе КСБ УФ козьей сыворотки	30,1	3,5	4,55	56,0
3	Продукт молочный сухой, выработанный на основе овечьей подсырной сыворотки	20,0	5,5	4,45	65,0
4	Продукт молочный сухой, выработанный на основе козьей подсырной сыворотки	20,1	4,0	4,35	64,8

Источник данных: собственная разработка.

Как видно из представленных данных, продукт молочный сухой, выработанный на основе КСБ-УФ овечьей сыворотки, характеризуется содержанием белка 30,0 %, жира – 4,0 %, влаги – 3,95 %, углеводов – 55,6 %, продукт молочный сухой, выработанный на основе КСБ-УФ козьей сыворотки, содержит белка 30,1 %, жира – 3,5 %, влаги – 4,55 %, углеводов – 56,0 %. Продукт молочный сухой, выработанный на основе овечьей подсырной сыворотки, характеризуется содержанием белка 20,0 %, жира – 5,5 %, влаги – 4,45 %, углеводов – 65,0 %, продукт молочный сухой, выработанный на основе козьей подсырной сыворотки, содержит белка 20,1 %, жира – 4,0 %, влаги – 4,35 %, углеводов – 64,8 %.

Органолептические показатели продуктов молочных сухих, выработанных на основе продуктов переработки овечьей и козьей сывороток, представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Органолептические показатели продуктов молочных сухих, выработанных на основе продуктов переработки овечьей и козьей сывороток

Наименование показателя	Характеристика образца №			
	1	2	3	4
Внешний вид	Однородный порошок			
Консистенция	Мелкий сухой порошок			
Вкус и запах	Чистый, обусловленный внесенными вкусоароматическими компонентами (какао), без посторонних привкусов			
Цвет	Обусловленный внесенными вкусоароматическими компонентами (какао)			

Источник данных: собственная разработка.

Как видно из данных, представленных в таблице 5, продукты молочные сухие, выработанные на основе продуктов переработки овечьей и козьей сывороток, по внешнему виду характеризуются как однородный порошок, консистенция – мелкий сухой порошок, вкус и запах – чистый, обусловленный внесенными вкусоароматическими компонентами (какао), цвет – обусловленный внесенными вкусоароматическими компонентами (какао), без посторонних привкусов, при этом продукты переработки козьей и овечьей сыворотки органолептически не ощущаются.

Таким образом, проведенный комплекс исследований показал, что сыворотка, полученная при изготовлении белковых продуктов из козьего и овечьего молока, является сырьем, которое можно использовать в качестве рецептурных компонентов

для производства сухих молочных продуктов с высоким содержанием белка и углеводов.

Выводы. В результате проведенных исследований установлено, что при производстве сухих продуктов на основе продуктов переработки овечьей и подсырной сывороток необходимо учитывать, что при смешивании подсырной сыворотки из коровьего молока и подсырной сыворотки из овечьего молока, а также КСБ-УФ-80 и КСБ овечьей сыворотки, целесообразно внесение не более 50 % продуктов переработки овечьей сыворотки, поскольку дальнейшее увеличение их количества приводит к ухудшению органолептических показателей и снижению активной кислотности восстановленных образцов. Внесение КСБ козьей сыворотки в смеси с КСБ-УФ-80 допускается в количестве не более 40 %, поскольку при большем внесении данного компонента появляется специфический привкус КСБ козьей сыворотки. Подобран рецептурный состав сухих молочных продуктов с использованием продуктов переработки козьей и овечьей сывороток.

Список использованных источников

1. Дмитрук, Е. М. Влияние компонентного состава комбинированных молочных смесей на качественные показатели белковых продуктов / Е. М. Дмитрук, Е. В. Ефимова, С. И. Вырина // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья: сб. науч. тр. / РУП «Институт мясо-молочной промышленности»; редкол.: А. В. Мелешеня (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2020. – Вып. 14. – С. 86–92.
1. Dmitruk, E. M. Vliyanie komponentnogo sostava kombinirovannykh molochnykh smesey na kachestvennyye pokazateli belkovykh produktov [The influence of the component composition of combined milk mixtures on the quality indicators of protein products] / E. M. Dmitruk, E. V. Efimova, S. I. Vyrina // Aktual'nye voprosy pererabotki myasnogo i molochnogo syr'ya: sb. nauch. tr. / RUP «Institut myaso-molochnoj promyshlennosti»; redkol.: A. V. Meleshchenya (gl. red.) [i dr.]. – Minsk, 2020. – Vyp. 14. – S. 86–92.
2. Майоров, А. А. Изучение физико-химических и технологических свойств козьего молока при производстве мягких сыров / А. А. Майоров // Вестник СКГУ имени М. Козыбаева. – 2018. – № 3 (40). – С. 38–44.
2. Majorov, A. A. Izuchenie fiziko-himicheskikh i tekhnologicheskikh svoystv koz'ego moloka pri proizvodstve myagkih syrov [Study of physical, chemical and technological properties of goat milk in the production of soft cheeses] / A. A. Majorov // Vestnik SKGU imeni M. Kozybaeva. – 2018. – № 3 (40). – S. 38–44.
3. Асенова, Н. Р. Пищевая и биологическая ценность молочной сыворотки / Н. Р. Асенова, Г. Т. Кажыбаева, Б. К. Асенова // Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства. – 2013. – № 1. – С. 360–361.
3. Asenova, N.R. Pishchevaya i biologicheskaya cennost' molochnoj syvorotki [Nutritional and biological value of whey] / N.R. Asenova, G.T. Kazhibayeva, B.K. Asenova // Torgovo-ekonomicheskie problemy regional'nogo biznes prostranstva. – 2013. – № 1. – S. 360–361.
4. Волкова, Т. А. О ценности продуктов из молочной сыворотки / Т. А. Волкова // Переработка молока. – 2013. – № 11. – С. 18–21.
4. Volkova, T. A. O cennosti produktov iz molochnoj syvorotki [On the value of whey products] / T. A. Volkova // Pererabotka moloka. – 2013. – № 11. – S. 18–21.

5. Лисицын, В. А. Функциональные продукты питания на основе молочной сыворотки, перспективы переработки молочной сыворотки / В. А. Лисицын, О. В. Пономаренко // Пищевые инновации и биотехнологии: сб. тез. X Междунар. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Кемерово / ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»; под общ. ред. А. Ю. Просекова. – Кемерово, 2022. – Том 1. – С. 268–270.

6. Гаврилова, Н. Б. Перспективы использования молочной сыворотки в технологии производства специализированных молочных продуктов / Н. Б. Гаврилова, О. А. Бортникова // Состояние и перспективы развития наилучших доступных технологий специализированных продуктов питания: сб. материалов Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием, г. Омск, 30 мая 2019 г. / Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина. – Омск, 2019. – С. 148–150.

7. Короткова, А. А. Агропищевые технологии в производстве и переработке козьего молока / А. А. Короткова, М. И. Сложенкина, И. Ф. Горлов, В. Н. Храмова // Инновационное развитие аграрно-пищевых технологий: материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Волгоград, 17-18 июня 2021 г. / ФГБОУ ВО «Волгоградский гос. технич. ун-т», под общ. ред. И.Ф. Горлова. – Волгоград, 2021 – С.170–174.

5. Lisitsyn, V. A. Funktsional'nyye produkty pitaniya na osnove molochnoy syvorotki, perspektivy pererabotki molochnoy syvorotki [Functional food products based on whey, prospects for whey processing] / V. A. Lisitsyn, O. V. Ponomarenko // Pishchevyye innovatsii i biotekhnologii: sb. tez. X Mezhdunar. nauch. konf. studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, g. Kemerovo, / FGBOU VO «Kemerovskiy gosudarstvennyy universitet»; pod obshch. red. A. YU. Prosekova. – Kemerovo, 2022. – Tom 1. – S. 268–270.

6. Gavrilova, N. B. Perspektivy ispol'zovaniya molochnoy syvorotki v tekhnologii proizvodstva spetsializirovannykh molochnykh produktov [Prospects for the use of whey in the production technology of specialized dairy products] / N. B. Gavrilova, O. A. Bortnikova // Sostoyaniye i perspektivy razvitiya nailuchshikh dostupnykh tekhnologiy spetsializirovannykh produktov pitaniya: sb. mater. Vserossiyskoy nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiyem, g. Omsk, 30 maya 2019 g. / Omskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni P.A. Stolypina. – Omsk, 2019. – S. 148–150.

7. Korotkova, A. A. Agropishchevyye tekhnologii v proizvodstve i pererabotke koz'yego moloka [Agro-food technologies in the production and processing of goat milk] / A. A. Korotkova, M. I. Slozhenkina, I. F. Gorlov, V. N. Khramova // Innovatsionnoye razvitiye agrarno-pishchevykh tekhnologiy: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., g. Volgograd, 17-18 iyunya 2021 g. / FGBOU VO «Volgogradskiy gos. tekhnich. un-t», pod obshch. red. I.F. Gorlova. – Volgograd, 2021 – S.170–174.

Л.Л. Богданова, к.т.н.

Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛИЗОЦИМА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЫРОВ

L. Bahdanava

Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus

STUDY OF THE INFLUENCE OF LYSOZYME ON THE MAIN INDICATORS OF CHEESES. 1. PHYSICOCHEMICAL INDICATORS

e-mail: bogdanova_ll@tut.by

В статье представлены результаты исследований по изучению влияния лизоцима на основные физико-химические показатели сыров. Определено, что наличие маслянокислых бактерий в сырах изменяет жирнокислотный состав молочного жира в сторону увеличения содержания масляной и стеариновой жирных кислот и уменьшения содержания пальмитиновой кислоты.

This article presents the results of a study examining the effect of lysozyme on the key physicochemical properties of cheeses. It was determined that the presence of butyric acid bacteria in cheeses alters the fatty acid composition of milk fat, increasing the content of butyric and stearic fatty acids and decreasing the content of palmitic acid.

Ключевые слова: ферментный препарат, лизоцим, мезофильные анаэробные лактатсбраживающие бактерии

Keywords: enzyme, lysozyme, mesophilic anaerobic lactate-fermenting bacteria

Введение. Совершенствование способов использования антимикробных препаратов для защиты от развития нежелательной микрофлоры в сырах является одной из главных задач, стоящих перед отечественным сыроделием, и имеет большое значение для обеспечения качества и безопасности вырабатываемых сыров, а также рентабельности сыродельных предприятий.

Для подавления роста технически вредной микрофлоры (в частности, маслянокислых бактерий) в сыроделии практически на всех молокоперерабатывающих предприятиях республики используют лизоцим. Согласно имеющимся публикациям, ключевыми преимуществами использования лизоцима является природное происхождение (яичный белок), он может способствовать пролонгированию сроков годности, не оказывает критичного влияния на заквасочную микрофлору. Недостатки: неэффективность против дрожжей и плесени. В настоящее время в пищевой промышленности разрешено использование лизоцима, полученного из яичного белка, однако анализ зарубежного рынка показал, что лизоцим микробного происхождения набирает большую популярность. Микробиологический лизоцим – фермент, продуцируемый пищевыми культурами, в основном используемый для лизиса грамположительных бактерий.

Эффективность применения лизоцима в сыроделии зависит от исходной контаминации молока-сырья и активности применяемых препаратов. Самая высокая опасность контаминации сырья маслянокислыми бактериями приходится на период кормления животных силосом, так как в случаях нарушения технологии силосования

имеется большая вероятность развития в таком сырье указанных микроорганизмов и, как следствие, контаминации молока-сырья. Следует учитывать, что как маслянокислые бактерии, так и заквасочные микроорганизмы могут иметь разную устойчивость к лизоциму и в больших количествах лизоцим может оказывать ингибирующее действие на рост и активность заквасочных культур. Поэтому данные о дозах лизоцима, которые можно использовать в сыроделии без потери активности закваски, существенно разнятся [1–6]. Исследований по оценке эффективности использования лизоцима микробного происхождения в сыроделии ранее не проводилось. В связи с изложенным, актуальным этапом исследований является формирование экспертной позиции по влиянию лизоцима микробного происхождения на заквасочную микрофлору сыра в процессе его изготовления, а также на органолептические, физико-химические и микробиологические показатели готовой продукции.

Цель исследований – изучение влияния лизоцима микробного происхождения на основные физико-химические показатели сыров.

Материалы и методы исследований. Проведение экспериментальных выработок осуществлялось в лаборатории технологий сыроделия и маслоделия РУП «Институт мясо-молочной промышленности». Для проведения экспериментальных выработок использовали закваску для производства сыра «Сыр-1» (изготовитель – РУП «Институт мясо-молочной промышленности»), жидкий сычужный фермент Agrogen 225, препарат микробного лизоцима Lysoch®G4 (сухая форма, активность 35 000 ед. акт/мг, заявленная активность – 35 000 ед. акт/мл (FIP)) (Handary, Бельгия) и лизоцима животного происхождения DELWOZYME L (активность 9 804 000 ед. акт/мл (FIP), заявленная активность – 9 000 000 ед. акт/мл (FIP)). Методы исследований:

1. Отбор проб молока и молочных продуктов, подготовку их к анализам проводили в соответствии с ГОСТ 26809. В исходном молоке контролировали: плотность по ГОСТ 3625, п.2; активную кислотность pH по ГОСТ 26781.

2. Наиболее вероятное число споровых и вегетативных форм мезофильных анаэробных лактатсбраживающих бактерий определяли по ГОСТ 32012.

3. Жирнокислотный состав определяли по ГОСТ 32915; ГОСТ 31663.

Средства измерений, вспомогательные оборудование: сыроизготовитель «Casaro» (Ярославль, Россия), электроплита ЭПЧ 2,2, шкаф сушильный HS 61 A, магнитная мешалка MM2A, pH –метр HI 8314, ультратермостат U2, весы ВСЛ-400/1, хладотермостат воздушный ХТ-3/40, холодильник ШВУ-0,4-1,3-20, весы EW 6200, печь муфельная SNOL 7,2/1100, прибор для определения влажности Testo 625, центрифуга MPW-210, комплекс аппаратно-программный для медицинских исследований на базе хроматографа «Хроматэк-Кристалл 5000» (исполнение 2).

Результаты и их обсуждение. В ходе работы проведены четыре серии лабораторных выработок сыров с использованием различных дозировок сухой формы микробного лизоцима и различных дозировок и различных форм (и жидкой, и сухой) животного лизоцима, а также вариантов без его использования.

В ходе выработок получены следующие образцы сыра:

1–1. Сыр полутвердый (с внесением жидкого животного лизоцима, дозировка 0,02 см³/дм³ молочной смеси; проведение искусственной контаминации молочной смеси *Clostridium* до стадии термообработки). Опытный образец.

2–1. Сыр полутвердый (с внесением сухого микробного лизоцима, 1,00 мг/кг молочной смеси; проведение искусственной контаминации молочной смеси *Clostridium* до стадии термообработки). Опытный образец.

3–1. Сыр полутвердый без внесения лизоцима. Контроль.

1–2. Сыр полутвердый (с внесением жидкого животного лизоцима, 0,135 см³/дм³ молочной смеси; проведение искусственной контаминации молочной смеси *Clostridium* после стадии термообработки). Опытный образец.

2–2. Сыр полутвердый (с внесением сухого микробного лизоцима, 27,50 мг/кг молочной смеси; проведение искусственной контаминации молочной смеси *Clostridium* после стадии термообработки). Опытный образец.

3–2. Сыр полутвердый без внесения лизоцима. Контроль.

1–3. Сыр полутвердый (с внесением сухого животного лизоцима, 22,80 мг/кг молочной смеси; проведение искусственной контаминации молочной смеси *Clostridium* после стадии термообработки). Опытный образец.

2–3. Сыр полутвердый (с внесением сухого микробного лизоцима, 27,50 мг/кг молочной смеси; проведение искусственной контаминации молочной смеси *Clostridium* после стадии термообработки). Опытный образец.

3–3. Сыр полутвердый без внесения лизоцима. Контроль.

1–4. Сыр полутвердый (с внесением сухого животного лизоцима, 11,40 мг/кг молочной смеси). Опытный образец.

2–4. Сыр полутвердый (с внесением сухого микробного лизоцима, 13,75 мг/кг молочной смеси). Опытный образец.

3–4. Сыр полутвердый без внесения лизоцима. Контроль.

Параметры и условия выработок приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технологические параметры экспериментальных выработок сыров

Физико-химические характеристики		Молоко-сырье
М. д. жира, %		2,4–2,8
рН		6,61–6,56
Контаминация бактериями рода <i>Clostridium</i> : серия выработок 1 – до пастеризации; серии выработок 2, 3 – после пастеризации; серия выработок 4 – не проводилась		
Операция	Параметр	Значение
1	2	3
Пастеризация	Температура, °С	73±1
Охлаждение	Температура, °С	32±1
Кальций хлористый	Количество, см ³ /дм ³	0,625
Внесение закваски	Наименование	«Сыр–1»
Внесение закваски	Время активизации, мин	25–40
	Начальный рН, ед. рН	6,52–6,56
	Конечный рН, ед. рН	6,49–6,50
	ΔрН, ед. рН	0,03–0,07
Фермент (Лизоцим) микробного происхождения	Наименование	DELWOZYMEL (животный)/ Lysoch®G4 (микробный)
	Количество фермента/ количество молока	варьировало
Молокосвертывающий фермент	Наименование	Agroren 225
	Количество, см ³ /дм ³ молока	0,1
Свертывание	Время, мин	31–47
Удаление сыворотки	Количество, %	35
Добавление пастеризованной воды	Количество, %	10
Второе нагревание	Температура, °С	37±1
Обсушка зерна		
Формование		
Самопрессование: 1–1,5 ч		
Прессование: 2–2,5 ч; ступенчатое повышение давления		

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Посолка	Рассол	20% NaCl
	Продолжительность, ч	в зависимости от массы
	Температура, °С	11±1
рН после посолки, ед.рН	жив. лизоцим	5,33–5,36
	микр. лизоцим	5,56–5,60
	контроль	5,45–5,54
Созревание	Температура, °С	11±1

Источник данных: собственная разработка.

В ходе изучения установлено, что лизоцим микробного происхождения на стадии образования сгустка, посолки и обсушки не влияет на физико-химические показатели: продолжительность свертывания, изменение активной кислотности, время обработки сырного зерна на всех этапах выработки было сопоставимо с контрольными вариантами. рН сыров с микробным лизоцимом сразу после посолки был незначительно (на 0,02–0,15 ед.рН) выше, чем контрольных вариантов.

В таблице 2 представлено наиболее вероятное число (НВЧ) маслянокислых бактерий, определяемых в молоке-сырье способом прямого посева.

Таблица 2 – Исследование наиболее вероятного числа (НВЧ) мезофильных лактатсбраживающих бактерий для молока-сырья

Параметры	Значение для серии выработок			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Вегетативные мезофильные анаэробные лактатсбраживающие бактерии, НВЧ/г	2,5	700,0	13,0	110,0
Споровые мезофильные анаэробные лактатсбраживающие бактерии, НВЧ/г	1,3	2,5	2,5	6,0

Источник данных: собственная разработка.

Согласно полученным результатам, количество вегетативных форм мезофильных анаэробных лактатсбраживающих бактерий в молоке-сырье варьировало в широком диапазоне: от 2,5 до 700 НВЧ/см³, в то время как количество споровых форм указанных микроорганизмов способом прямого посева практически не определялось (не более 6,0 НВЧ/см³), что ставит под сомнение 100 %-ную эффективность входного контроля молока-сырья по данному показателю.

В процессе созревания проводилось исследование активной кислотности, степени зрелости сыров.

Физико-химические показатели сыров в ходе созревания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Физико-химические показатели сыров в процессе созревания

Параметры		Значение для серии выработок						
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4			
		Срок созревания, сутки						
		32	30	37				
Активная кислотность, ед. рН	жив. лизоцим	5,16	5,13	4,90				
	микр. лизоцим	5,02	4,87	4,75				
	контроль	5,03	5,05	4,88				
Зрелость по Шиловичу, °Ш	жив. лизоцим	25	35-40	30				
	микр. лизоцим	30	40	30-35				
	контроль	30	35-40	35-40				
Массовая доля влаги, %	жив. лизоцим	44,5–47,2						
	микр. лизоцим	45,6–48,1						
	контроль	45,8–47,0						
Параметры		Срок созревания, сутки						
		47	42	45	41			
Активная кислотность, ед. рН	жив. лизоцим	5,21	5,04	5,00	5,06			
	микр. лизоцим	4,99	4,86	4,79	4,98			
	контроль	5,07	5,02	5,16	5,05			
Зрелость по Шиловичу, °Ш	жив. лизоцим	45	55	45-50	55			
	микр. лизоцим	50	40	55	52			
	контроль	45	40	50	50			
Параметры		Значение для серии выработок						
		№ 1	№ 2		№ 3	№ 4		
		Срок созревания, сутки						
		61	70	61	98	70	91	112
Активная кислотность, ед. рН	жив. лизоцим	5,15	5,04	5,14	5,43	5,04	5,34	5,41
	микр. лизоцим	4,87	4,88	4,87	5,12	4,82	5,25	5,36
	контроль	5,28	5,00	5,10	5,29	5,21	5,24	5,30
Зрелость по Шиловичу, °Ш	жив. лизоцим	60	70	60–65	73	70	72	85
	микр. лизоцим	55	60	60	65–70	68	70	80
	контроль	60	60	55–60	60	55	60	64

Источник данных: собственная разработка.

Исходя из результатов таблицы 3, после 30–32 суток созревания физико-химические показатели сыров не имели существенных различий: степень зрелости по Шиловичу незначительно (на 5°Ш) ниже, а активная кислотность, соответственно, на 0,02–0,13 ед. рН выше в экспериментальных образцах с животным лизоцимом. Это может объясняться тем, что в случае использования лизоцима животного происхождения при изготовлении сыров в рекомендуемых изготовителями указанного ферментного препарата дозировках на начальных этапах созревания сыра происходит незначительное ингибирование развития заквасочной микрофлоры. После 41–47 суток созревания отмеченные на предыдущем этапе различия в степени зрелости и показателем активной кислотности полностью нивелированы, что свидетельствует о нормальном протекании процесса созревания во всех исследованных образцах. При более длительном созревании (более 61 суток) активная кислотность всех образцов сыра увеличилась, что свидетельствует о протекании процессов протеолиза, приводящих к образованию аминокислот, пептидов и аминов, которые могут повышать рН. Однако степень зрелости по Шиловичу экспериментальных сыров серий выработок №№ 2, 3 и 4 увеличилась существенно больше, чем контрольного варианта и достигла значений 65–85 °Ш, что свидетельствует о нормальном протекании процесса созревания. В контрольных вариантах наблюдается снижение интенсивности процессов протеолиза, выражаемое параллельным снижением изменения показателя степени зрелости, который для всех перечисленных выработок даже после созревания в течение 112 суток не превышает 64 °Ш. Наиболее вероятной

причиной указанных изменений служит то, что начальная контаминация молока-сырья мезофильными анаэробными лактатсбраживающими бактериями для указанных выработок была выше, чем контаминация сырья серии выработок №1 и, следовательно, в контрольных образцах сыров указанных выработок протекало более интенсивное развитие маслянокислых бактерий.

На следующем этапе работы с целью повышения достоверности интерпретации результатов исследований проведен сравнительный анализ влияния лизоцима микробного и животного происхождения на жирнокислотный состав молочного жира сыров образцов №№ 1–4, 2–4 и 3–4 после 112 суток созревания. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Жирнокислотный состав молочного жира образцов сыра

Наименование показателя	Номер образца		
	№ 1–4	№ 2–4	№ 3–4
	Фактическое значение, % от \sum жирных кислот		
масляная	2,06	2,24	2,69
капроновая	1,89	2,22	2,50
каприловая	1,38	1,30	1,50
декановая	3,63	3,37	3,69
ундекановая	0,13	0,12	0,10
лауриновая	4,15	4,12	4,23
тридекановая	0,19	0,18	0,14
миристиновая	11,85	12,01	11,55
миристолеиновая	1,22	1,24	0,98
пентадекановая	1,59	1,55	1,30
пальмитиновая	30,99	32,29	28,91
пальмитолеиновая	1,98	2,00	1,52
маргариновая	0,72	0,70	0,65
стеариновая	9,54	9,15	12,56
элаидиновая	0,35	0,36	0,55
олеиновая	23,88	22,89	23,46
линолелаидовая	0,11	0,12	0,15
линолевая	2,88	2,85	2,10
гамма-линоленовая	0,03	0,03	0,03
альфа-линоленовая	0,40	0,43	0,45
арахиновая	0,15	0,15	0,20
гондоиновая	0,09	0,09	0,08
Цис-11,14 эйкозadiensовая	0,04	0,03	0,06
генэйкозановая	0,06	0,06	0,03
Цис-8,11,14-эйкозатриеновая	0,13	0,13	0,10
C20:4+C20:3	0,21	0,21	0,18
бегеновая	0,06	0,06	0,08
эруковая	0,15	0,06	0,06
тимнодоновая	0,04	0,04	0,04
C22:2+C23:0	0,03	0,03	0,04
лигноцериновая	0,06	0,07	0,08

Источник данных: собственная разработка.

Из результатов, приведенных в таблице 4, следует, что наличие маслянокислых бактерий в сырах контрольной варки в количестве 1100 НВЧ/г (в сырах с микробным лизоцимом 25 НВЧ/г, в сырах с животным лизоцимом маслянокислые бактерии способом прямого посева не определялись) существенно изменяет жирнокислотный состав молочного жира в сторону увеличения а) содержания масляной кислоты в сравнении с сырами, при изготовлении которых применяли лизоцим животного и микробного происхождения, на 30,6 % и 20,1 % соответственно и б) стеариновой кислоты – на 31,7 % и 37,3 % соответственно. Одновременно происходит не такое существенное, но стабильное в отношении обоих экспериментальных вариантов сыров, уменьшение содержания пальмитиновой кислоты – на 6,7 % и 10,5 % в сравнении с сырами с лизоцимом животного и микробного происхождения соответственно. Следовательно, при оценке степени контаминации сыра маслянокислыми бактериями, когда имеются сомнения в результатах прямого посева, целесообразен дополнительный контроль жирнокислотного состава молочного жира.

Выводы. Таким образом, в ходе исследований показано, что при использовании лизоцима процесс нарастания активной кислотности молочной смеси и сыворотки от стадии внесения закваски до обсушки протекает так же, как и процесс без внесения лизоцима. В продолжительности свертывания, синерезисе сгустка, времени обсушки сырного зерна также отличий не выявлено.

В случае наличия маслянокислых бактерий в молочном сырье в количестве, равном либо превышающем 700 НВЧ/см³ препараты лизоцима животного и микробного происхождения при изготовлении сыров в рекомендуемых изготовителями указанного ферментного препарата дозировках не являются достаточно эффективными средствами от возникновения в сырах порока «позднего вспучивания». Использование более высоких дозировок не рекомендуется вследствие возможного ингибирования заквасочной микрофлоры.

Наличие маслянокислых бактерий в сырах меняет жирнокислотный состав молочного жира в сторону увеличения содержания масляной и стеариновой жирных кислот и уменьшения содержания пальмитиновой кислоты.

Список использованных источников

1. Zhu, Y. Butyric acid production from acid hydrolysate of corn fibre by *Clostridium tyrobutyricum* in a fibrous-bed bioreactor / Y. Zhu, Z. Wu, S.-T. Yang // *Process Biochemistry*. – 2018. – № 38. – P. 657–666
2. Червоткина, Д. Р. Антимикробные препараты природного происхождения: обзор свойств и перспективы применения / Д. Р. Червоткина, А. В. Борисова // *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 254–267.
2. Chervotkina, D. R. Antimikrobnye preparaty prirodnogo proishozhdeniya: obzor svoystv i perspektivy primeneniya [Antimicrobial drugs of natural origin: review of properties and application prospects] // *Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya*. – 2022. – Т. 12, № 2. – S. 254–267.
3. *Enzymes in Food Technology* / M. van Oort, X. Liu, T. Dodge [et al.]. – 2nd ed. – Hoboken : Wiley-Blackwell, 2010. – 416 p.
4. Karaman, A. D. Effect of different lysozyme treatments on the properties of Kashar cheese properties / A. D. Karaman, F. Yıldız-Akgül, N. Günay, H. N. Akgül // *Grasas y Aceites*. – 2024. – Vol. 75, № 1. – URL: <https://doi.org/10.3989/gya.1109222> (date of access: 13.12.2024).

5. Уайтхерст, Р. Дж. Ферменты в пищевой промышленности / Р. Дж. Уайтхерст, М. ван. Оорст // Пер. с англ. д-ра хим. наук С. В. Макарова. – СПб : Профессия, 2013. – 408 с.

5. Uajtherst, R. Dzh. Fermenty v pishevoj promysh-lennosti [Enzymes in the Food Industry] / R. Dzh. Uajtherst, M. van. Oorst // Per. s angl. d-ra him. nauk S. V. Makarova. – SPb : Professiya, 2013. – 408 s.

6. Khorshidian, N. An overview of antimicrobial activity of lysozyme and its functionality in cheese. / N. Khorshidian, E. Khanniri, M. R. Koushki [et al.] // *Frontiers in Nutrition*. – 2022. –Vol. 9, № 3. – URL: <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.833618> (date of access 16.12.2024).

ТЕХНОЛОГИЯ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ

УДК 637.521.42

Поступила в редакцию 04 декабря 2025 года

Л.А. Чернявская, к.т.н., доцент, С.А. Гордынец, к.с.-х.н., доцент,
Е. А. Степанова, к.в.н., доцент, Т.В. Кусонская, Ж.А. Яхновец,
М.М. Мистейко, к.в.н., доцент
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУФАБРИКАТОВ МЯСНЫХ НАТУРАЛЬНЫХ КУСКОВЫХ ИЗ СВИНИНЫ ПО ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ, МОРФОЛОГИЧЕСКИМ И СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

L. Charniauskaya, S. Gordynets, E. Stepanova, T. Kusonskaya,
Zh. Yakhnovets, M. Misteika
Institute for the Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus

RESEARCH OF SEMI-FINISHED NATURAL PORK MEAT PRODUCTS IN TERMS OF NUTRITIONAL VALUE, MORPHOLOGICAL AND STRUCTURAL-MECHANICAL INDICATORS

e-mail: otmp210@yandex.by, lilia-pavlova@mail.ru, 7535562@mail.ru

В статье представлены результаты исследований, позволившие установить, что полуфабрикаты мясные натуральные кусковые (тазобедренная часть, голяшка, лопаточная часть, рулька, шейная часть, филейная часть, вырезка, грудино-реберная часть) неоднородны как по морфологическому составу, так и по физико-химическим и структурно-механическим показателям. Содержание влаги в полуфабрикатах колеблется в пределах 44,0–73,8 % и тесно связано с массовой долей жира. Наибольшее содержание жира отмечено в грудино-реберной части ($47,8 \pm 7,08$ %), наименьшее – в вырезке ($4,64 \pm 1,63$ %). Наиболее «мясными» являются тазобедренная часть без рульки (коэффициент мясности 11,0) и лопаточная часть без рульки (коэффициент мясности 9,0). Наибольшим индексом постности характеризовались вырезка, полуфабрикаты из шейной, тазобедренной и лопаточной частей. Определено, что для детского питания могут быть использованы все изученные бескостные полуфабрикаты за исключением грудино-реберной части. При этом полуфабрикаты из вырезки, тазобедренной, лопаточной, шейной и филейной частей будут относиться к категории А, а полуфабрикаты из голяшки и рульки – к категории Б.

Ключевые слова: полуфабрикаты мясные кусковые, пищевая ценность, морфологический состав, структурно-механические свойства

The article presents the results of studies that have shown that natural cut meat products (thigh, shin, shoulder, knuckle, neck, fillet, tenderloin, sternum-rib, and chest-abdomen) are heterogeneous in terms of their morphological composition, as well as their physical, chemical, and structural-mechanical properties. The moisture content in semi-finished products ranges from 44.0% to 73.8% and is closely related to the mass fraction of fat. The highest fat content was found in the sternal-rib (47.8 ± 7.08 %) and thoracic-abdominal (57.7 ± 0.54 %) parts, while the lowest was found in the tenderloin (4.64 ± 1.63 %). The most "full-bodied" are the hip part without a shank (meatiness coefficient 10.5), the shoulder part without a shank (meatiness coefficient 9.0), and the loin (meatiness coefficient 4.7). The tenderloin, semi-finished products from the neck, hip, and shoulder parts, were characterized by the highest index of lean meat. It was determined that all boneless semi-finished products studied, with the exception of rib-chest and belly-chest, can be used for baby food. Semi-finished products from tenderloin, hip, shoulder, neck, and sirloin will be classified as Category A, while semi-finished products from shank and knuckle will be classified as Category B.

Keywords: semi-finished meat products, nutritional value, morphological composition, and structural and mechanical properties

Введение. Ключевой задачей современной мясоперерабатывающей промышленности является повышение эффективности и рентабельности, что достигается за счет рационального использования туш, обусловленного применением каждой части в соответствии с ее пищевой и кулинарной ценностью для производства широкого ассортимента продукции.

Наиболее перспективным направлением стало производство мясных полуфабрикатов, чья популярность является следствием спроса на удобные решения для домашнего приготовления. В отличие от реализации целых туш, разделка на полуфабрикаты на мясокомбинатах является более рентабельной.

Мировые тенденции направлены на использование высокотехнологичного оборудования, выпуск продукции в удобной упаковке с увеличенным сроком хранения и безупречным качеством. Белорусская мясоперерабатывающая промышленность, активно развивая это направление, ищет пути оптимизации производства для снижения затрат и улучшения качества мясных полуфабрикатов [1–3].

В связи с внесением изменений в ТР ТС 034/2013 (Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 27 сентября 2023 года № 98) в части установления допустимых пределов фактических значений содержания пищевых веществ при указании информации о пищевой ценности продуктов убоя и мясной продукции в маркировке (белок – не менее 80 процентов от значения, указанного в маркировке продукции; жир, углеводы, энергетическая ценность (калорийность) – не более 120 процентов от значения, указанного в маркировке продукции) актуальным является изучение пищевой ценности кусковых полуфабрикатов, полученных от разных видов сельскохозяйственных животных, в том числе свиней. Кроме того, массовая доля белка является нормируемым в СТБ 1020-2025 показателем и должна быть установлена в технических описаниях.

Разработанный РУП «Институт мясомолочной промышленности» СТБ 1020-2025 «Полуфабрикаты мясные натуральные кусковые. Общие технические условия» распространяется в том числе на полуфабрикаты для питания детей старше 1,5 лет. В качестве нормируемых физико-химических показателей в данном стандарте приняты: массовая доля жира и массовая доля белка, значения которых зависят от категории полуфабриката, что обуславливает необходимость изучения данных показателей в различных частях туши. Категория же полуфабриката зависит от содержания мышечной ткани: полуфабрикаты с массовой долей мышечной ткани свыше 80,0 % относятся к категории А, с массовой долей мышечной ткани свыше 70,0 % до 80,0 % включительно – к категории Б [4]. Кроме того, целесообразным является изучение структурно-механических свойств полуфабрикатов с целью установления рациональных направлений их использования при изготовлении полуфабрикатов, в том числе для питания детей.

Цель данной работы – исследование полуфабрикатов мясных натуральных кусковых из свинины по пищевой ценности, морфологическим и структурно-механическим показателям.

Объекты и методы исследования.

Объектами исследований являлись полуфабрикаты мясные натуральные кусковые из свинины 2 категории, произведенные отечественными мясоперерабатывающими предприятиями.

Пищевую ценность полуфабрикатов определяли: содержание белка – по ГОСТ 25011; содержание жира – по ГОСТ 23042; содержание влаги – по ГОСТ 9793.

Определение морфологического состава полуфабрикатов осуществляли расчетным путем по следующим показателям: соотношение бескостное мясо : кость – для мясокостных полуфабрикатов; содержание мышечной, соединительной и жировой тканей – для бескостных полуфабрикатов.

Для определения массовой доли мышечной, соединительной и жировой тканей из полуфабриката выделяли мышечную, соединительную и жировую ткани и взвешивали по отдельности на весах для статического взвешивания по ГОСТ OIML R 76-1 с допустимой погрешностью до 1 г. Массовую долю мышечной, соединительной или жировой тканей M_1 , %, определяли по формуле

$$M_1 = \frac{A_1}{M_{пф}} \cdot 100, \quad (1)$$

где A_1 – масса мышечной или соединительной, или жировой тканей, г;
 $M_{пф}$ – масса взятых для анализа полуфабрикатов.

Для определения массовой доли бескостного мяса и массовой доли кости в мясокостных полуфабрикатах из образцов отделяли бескостное мясо и костную ткань и взвешивали по отдельности на весах для статического взвешивания по ГОСТ OIML R 76-1, с допустимой погрешностью до 1 г. Массовую долю M_2 , % от массы полуфабриката, определяли по формуле

$$M_2 = \frac{A_2}{B_2} \cdot 100, \quad (2)$$

где A_2 – масса бескостного мяса или костной ткани, г;
 $M_{пф}$ – масса взятых для анализа полуфабрикатов.

Коэффициент мясности определяли как отношение массы мясной мякоти к массе костей [5]. Расчеты проводились без учета массовой доли шкурки.

Индекс постности определяли по формуле

$$ИП = \frac{M_{м.ж.}}{M_{ж.}}, \quad (3)$$

где $M_{м.ж.}$ – масса мяса жилованного, полученного после выделения жировой ткани из полуфабриката, г;

$M_{ж.}$ – масса жировой ткани, полученной в процессе жиловки полуфабриката, г.

Структурно-механические свойства полуфабрикатов определяли на анализаторе текстуры «Brookfield СТ3» (Brookfield, США) в соответствии с методиками, приведенными в [6].

ПНС определяли при следующих параметрах испытания: усилие касания $F_k=1$ г, скорость нагружения (движения) индентора $V=1$ мм/с, глубина внедрения индентора принята в зависимости от продукта $H=15$ мм, наличие реверсионного движения с аналогичными характеристиками. В качестве индентора (измерительного инструмента) использовали конус с углом при вершине $\alpha=60^\circ$.

Предельное напряжение сдвига, θ_0 , Па, определяли по формуле

$$\theta_0 = K \cdot \frac{F \cdot 0,00981}{H^2}, \quad (4)$$

где K – константа, зависящая от угла α при вершине конуса ($K = 0,414$ для конуса с углом $\alpha = 60^\circ$);

F – максимальное значение силы, приложенной вдоль конуса, г;

0,00981 – коэффициент пересчета силы, приложенной вдоль конуса в Ньютоны;

H – глубина внедрения индентора, м.

Адгезионное напряжение определяли путем измерения усилия отрыва индентора от исследуемого образца, при следующих параметрах испытания: усилие касания $F_k=10$ г, скорость нагружения (движения) индентора $V=0,5$ мм/с, длительность стабилизации $\tau=10$ с, глубина внедрения индентора принята в

зависимости от продукта $H=515$ мм. В качестве индентора (измерительного инструмента) использовали цилиндр эбонитовый диаметром 12,7 мм.

Адгезионное напряжение, $\sigma_{\text{адг.}}$, Па, определяли по формуле

$$\sigma_{\text{адг.}} = \frac{F_{\text{отр.}} \cdot 0,00981}{S}, \quad (5)$$

где $F_{\text{отр.}}$ – усилие отрыва индентора от образца, гс;
0,00981 – коэффициент пересчета усилия отрыва в Ньютоны;
 S – площадь контакта, м^2 .
Площадь контакта, $S, \text{м}^2$, определяли по формуле

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (6)$$

где D – диаметр индентора, м.

Определение удельного усилия резания проводили при следующих параметрах испытания: усилие касания $F_K=10$ г, скорость нагружения (движения) индентора $V=0,5$ мм/с, глубина внедрения индентора в образец $H=15$ мм. В качестве индентора (измерительного инструмента) использован металлический нож с длиной 70 мм и толщиной у основания 0,15 мм.

Удельное усилие резания (усилие резания, отнесенное к единице длины ножа), $P_{\text{рез.}}$, Н/м, определяли по формуле

$$P_{\text{рез.}} = \frac{F_{\text{рез.}} \cdot 0,00981}{L}, \quad (7)$$

где $F_{\text{рез.}}$ – максимальное значение силы резания, г;
0,00981 – коэффициент пересчета силы резания в Ньютоны;
 L – длина ножа, м.

Результаты и их обсуждение. В ходе выполнения работы по показателям пищевой ценности и морфологическому составу были изучены мясокостные полуфабрикаты (тазобедренная часть без голяшки, голяшка, лопаточная часть без рульки, рулька, корейка, шейная часть и реберные пластины) и бескостные полуфабрикаты (тазобедренная часть, голяшка, лопаточная часть, рулька шейная часть, филейная часть, вырезка, грудино-реберная часть).

Показатели пищевой ценности мясокостных полуфабрикатов с учетом результатов анализа морфологического состава (таблица 1) представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Морфологический состав мясокостных полуфабрикатов из свинины

Наименование полуфабриката	Мякотная ткань, %	Костная ткань, %	Шкурка, %	Коэффициент мясности
1	2	3	4	5
Тазобедренная часть без голяшки	88,0±2,52	8,0±1,59	6,0±1,85	11,0
Голяшка	67,9±4,81	21,7±2,28	10,4±2,59	3,1
Лопаточная часть без рульки	84,1±2,44	10,7±1,12	5,2±1,25	9,0
Рулька	53,0±2,71	34,3±2,11	12,7±1,41	1,5
Корейка	62,8±2,52	13,3±2,12	4,5±0,85	4,7
Шейная часть	77,6±2,02	17,2±1,55	4,8±1,85	4,5
Реберные пластины	80,6±3,83	19,4±3,83	-	4,2

Источник данных: собственная разработка.

Таблица 2 – Пищевая ценность полуфабрикатов мясокостных из свинины

Наименование полуфабриката	Массовая доля белка, %	Массовая доля жира, %
Тазобедренная часть без голяшки	18,8±0,38	8,2±0,44
Голяшка	13,6±0,11	13,5±0,58
Лопаточная часть без рульки	17,7±0,25	11,0±0,67
Рулька	12,1±0,07	8,7±0,35
Корейка	15,4±0,21	19,3±0,22
Шейная часть	16,1±0,23	10,5±0,20
Реберные пластины	13,3±0,15	15,2±0,35

Источник данных: собственная разработка.

Как видно из результатов исследований морфологического состава, представленных в таблице 1, наиболее полномясными являются тазобедренная часть без голяшки (коэффициент мясности 11,0), лопаточная часть без рульки (коэффициент мясности 9,0). Наиболее высокое содержание белка установлено в тазобедренной части без голяшки – 18,8±0,38 %, наименьшее – в рульке (12,1±0,07 %). Корейка характеризовалась самым высоким содержанием жира – 19,3±0,22 %.

Морфологический состав полуфабрикатов бескостных из свинины представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Морфологический состав полуфабрикатов бескостных из свинины

Наименование полуфабриката	Мышечная ткань, %	Соединительная ткань, %	Жировая ткань, %	Индекс постности
Тазобедренная часть	93,7±0,04	3,8±0,30	2,5±0,26	38,8
Голяшка	75,9±3,48	8,3±2,07	15,8±1,45	5,4
Лопаточная часть	88,2±2,19	8,9±1,98	3,0±0,17	32,5
Рулька	71,8±1,29	19,7±3,05	8,5±1,96	11,2
Шейная часть	83,7±1,09	14,3±0,33	2,1±0,81	53,1
Филейная часть	90,3±0,81	5,4±0,35	4,4±1,16	23,1
Вырезка	96,4±0,49	3,6±0,49	-	-
Грудино-реберная часть	44,5±5,82	-	55,5±5,82	0,8

Источник данных: собственная разработка.

Как видно из данных, представленных в таблице 3, наибольшим индексом постности характеризовались вырезка, полуфабрикаты из шейной, тазобедренной и лопаточной частей. С учетом установленных в СТБ 1020-2025 требований к полуфабрикатам для питания детей старше 1,5 лет по содержанию мышечной ткани (не менее 80 % для полуфабрикатов категории А, от 70 до 80 % для полуфабрикатов категории Б), для детского питания могут быть использованы бескостные полуфабрикаты из всех исследованных частей туши за исключением грудино-реберной части. При этом полуфабрикаты из вырезки, тазобедренной, лопаточной, шейной и филейной частей относятся к категории А, а полуфабрикаты из голяшки и рульки – к категории Б.

В таблице 4 представлены средние значения результатов исследований полуфабрикатов бескостных из свинины по показателям пищевой ценности и содержанию влаги.

Таблица 4 – Физико-химические показатели полуфабрикатов бескостных из свинины

Наименование полуфабриката	Массовая доля влаги, %	Массовая доля белка, %	Массовая доля жира, %
Тазобедренная часть	70,8±1,08	20,4±1,05	8,9±2,24
Голяшка	64,3±0,46	17,4±0,57	17,2±1,49
Лопаточная часть	69,8±1,91	19,8±1,32	12,3±7,44
Рулька	68,3±2,16	18,4±0,58	13,2±2,68
Шейная часть	70,3±2,03	19,4±1,51	12,7±2,49
Филейная часть	73,8±3,77	22,0±1,40	14,2±7,43
Вырезка	72,9±1,76	21,9±0,60	4,64±1,63
Грудино-реберная часть	44,0±2,96	12,0±1,61	47,8±7,08
Реберные пластины	61,0±1,96	16,5±0,91	18,9±6,46

Источник данных: собственная разработка.

Из средних данных химического состава бескостных полуфабрикатов, приведенных в таблице 4, видно, что содержание влаги в полуфабрикатах колеблется в пределах от 44,0 до 73,8 % и тесно связано с массовой долей жира. Наибольшее содержание жира в грудино-реберной части (47,8±7,08 %) и реберных пластинах (18,9±6,46 %). Наименьшее содержание жира – в вырезке (4,64±1,63 %). Все бескостные полуфабрикаты характеризовались высоким содержанием белка (16,5–22,0 %) за исключением грудино-реберной части (12,0±1,61 %).

Таким образом, комплексный анализ результатов исследований показал, что для детского питания могут быть использованы все изученные бескостные полуфабрикаты за исключением грудино-реберной части, при этом при изготовлении полуфабрикатов из голяшки и рульки обязательно необходимо контролировать массовую долю жира, которая в полуфабрикатах из свинины категории Б не должна превышать 20 % [4]. Полуфабрикаты должны изготавливаться без шкурки.

В ходе выполнения работы изучали структурно-механические показатели (предельное напряжение сдвига, адгезионное напряжение, удельное усилие резания) полуфабрикатов натуральных кусковых из свинины. Для проведения исследований были отобраны бескостные образцы размером 80×15 мм.

Предельное напряжение сдвига (ПНС) – минимальное напряжение, при котором происходит пластическое или вязкое течение материала. Данный показатель определяет способность материала сохранять форму под действием силы тяжести и его принято считать основным. С его помощью оценивается качество продукта, обосновывают оптимальные технологические условия процессов. Чем выше значение ПНС, тем большее усилие требуется, чтобы разорвать мышечные волокна, и, следовательно, мясо жестче [6]. Значение данного показателя напрямую зависит от того, насколько активно работала конкретная мышца при жизни животного. Чем больше нагрузка, тем больше соединительной ткани и тем плотнее мышечные волокна.

Значения ПНС для полуфабрикатов из свинины приведены на рисунке 1.

Как видно из диаграммы (рисунок 1) в зависимости от значения ПНС исследованные полуфабрикаты можно расположить в следующей последовательности от мягких к более жестким: вырезка (ПНС 3,9 кПа); филейная часть (ПНС 5,2 кПа); лопаточная часть (ПНС 6,4 кПа); шейная часть (ПНС 7,8 кПа); грудобрюшная часть (ПНС 12,9 кПа); тазобедренная часть (ПНС 14,7 кПа); реберная пластина (ПНС 28,9 кПа); грудорреберная часть (ПНС 31,2 кПа); рулька (ПНС 31,3 кПа); голяшка (ПНС 48,8 кПа).

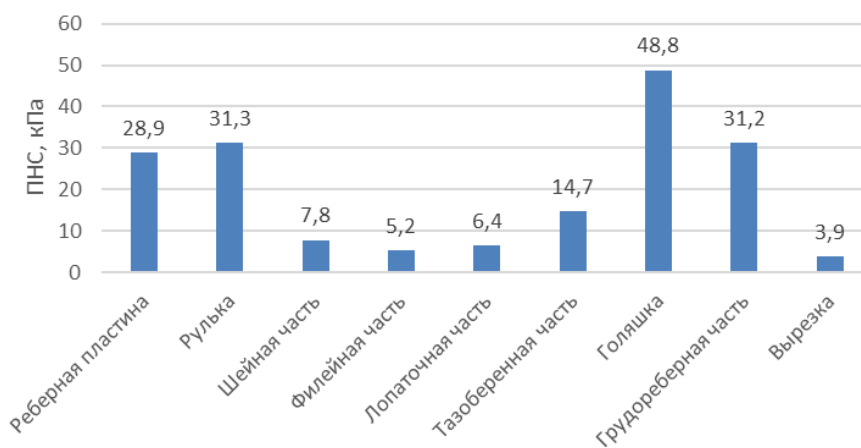


Рисунок 1 – ПНС полуфабрикатов
 Источник данных: собственная разработка.

Полученная последовательность является логичной и коррелирует с общими принципами классификации мышц по жесткости [7, 8].

Важной реологической характеристикой мясного сырья является *адгезионное напряжение (липкость)*, которое определяет связность структуры готового продукта [6]. Величина адгезионного напряжения частично может характеризовать консистенцию продукта.

Значения адгезионного напряжения полуфабрикатов представлены на рисунке 2.

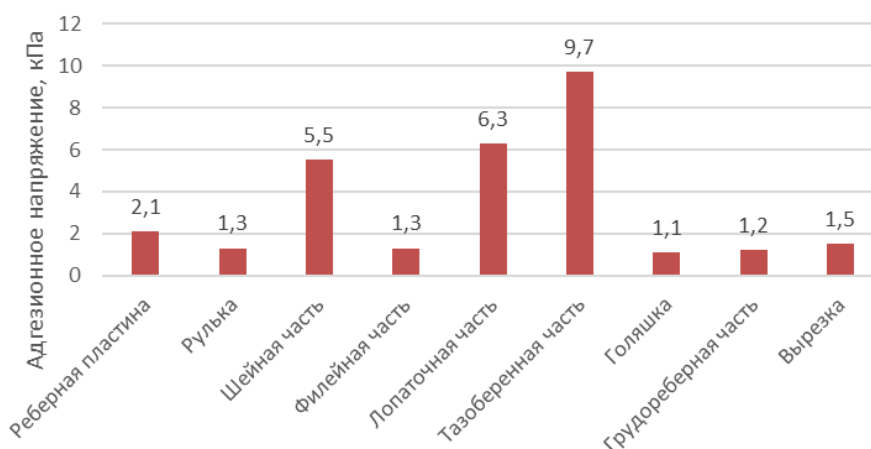


Рисунок 2 – Адгезионное напряжение полуфабрикатов
 Источник данных: собственная разработка.

Как видно из данных, представленных на рисунке 2, адгезионное напряжение меньше у более жирных полуфабрикатов: голяшки (1,1 кПа), грудореберной части (1,2 кПа), рульки (1,3 кПа). Также достаточно низкие значения отмечены для филейной части (1,3 кПа) и вырезки (1,5 кПа). Шейная часть характеризуется значением 5,5 кПа, а лопаточная – 6,3 кПа. Самое высокое значение показателя установлено для тазобедренной части (9,7 кПа).

Полученная последовательность логична и имеет научное обоснование. Высокое содержание эластина, который практически не способен к гелеобразованию и/или высокое содержание жировой ткани, и/или относительно невысокое содержание функциональных миофибриллярных белков является основной причиной низких

значений адгезионного напряжения таких полуфабрикатов, как голяшка, рулька, грудореберная и филейная части. Шейная и лопаточная части показали средние значения адгезионного напряжения (5,5–6,3 кПа). Это связано с принципиально иной белковой структурой: они состоят из хорошо развитых, «рабочих» мышц с достаточно высоким содержанием миофибриллярных белков (миозин, актин), которые при посоле и измельчении эффективно растворяются и образуют устойчивый белковый гель, связывающий влагу и жир.

Очень высокое значение адгезионного напряжения тазобедренной части также связано с высоким содержанием солерастворимых белков (миозина, актина). Данный полуфабрикат является идеальным сырьем для формирования плотной, однородной структуры в колбасных изделиях и фаршах.

Резание относится к важнейшим технологическим операциям при производстве пищевых продуктов. Основным показателем, характеризующим процесс резания, является *усилие резания*, которое зависит как от физико-механических свойств материала, так и от формы и размера применяемого инструмента.

Результаты исследований по показателю «удельное усилие резания» представлены на рисунке 3. Оно характеризует сопротивление материала разрезанию по линии.

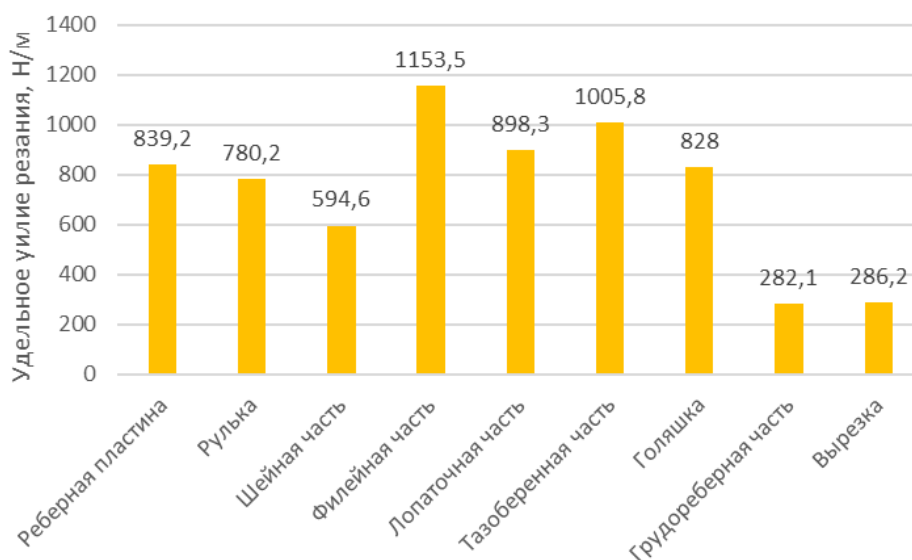


Рисунок 3 – Удельное усилие резания полуфабрикатов

Источник данных: собственная разработка.

Показатель «удельное усилие резания» зависит от структуры и однородности исследуемого материала: мясо с плотными, однородными мышечными пучками, как, например, в тазобедренной и филейной частях, будет оказывать высокое сопротивление при протягивании лезвия по прямой линии. Наличие жировых и соединительнотканых прослоек (как в шейной или грудобрюшной части) может облегчать процесс резания и снижать показатель, хотя общая механическая прочность (в кПа) остается высокой [8, 9].

На основании данных рисунка 3 можно выделить три четкие группы:

– группа 1 – полуфабрикаты с низким удельным усилием резания (менее 400 Н/м). К данной группе относятся грудореберная часть (282,1 Н/м) и вырезка (286,2 Н/м). Вырезка закономерно оказывается в группе самых нежных отрубов. Низкое значение грудореберной части можно объяснить ее слоистой структурой

(мышечная, жировая, соединительная ткань), которая легко расслаивается при резании.

– группа 2 – полуфабрикаты со средним удельным усилием резания (500–900 Н/м): шейная часть (584,6 Н/м), лопаточная часть (598,3 Н/м), рулька (780,2 Н/м), голяшка (828,0 Н/м), реберная пластина (839,2 Н/м). Эти полуфабрикаты характеризуются достаточно высоким содержанием соединительной ткани, особенно последние три, обосновывая их большую жесткость.

– группа 3 – полуфабрикаты с высоким удельным усилием резания (более 1000 Н/м) – тазобедренная часть (1005,8 Н/м), филейная часть – 1153,5 Н/м. Данные полуфабрикаты обладают очень плотной, однородной и мелковолокнуистой структурой с минимальным количеством внутренних «слабых» прослоек. При измерении усилия резания на единицу длины такая структура демонстрирует максимальное сопротивление режущему лезвию, хотя объективно это не самое жесткое мясо.

Представленная последовательность значений удельного усилия резания является методически корректной, но не отражает реальной жесткости отрубов в том виде, в каком ее воспринимает потребитель. Она характеризует структурную плотность и сопротивление чистому резанию, что является важной узкоспециальной технологической характеристикой, знание которой необходимо, например, для определения рационального направления использования полуфабрикатов при изготовлении мясной продукции. Анализ структурно-механических показателей позволил установить рациональные направления использования полуфабрикатов из свинины (таблица 5).

Таблица 5 – Рациональные направления использования полуфабрикатов

Вид полуфабриката	Направление использования	Направление использования в детском питании
Вырезка, филей	Изготовление мелкокусковых порционных полуфабрикатов (стейки, антрекоты, эскалопы), предназначенных для быстрой жарки или запекания; сыровяленых и сырокопченых цельномышечных продуктов	Изготовление мелкокусковых порционных полуфабрикатов (стейки, антрекоты, эскалопы), предназначенных для запекания; рубленых полуфабрикатов (котлеты, фрикадельки, суфле, тефтели)
Тазобедренная часть	Изготовление вареных, сыровяленых и сырокопченых колбасных изделий и цельномышечных продуктов	Изготовление вареных колбасных изделий, в том числе из термически обработанных ингредиентов (паштетов)
Шейная часть	Изготовление мелкокусковых (стейки, шашлыки), рубленых (котлеты, колбасы сырые) полуфабрикатов, ветчинных и цельнокусковых запечённых изделий, полукопченых и вареных колбасных изделий	Изготовление мелкокусковых (стейки, шашлыки), рубленых полуфабрикатов (котлеты, колбасы сырые), предназначенных для тушения или запекания
Лопаточная часть	Изготовление мелкокусковых полуфабрикатов (азу, гуляш), предназначенных для тушения	
Грудореберная часть	Для тушения, приготовления супов, бульонов, заливного	Не допускается
Голяшка, рулька	Изготовление студней, заливного, насыщенных бульонов, супов, длительное тушение	Изготовление бульонов, супов

Источник данных: собственная разработка.

Как видно из данных таблицы 5, даже самые жесткие полуфабрикаты (голяшка, рулька) являются ценным сырьем для производства традиционных продуктов (холодец, заливное) и глубокой переработки. Использование каждого полуфабриката по его технологическому назначению позволит получать продукты высокого качества

с оптимальными затратами. Полученные данные по структурно-механическим свойствам являются научной базой для подбора мясного сырья, гарантирующего необходимые потребительские свойства при разработке новых продуктов, в том числе для питания детей.

Выводы. На основании полученных результатов исследований установлено, что изученные полуфабрикаты из свинины неоднородны как по морфологическому составу, так и по физико-химическим и структурно-механическим показателям. Анализ химического состава бескостных полуфабрикатов, показал, что содержание влаги в полуфабрикатах колеблется в пределах 44,0–73,8 % и тесно связано с массовой долей жира. Наибольшее содержание жира отмечено в грудино-реберной ($47,8 \pm 7,08$ %) части, наименьшее – в вырезке ($4,64 \pm 1,63$ %). Наиболее «полномясными» являются тазобедренная часть без рульки (коэффициент мясности 11,0), лопаточная часть без рульки (коэффициент мясности 9,0). Наибольшим индексом постности характеризовались вырезка, полуфабрикаты из шейной, тазобедренной и лопаточной частей.

Для детского питания могут быть использованы все изученные бескостные полуфабрикаты за исключением грудино-реберной части. Изготавливаться они должны без шкурки. При этом полуфабрикаты из вырезки, тазобедренной, лопаточной, шейной и филейной частей будут относиться к категории А, а полуфабрикаты из голяшки и рульки – к категории Б.

На основании структурно-механических показателей полуфабрикатов определены рациональные направления их использования. Соблюдение технологического назначения для каждого вида сырья позволит получать продукты высокого качества с оптимальными затратами.

Список использованных источников

1. Гордынец, С. А. Новые стандарты на пельмени и полуфабрикаты в тесте. Что изменилось? / С. А. Гордынец, Т. В. Козловская // Продукт.БҮ. – 2016. – № 5 (169). – URL: <https://produkt.by/storys/tekhnologii/novye-standarty-na-pelmeni-i-polufabrikaty-v-teste-chto-izmenilos?ysclid=m05dl52y48814542963> (дата обращения: 09.09.2024).
1. Gordynets, S. A. Novyye standarty na pel'meni i polufabrikaty v teste. Chto izmenilos'? [New standards for dumplings and semi-finished products in the dough. What has changed?] / S. A. Gordynets, T. V. Kozlovskaya // Produkt.BY. – 2016. – № 5 (169). – URL: <https://produkt.by/storys/tekhnologii/novye-standarty-na-pelmeni-i-polufabrikaty-v-teste-chto-izmenilos?ysclid=m05dl52y48814542963> (data obrashcheniya: 09.09.2024).
2. Деревицкая, О. К. Детское питание – по стандарту! / О. К. Деревицкая, А. С. Дыдыкин, Н. Е. Солдатова // Стандарты и качество. – 2015. – № 7 (937). – С. 34–36.
2. Derevickaya, O. K. Detskoe pitanie – po standartu! [Baby food – according to the standard!] / O. K. Derevickaya, A. S. Dydykin, N. E. Soldatova // Standarty i kachestvo. – 2015. – № 7 (937). – S. 34–36.
3. Дыдыкин, А. С. Мясные кусковые бескостные полуфабрикаты для детского питания / А. С. Дыдыкин, А. В. Устинова, Н. Е. Солдатова // Мясная индустрия. – 2012. – № 8. – С. 38–41.
3. Dydykin A. S. Myasnye kuskovye beskostnyye polufabrikaty dlya detskogo pitaniya [Meat lumpy boneless semi-finished products for baby food] / A. S. Dydykin, A. V. Ustinova, N. E. Soldatova // Myasnaya industriya. – 2012. – № 8. – S. 38–41.
4. Сравнительный анализ нормативной документации стран евразийского экономического союза на полуфабрикаты мясные кусковые / Л. А. Чернявская, С. А. Гордынец, Т. В. Кусонская, К. А. Мудрая // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья : сб. науч. тр. / РУП «Институт мясо-молочной промышленности»; редкол.: Г. В. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Мн., 2023. – Вып. 18. – С. 215–221.
4. Sravnitel'ny`j analiz normativnoj dokumentacii stran evrazijskogo e`konomicheskogo soyuza na polufabrikaty` myasny`e kuskovy`e [Comparative analysis of the regulatory documentation of the countries of the Eurasian Economic Union for semi-finished meat lump products] / L. A. Chernyavskaya, S. A. Gordynets, T. V. Kusonskaya, K. A. Mudraya // Aktualnye voprosy pererabotki myasnogo i molochnogo syrya : sb. nauch. tr. / RUP «Institut myaso-molochnoj promyshlennosti»; redkol.: G. V. Gusakov (gl. red.) [i dr.]. – Mn., 2023. – Vyp. 18. – S. 215–221.

5. Технология, оборудование и проектирование предприятий мясной отрасли : учеб. пособие / А. З. Тахо-Годи, В. И. Комлацкий, Т. А. Подойницына, Ю. А. Козуб. – Краснодар : КубГАУ, Издательство: Краснодарский ЦНТИ – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, 2019. – 283 с.
6. Максимов, А. С. Реология пищевых продуктов : лаб. практикум / А. С. Максимов, В. Я. Черных. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 176 с.
7. Заяс, Ю. Ф. Качество мяса и мясопродуктов / Ю. Ф. Заяс. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 480 с.
8. Lawrie's Meat Science / R. A. Lawrie, D. A. Ledward. – 8th ed. – Cambridge : Woodhead Publishing, 2014. – 398 p.
9. Антипова, Л. В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л. В. Антипова, И. А. Глотова, И. А. Рогов. – М. : КолосС, 2004. – 571 с.
5. Tehnologiya, oborudovanie i proektirovanie predpriyatij myasnoj otrasli : ucheb. posobie [Technology, equipment and design of meat industry enterprises : a textbook] / A. Z. Taxo-Godi, V. I. Komlaczkiy, T. A. Podojnicyna, Yu. A. Kozub. – Krasnodar : KubGAU, Izdatel'stvo: Krasnodarskiy CzNTI – filial FGBU «RE'A» Mine`nergo Rossii, 2019. – 283 s.
6. Maksimov, A. S. Reologiya pishhevy`x produktov : lab. praktikum [Food rheology : laboratory workshop] / A. S. Maksimov, V. Ya. Cherny`x. – SPb. : GIORД, 2006. – 176 s.
7. Zayas, Yu. F. Kachestvo myasa i myasoproduktov [Quality of meat and meat products] / Yu. F. Zayas. – M. : Legkaya i pishhevaya promy`shlennost', 1981. – 480 s.
9. Antipova, L. V. Metody` issledovaniya myasa i myasny`x produktov [Methods of research of meat and meat products] / L. V. Antipova, I. A. Glotova, I. A. Rogov. – M. : KolosS, 2004. – 571 s.

*И.В. Калтович, к.т.н., доцент, И.О. Головач
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

**РАЦИОНАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ И РЕЖИМЫ
ПРОИЗВОДСТВА ВАРЕННЫХ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ
ГОВЯДИНЫ, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ ОТСУТСТВИЕМ
ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ АМИНОВ**

*I. Kaltovich, I. Halavach
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

**RATIONAL TECHNOLOGICAL METHODS AND MODES OF PRODUCTION
OF COOKED SAUSAGES BASED ON BEEF, CHARACTERIZED BY THE
ABSENCE OF HETEROCYCLIC AROMATIC AMINES**

e-mail: irina_kaltovich@inbox.ru

В статье представлены результаты исследований по определению рациональных технологических приемов и режимов изготовления вареных колбасных изделий на основе говядины, отличающихся отсутствием гетероциклических ароматических аминов. Установлено, что при производстве колбасных изделий с целью снижения содержания потенциально опасных веществ рекомендуется использование нежирного говяжьего сырья (тазобедренная часть), включение в состав продуктов сырья растительного происхождения, куттерование рецептурных ингредиентов в течение 9 минут ($\omega=1500$ об/мин), формование колбасных изделий в искусственные оболочки, термообработка в пароконвектомате при $t=105^{\circ}\text{C}$ в течение 30 минут (до температуры в центре батона $70\pm 2^{\circ}\text{C}$).

Ключевые слова: гетероциклические ароматические амины, колбасные изделия, говядина, сырье растительного происхождения, технологические параметры, обработка в пароконвектомате, функционально-технологические, структурно-механические, органолептические показатели, показатели безопасности.

The article presents the results of research on the definition of rational technological methods and modes of production of boiled sausage products based on beef, characterized by the absence of heterocyclic aromatic amines. It has been established that in the production of sausage products, in order to reduce the content of potentially dangerous substances, it is recommended to use low-fat beef raw materials (hip part), the inclusion of vegetable raw materials in the products, cooking of prescription ingredients for 9 minutes ($\omega=1500$ revolutions per minute), forming sausage products into artificial shells, heat treatment in a steam convector at $t = 105^{\circ}\text{C}$ for 30 minutes (up to a temperature of $70 \pm 2^{\circ}\text{C}$ in the center of the loaf).

Key words: heterocyclic aromatic amines, sausage products, beef, raw materials of vegetable origin, technological parameters, steam convector treatment, functional and technological, structural and mechanical, organoleptic indicators, safety indicators.

Введение. На сегодняшний день мясоперерабатывающие предприятия Республики Беларусь изготавливают обширный ассортимент колбасных изделий, в том числе на основе и с использованием говядины, пользующихся стабильным спросом у населения. Однако при изготовлении данной продукции с использованием нерациональных технологических режимов могут образовываться потенциально опасные вещества, в т.ч. гетероциклические ароматические амины (ГАА) [1-3].

Доказано, что ГАА образуются в пищевой продукции животного происхождения при ее высокотемпературной обработке [4–6]. Ряд научных работ указывает на взаимосвязь между употреблением человеком продуктов, содержащих в своем составе ГАА, с проявлением таких заболеваний как рак молочных желез и других паренхиматозных органов [7–9].

До настоящего времени в Республике Беларусь не проводились исследования, направленные на определение уровней накопления гетероциклических ароматических аминов при производстве мясных продуктов на основе говядины, и оценку влияния технологических параметров их изготовления (способ, температура и продолжительность термообработки, содержание жира в используемом мясном сырье, наличие и дозировки растительного сырья в рецептурах продуктов, вид и диаметр используемой колбасной оболочки и др.) на содержание ГАА в готовых к употреблению продуктах.

В связи с вышесказанным актуальным вопросом является установление рациональных технологических параметров производства колбасных изделий на основе говядины, отличающихся отсутствием гетероциклических ароматических аминов.

Цель исследований – определение оптимальных технологических параметров производства колбасных изделий на основе говядины, способствующих предотвращению образования гетероциклических ароматических аминов в готовых изделиях.

Материалы и методы исследований. Объекты исследований – модельные фаршевые системы и вареные колбасные изделия на основе говядины, изготовленные при различных технологических параметрах. Методы исследований – стандартные методы исследований показателей качества и безопасности пищевых продуктов.

Результаты и их обсуждение. Установлены рациональные технологические параметры производства вареных колбасных изделий на основе говядины с учетом комплексной оценки факторов, оказывающих влияние на предотвращение образования гетероциклических ароматических аминов в готовых изделиях.

При производстве вареных колбасных изделий с целью снижения содержания ГАА в данной продукции подобрано мясное сырье с низким содержанием жира – тазобедренная часть говяжьего (содержание жира – 6,4 %), а также растительное сырье, обладающее сочетаемостью с говядиной – мука овсяная, морковь, лук репчатый и др.

На основании анализа сенсорного профиля вареных колбасных изделий на основе говядины определены рациональные дозировки использования сырья растительного происхождения в составе изделий. Предварительная подготовка растительного сырья для изготовления колбасных изделий включала в себя:

- для моркови – сортировку, инспекцию, промывку в проточной воде ($t_{\text{воды}}=20\pm 2^{\circ}\text{C}$), очистку от кожицы, дополнительную промывку в проточной воде ($t_{\text{воды}}=20\pm 2^{\circ}\text{C}$), варку при температуре 100°C в течение 10–15 минут, охлаждение, измельчение на волчке с диаметром отверстий решетки 2–3 мм;

- для лука репчатого – сортировку, чистку, удаление подгнивших лукович, промывку в проточной воде ($t_{\text{воды}}=20\pm 2^{\circ}\text{C}$), измельчение на волчке с диаметром отверстий решетки 2–3 мм;

- для муки овсяной – просеивание через сито;

- для специй и пряностей – просеивание через сито.

С целью снижения возможности образования ГАА при производстве вареных колбасных изделий на основе говядины и придания сочности готовой продукции производили замену шпика в рецептуре на масло подсолнечное в количестве 4 %. Установлено, что включение в рецептуры данного количества растительного масла оказывает положительное влияние на консистенцию и другие сенсорные характеристики (вкус, запах (аромат), внешний вид, цвет) вареных колбасных изделий

(10 баллов по 10-ти балльной шкале). Для определения рациональных дозировок использования растительных ингредиентов в составе вареных колбасных изделий изготовлены экспериментальные образцы данной продукции на основе тазобедренной части говяжьей с включением от 4 до 7 % муки овсяной, от 3 до 6 % моркови, от 1 до 4 % лука репчатого с шагом 1 %. Сенсорный профиль изготовленных экспериментальных образцов представлен на рисунках 1–3.

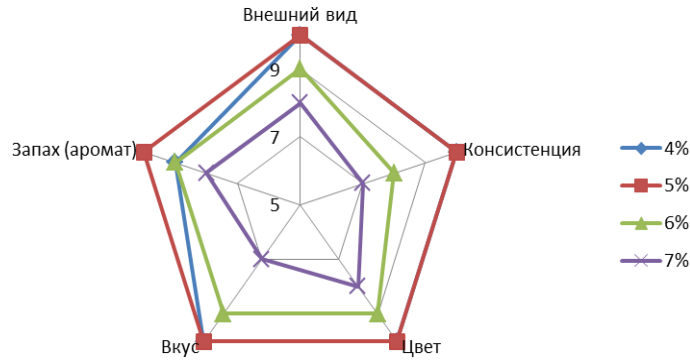


Рисунок 1 – Сенсорный профиль вареных колбасных изделий на основе говядины с использованием овсяной муки
Источник данных: собственная разработка

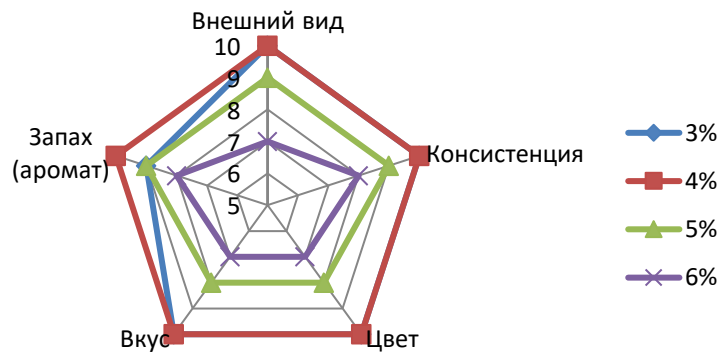


Рисунок 2 – Сенсорный профиль вареных колбасных изделий на основе говядины с использованием моркови
Источник данных: собственная разработка

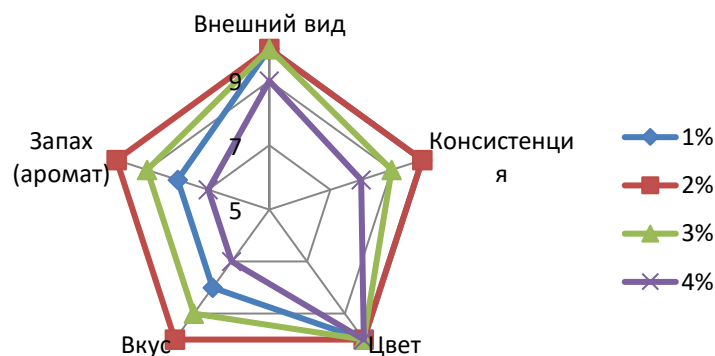


Рисунок 3 – Сенсорный профиль вареных колбасных изделий на основе говядины с использованием лука репчатого
Источник данных: собственная разработка

Определено, что включение овсяной муки в дозировке 4–5 % оказывает положительное влияние на органолептические показатели вареных колбасных изделий на основе говядины – внешний вид, консистенцию, вкус, запах (аромат), цвет (9–10 баллов) (рисунок 1). Вместе с тем, использование овсяной муки в дозировке 6 % приводит к незначительному снижению балльной оценки исследуемого сенсорного профиля изделий до 8–9 баллов, а при добавлении к модельной фаршевой системе 7 % данного растительного ингредиента происходит ухудшение органолептических показателей готовой продукции – появление нежелательного привкуса и неудовлетворительной консистенции (7 баллов). В то же время внешний вид, цвет, запах (аромат) исследуемых экспериментальных образцов оценен на 8 баллов (рисунок 1).

Изучение влияния использования различных дозировок вареной моркови в составе колбасных изделий на основе говядины позволило установить, что оптимальными органолептическими показателями характеризуются экспериментальные образцы с включением в рецептуру 3–4 % моркови (9–10 баллов), в то время как добавление 5 % моркови в модельные фаршевые системы приводит к появлению нежелательного оранжевого оттенка и сладковатого привкуса (8 баллов), а использование 6 % данного растительного компонента значительно ухудшает органолептические показатели готовых изделий (7–8 баллов) (рисунок 2). При анализе сенсорного профиля вареных колбасных изделий на основе говядины с включением в рецептуру 1–4 % лука репчатого установлено, что добавление в состав эмульсии 2–3 % данного растительного ингредиента оказывает положительное влияние на органолептические показатели готовой продукции (9–10 баллов) (рисунок 3). В то же время при использовании 1 % репчатого лука образцы вареных колбасных изделий являются недостаточно ароматными (8 баллов) и уступают по вкусу изделиям с включением 2 и 3 % данного растительного ингредиента (8 баллов). Добавление в рецептуры вареных колбасных изделий на основе говядины 4 % репчатого лука также оказывает отрицательное влияние на органолептические показатели готовой продукции. Так, вкус и запах (аромат) изделий оценен на 7 баллов, консистенция – на 8 баллов (рисунок 3).

Таким образом, на основании проведенных исследований определены оптимальные дозировки использования ингредиентов растительного происхождения в составе вареных колбасных изделий на основе говядины: муки овсяной – 5 %; моркови – 4 %; лука репчатого – 2 %.

Экспериментальным путем установлено рациональное количество воды для использования в составе разработанных рецептурных композиций вареных колбасных изделий на основе говядины – 20 %, позволяющее обеспечить улучшенные функционально-технологические (влагосвязывающая способность – 99,3 %) и структурно-механические показатели (предельное напряжение сдвига – 1345,3 Па) готовых изделий (рисунки 4 и 5).

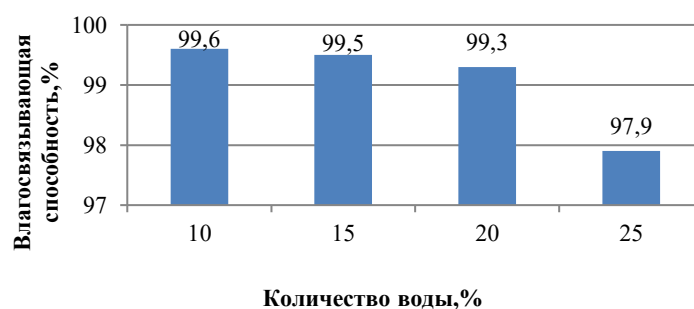


Рисунок 4 – Влагосвязывающая способность вареных колбасных изделий на основе говядины с использованием различного количества воды в рецептуре
Источник данных: собственная разработка.

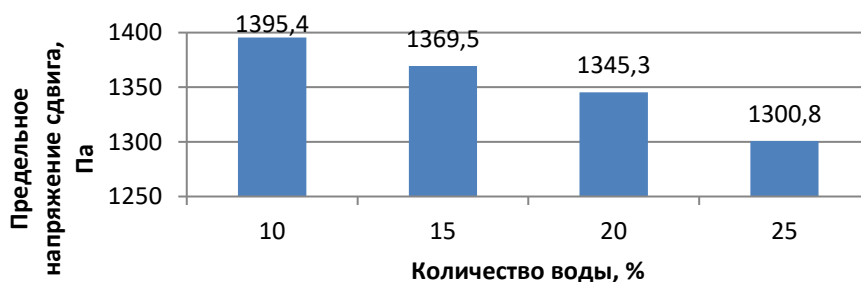


Рисунок 5 – Пределное напряжение сдвига вареных колбасных изделий на основе говядины с использованием различного количества воды в рецептуре
Источник данных: собственная разработка.

Подобраны рациональные количества специй и пряностей для использования в составе вареных колбасных изделий на основе говядины – чеснока сушеного – 0,5 %, ореха мускатного – 0,15 %, перца душистого – 0,1 %, перца черного – 0,1 %, позволяющие обеспечить оптимальный сенсорный профиль вареных колбасных изделий.

Одним из важнейших факторов, оказывающих влияние на показатели качества вареных колбасных изделий, является продолжительность куттерования фаршевой системы. Кроме того, степень измельчения мясного сырья оказывает значимое влияние на накопление ГАА при термообработке продукции. Следовательно, достаточно актуальным вопросом является определение рациональной продолжительности обработки на куттере модельной фаршевой системы с включением растительного сырья.

С целью определения рациональной продолжительности куттерования разработанной рецептурной композиции исследовали динамику влагосвязывающей, эмульгирующей способности, стабильности эмульсии, предельного напряжения сдвига модельных фаршевых систем, подвергнутых измельчению ($\omega=1500$ об/мин) в течение 3-10 минут.

Установлено, что при увеличении продолжительности куттерования модельных фаршевых систем с 3 до 9 минут происходит повышение их влагосвязывающей (с 83,7 до 88,9 %), эмульгирующей способности (с 93,5 до 95,4 %), стабильности эмульсии (с 93,4 до 95,0 %), в то время как дальнейшее измельчение ($\tau=10$ минут) способствует снижению значений данных функционально-технологических показателей до 95,1–86,6 % (рисунок 6).

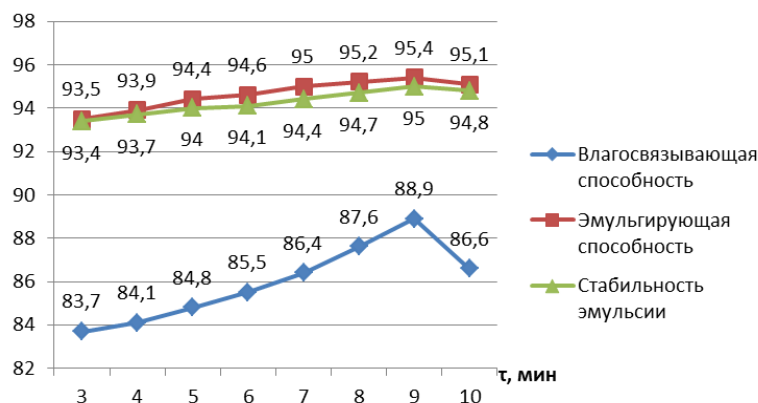


Рисунок 6 – Функционально-технологические показатели модельных фаршевых систем на основе говядины при куттеровании
Источник данных: собственная разработка.

Изучение динамики структурно-механических показателей модельных фаршевых систем, подвергнутых куттерованию в течение 3–10 минут, позволило установить, что при увеличении продолжительности данного технологического процесса происходит снижение значения предельного напряжения сдвига экспериментальных образцов с 1108,2 до 993,4 Па.

На основании комплексного анализа динамики функционально-технологических и структурно-механических показателей модельных фаршевых систем определена оптимальная продолжительность процесса куттерования – 9 минут, позволяющая обеспечить увеличенные значения влагосвязывающей (88,9 %), эмульгирующей способности (95,4 %) и стабильности эмульсии (95,0 %), а также рациональные значения предельного напряжения сдвига куттеруемой массы – 1010,4 Па, способствующие достижению требуемой степени гомогенности готовых вареных колбасных изделий и в то же время не допускающие излишнее измельчение сырья, что может оказать отрицательное влияние на накопление ГАА в готовой продукции.

Вместе с тем, для обеспечения улучшенных функционально-технологических и структурно-механических показателей необходимо соблюдать следующую последовательность закладки сырья при приготовлении фарша вареных колбасных изделий: мясное сырье → смесь посолочно-нитритная → вода (15–20 % от общего количества) → морковь вареная (измельченная до размера частиц 2–3 мм) → лук репчатый (измельченный до размера частиц 2–3 мм) → мука овсяная → масло подсолнечное → вода (80–85 % от общего количества) → специи и пряности (чеснок сушеный, орех мускатный, перец черный, перец душистый).

С целью уменьшения возможности образования ГАА при термообработке вареных колбасных изделий для формования данной продукции подобраны искусственные оболочки с минимальным диаметром (32 мм) согласно требований СТБ 126–2016 «Изделия колбасные вареные. Общие технические условия» [10]. Термообработку вареных колбасных изделий осуществляли в пароконвектомате. Определена оптимальная температура обработки мясных продуктов на основе говядины в пароконвектомате – 105°C, позволяющая обеспечить снижение содержания (предотвращение образования) ГАА в готовой продукции. Установлена рациональная продолжительность данного технологического процесса при указанной выше температуре, позволяющая обеспечить улучшенные показатели качества вареных колбасных изделий. Изготовлены экспериментальные образцы продуктов, подвергнутые термообработке в пароконвектомате ($t=105^{\circ}\text{C}$) в течение 20–40 минут с интервалом 5 минут (рисунок 7).



Рисунок 7 – Термообработка вареных колбасных изделий на основе говядины в пароконвектомате
Источник данных: собственная разработка.

Определено, что увеличение продолжительности термообработки вареных колбасных изделий в пароконвектомате с 20 до 30 минут приводит к повышению влагоудерживающей способности экспериментальных образцов с 95,6 до 96,3 %, в то время как дальнейшее термическое воздействие на продукцию (35–40 минут) способствует снижению значений данного функционально-технологического показателя до 95,0–95,9 % (рисунок 8).

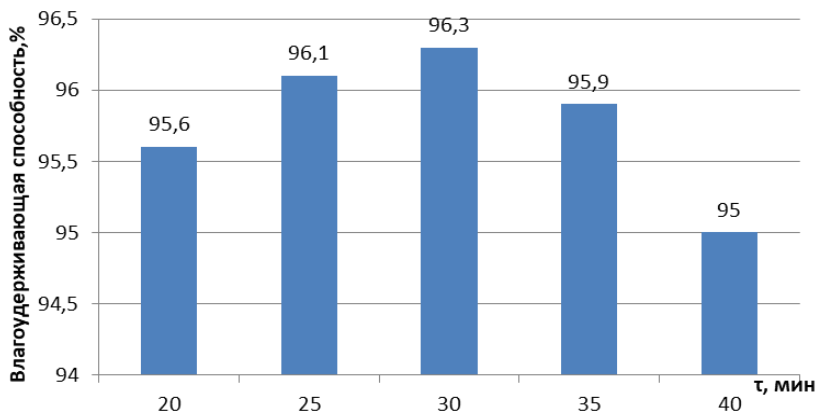


Рисунок 8 – Влагоудерживающая способность вареных колбасных изделий на основе говядины, подвергнутых термообработке в пароконвектомате при различной продолжительности процесса
Источник данных: собственная разработка.

Выявлено, что значение предельного напряжения сдвига вареных колбасных изделий, подвергнутых термообработке в пароконвектомате при температуре 105 °С в течение 20-40 минут, увеличивается с 1351,2 до 1385,8 Па (рисунок 9). При этом экспериментальные образцы, доведенные до кулинарной готовности в течение 35–40 минут, отличаются излишней жесткостью (предельное напряжение сдвига – 1379,4–1385,8 Па), в то время как продолжительность термообработки 20–25 минут не позволяет обеспечить требуемую степень кулинарной готовности вареных колбасных изделий.

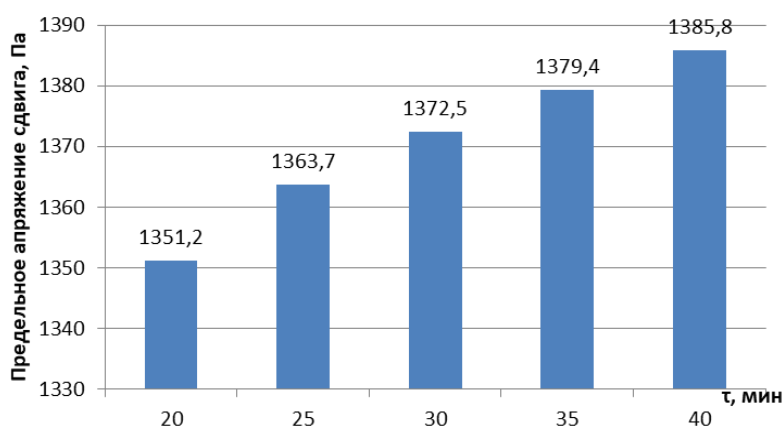


Рисунок 9 – Предельное напряжение сдвига вареных колбасных изделий на основе говядины, подвергнутых термообработке в пароконвектомате при различной продолжительности процесса
Источник данных: собственная разработка.

Таким образом, определена рациональная продолжительность термообработки вареных колбасных изделий на основе говядины при температуре 105°C – 30 минут до температуры в центре батона 70±2°C, позволяющая обеспечить требуемую степень кулинарной готовности, повышенную влагоудерживающую способность (96,3 %) и оптимальное значение предельного напряжения сдвига готовой продукции (1372,5 Па).

Выявлено, что в экспериментальных образцах колбасных изделий, изготовленных с использованием установленных технологических параметров, не обнаружено гетероциклических ароматических аминов, в то время как в контрольном образце содержится 0,2 мкг/100 г данных потенциально опасных веществ, что составляет 20 % от допустимого уровня суточного потребления [9]. Вместе с тем, контрольные образцы отличаются более жесткой консистенцией по сравнению с разработанными вареными колбасными изделиями (предельное напряжение сдвига – 1392,4 Па). Таким образом, на основании результатов проведенных исследований разработана технологическая схема изготовления вареных колбасных изделий на основе говядины, отличающихся отсутствием гетероциклических ароматических аминов (рисунок 10).

Установлено, что по микробиологическим показателям (КМАФАнМ, БГКП (колиформы) в 1,0 г, патогенные, в т.ч. сальмонеллы, в 25 г, *S. aureus* в 1,0 г, сульфитредуцирующие клостридии в 0,01 г) экспериментальные образцы вареных колбасных изделий, изготовленные с использованием установленных технологических параметров, соответствуют требованиям ТР ТС 034/2013 [11], ТР ТС 021/2011 [12], Санитарных норм и правил «Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам», утвержденных постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 21.06.2013 г. №52, Гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов», утвержденного постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 21.06.2013 г. №52 [13], Гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности продовольственного сырья и пищевых продуктов», утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25.01.2021 г. №37 [14], что подтверждает перспективность выбранных способов термообработки изделий (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели безопасности вареных колбасных изделий на основе говядины

Наименование показателя	Нормируемое значение [11–14]	Фактическое значение
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	$2,5 \times 10^3$	$6,0 \times 10^1$
БГКП (колиформы) в 1,0 г	Не допускаются	Не обнаружено
Патогенные, в т.ч. сальмонеллы, в 25 г	Не допускаются	Не обнаружено
<i>S.aureus</i> в 1,0 г	Не допускаются	Не обнаружено
Сульфитредуцирующие клостридии в 0,01 г	Не допускаются	Не обнаружено

Источник данных: собственная разработка

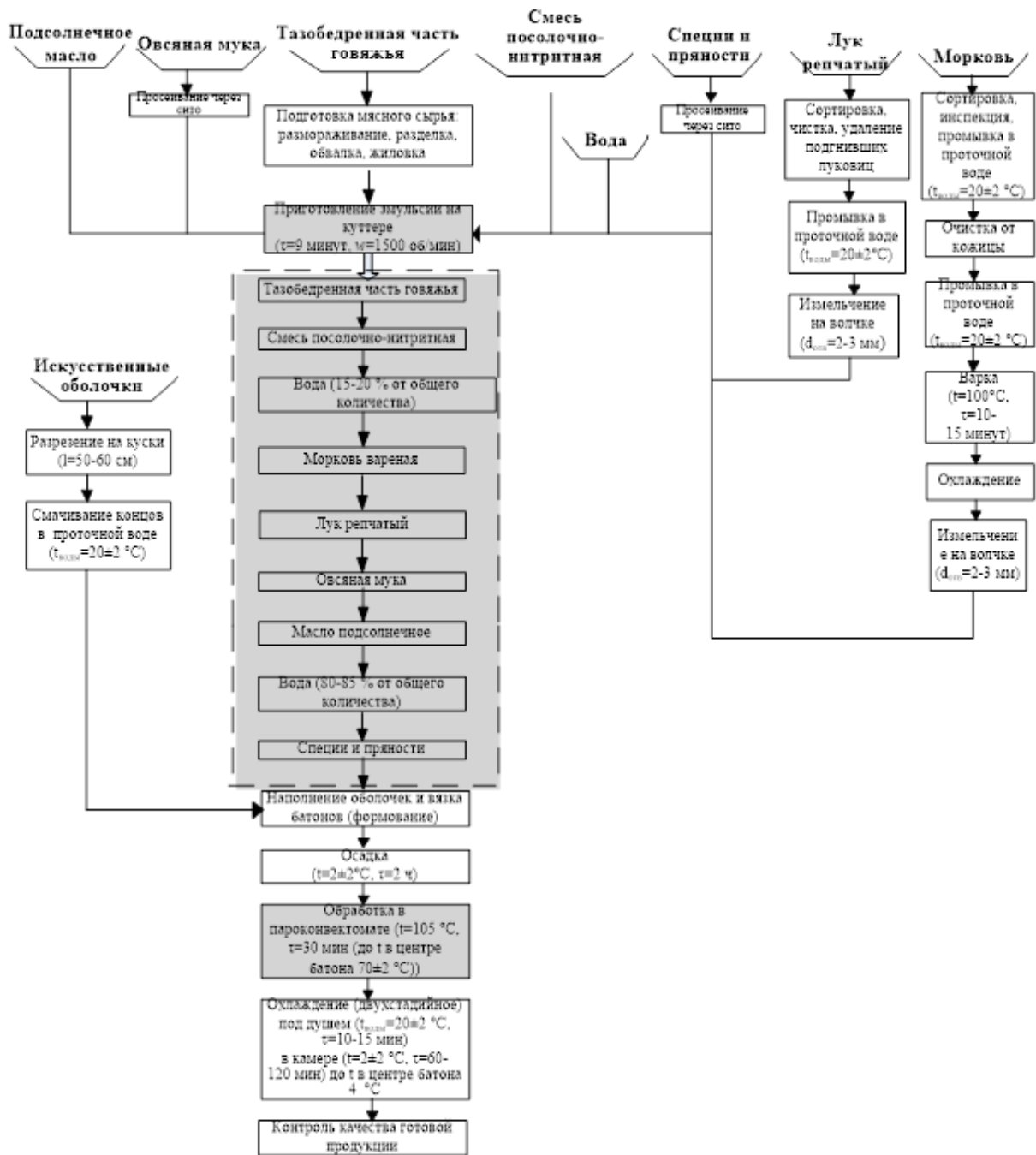


Рисунок 10 – Технологическая схема изготовления вареных колбасных изделий на основе говядины, отличающихся отсутствием гетероциклических ароматических аминов
Источник данных: собственная разработка.

Выводы. Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что рациональными технологическими параметрами производства вареных колбасных изделий на основе говядины, способствующими предотвращению образования (отсутствию) гетероциклических ароматических аминов в готовой продукции, является использование нежирного говяжьего сырья (тазобедренная часть (содержание жира – 6,4 %)), сырья растительного происхождения – муки овсяной (5 %), моркови (4 %), лука репчатого (2 %), подсолнечного масла (4 %), чеснока

сушеного (0,5 %) и др. – в составе продуктов, куттерование рецептурных ингредиентов в течение 9 минут ($\omega=1500$ об/мин), формование колбасных изделий в искусственные оболочки диаметром 32 мм, термообработка в пароконвектомате при $t=105^{\circ}\text{C}$ в течение 30 минут (до температуры в центре батона $70\pm 2^{\circ}\text{C}$).

При использовании установленных технологических параметров в готовой продукции отсутствуют гетероциклические ароматические амины, а разработанные изделия характеризуются повышенной влагоудерживающей способностью (96,3 %), оптимальным значением предельного напряжения сдвига (1372,5 Па) и соответствуют по микробиологическим показателям (КМАФАнМ, БГКП (колиформы) в 1,0 г, патогенные, в т.ч. сальмонеллы, в 25 г, *S. aureus* в 1,0 г, сульфитредуцирующие клостридии в 0,01 г) требованиям действующей нормативно-законодательной документации.

Список использованных источников

1. Долгина, Н.А. Гигиеническая характеристика факторов, влияющих на уровни полиароматических углеводородов в пищевой продукции / Н. А. Долгина, Е. В. Федоренко, А. М. Бондарчук // Инновационные технологии в пищевой промышленности : материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., г. Минск, 5–6 окт. 2017 г. / Нац. акад. наук Беларуси, РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию»; редкол.: З. В. Ловкис [и др.]. – Мн., 2017. – С. 114–117.
1. Dolgina, N.A. Gigienicheskaya harakteristika faktorov, vliyayushih na urovni poliaromaticheskikh uglevodorodov v pishевой продукции [Hygienic characteristics of factors influencing the levels of polyaromatic hydrocarbons in food products] / N. A. Dolgina, E. V. Fedorenko, A. M. Bondarchuk // Innovacionnye tehnologii v pishевой promyshlennosti : materialy XVI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., g. Minsk, 5–6 okt. 2017 g. / Nac. akad. nauk Belarusi, RUP «NPC NAN Belarusi po prodovolstviyu»; redkol.: Z. V. Lovkis [i dr.]. – Mn., 2017. – S. 114–117.
2. Комплексная оценка содержания полициклических ароматических углеводородов и особенности их накопления в мясной продукции / А. В. Куликовский, И. Ф. Горлов, М. И. Сложенкина [и др.] // Вопросы питания. – 2017. – № 6 (86). – С. 125–133.
2. Kompleksnaya ocenka sodержaniya policiklicheskih aromaticheskikh uglevodorodov i osobennosti ih nakopleniya v myasnoj produkcii [Comprehensive assessment of the content of polycyclic aromatic hydrocarbons and the peculiarities of their accumulation in meat products] / A. V. Kulikovskij, I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina [i dr.] // Voprosy pitaniya. – 2017. – № 6 (86). – S. 125–133.
3. Куликовский, А. В. Идентификация полициклических ароматических углеводородов в мясе и мясной продукции / А. В. Куликовский, Н. Л. Вострикова, А. Н. Иванкин // Мясные технологии. – 2013. – № 1. – С. 30–33.
3. Kulikovskij, A. V. Identifikaciya policiklicheskih aromaticheskikh uglevodorodov v myase i myasnoj produkcii [Identification of polycyclic aromatic hydrocarbons in meat and meat products] / A. V. Kulikovskij, N. L. Vostrikova, A. N. Ivankin // Myasnye tehnologii. – 2013. – № 1. – S. 30–33.
4. Куликовский, А. В. Риски образования гетероциклических ароматических аминов в мясной продукции / А. В. Куликовский, Д. А. Утянов, А. С. Князева // Мясная индустрия. – 2020. – № 8. – С. 50–52.
4. Kulikovskij, A. V. Riski obrazovaniya geterociklicheskih aromaticheskikh aminov v myasnoj produkcii [Risks of formation of heterocyclic aromatic amines in meat products] / A. V. Kulikovskij, D. A. Utyanov, A. S. Knyazeva // Myasnaya industriya. – 2020. – № 8. – S. 50–52.
5. Утянов, Д. А. Гетероциклические ароматические амины в мясе и мясной продукции. Причины их образования и воздействия на человека / Д. А. Утянов, А. В. Куликовский, Н. Л. Вострикова // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции : сб. ст. по материалам IV науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых / ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН ; под общ. ред. О. А. Кузнецовой. – М., 2015. – С. 386–390.
5. Utyanov, D. A. Geterociklicheskie aromaticheskije aminy v myase i myasnoj produkcii. Prichiny ih obrazovaniya i vozdejstviya na cheloveka [Heterocyclic aromatic amines in meat and meat products. The causes of their formation and their impact on humans] / D. A. Utyanov, A. V. Kulikovskij, N. L. Vostrikova // Sovremennye aspekty proizvodstva i pererabotki selskohozyajstvennoj produkcii : sb. st. po materialam IV nauch.-prakt. konf. studentov, aspirantov i molodyh uchenyh / FGBNU «FNC pishевyh sistem im. V. M. Gorbatova» RAN ; pod obsh. red. O. A. Kuznecovoj. – M., 2015. – S. 386–390.

6. Утьянов, Д. А. Факторы, влияющие на образование гетероциклических ароматических аминов в мясной продукции / Д. А. Утьянов, О. А. Кузнецова, А. В. Куликовский // Новые подходы к разработке технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции : материалы Международной науч.-практ. конференции, г. Волгоград, 6–7 июня 2018 г. / Волгоградский гос. техн. университет ; редкол.: И. Ф. Горлов [и др.] – Волгоград, 2018. – С. 355-359.
7. IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans. – URL: <https://monographs.iarc.who.int> (date of access: 04.03.2025).
8. Соляков, А. А. Влияние тепловой кулинарной обработки и способов подготовки полуфабрикатов на содержание гетероциклических ароматических аминов в жареных мясных кулинарных изделиях : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.08.16 / Соляков Алексей Александрович ; Рос. экон. академия им. Г.В. Плеханова. – М., 2001. – 44 с.
9. Факторы, влияющие на образование канцерогенов при высокотемпературной термической обработке мясной продукции / Д. А. Утьянов, А. В. Куликовский, Н. Л. Вострикова [и др.] // Всё о мясе. – 2020. – № 1. – С. 42–47.
10. Изделия колбасные вареные. Общие технические условия = Вырабы каўбасныя вараныя. Агульныя тэхнічныя ўмовы : СТБ 126-2016. – Взамен СТБ 126-2011 ; введ. 29.12.2016 – Мн. : Госстандарт: Бел. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2017. – 30 с.
11. О безопасности мяса и мясной продукции : ТР ТС 034/2013 : срок действия с 09.10.2013 (переиздание 10.07.2024) / Евразийская экономическая комиссия. – Мн. : Госстандарт : Бел. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2024. – 55 с.
12. О безопасности пищевой продукции : ТР ТС 021/2011 : срок действия с 09.12.2011 (переиздание 01.07.2013) / Евразийская экономическая комиссия. – Мн. : Госстандарт : Бел. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2013. – 196 с.
6. Utyanov, D. A. Faktory, vliyayushie na obrazovanie geterociklicheskih aromaticheskikh aminov v myasnoj produkcii [Factors influencing the formation of heterocyclic aromatic amines in meat products] / D. A. Utyanov, O. A. Kuznecova, A. V. Kulikovskij // Novye podhody k razrabotke tehnologij proizvodstva i pererabotki selskohozyajstvennoj produkcii : materialy Mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konferencii, g. Volgograd, 6–7 iyunya 2018 g. / Volgogradskij gos. tehn. universitet ; redkol.: I. F. Gorlov [i dr.] – Volgograd, 2018. – S. 355-359.
8. Solyakov, A. A. Vliyanie teplovoj kulinarnoj obrabotki i sposobov podgotovki polufabrikatov na sodержanie geterociklicheskih aromaticheskikh aminov v zharenyh myasnyh kulinarnyh izdeliyah [Effect of Heat Cooking and Methods of Preparation of Semi-Finished Products on the Content of Heterocyclic Aromatic Amines in Fried Meat Culinary Products] : avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk : 05.08.16 / Solyakov Aleksey Aleksandrovich ; Ros. ekon. akademiya im. G.V. Plehanova. – M., 2001. – 44 s.
9. Faktory, vliyayushie na obrazovanie kancerogenov pri vysokotemperaturnoj termicheskoj obrabotke myasnoj produkcii [Factors influencing the formation of carcinogens during high-temperature heat treatment of meat products] / D. A. Utyanov, A. V. Kulikovskij, N. L. Vostrikova [i dr.] // Vsyо o myase. – 2020. – № 1. – S. 42–47.
10. Izdeliya kolbasnye varenые. Obshie tehnicheckie usloviya = Vyraby kaўbasnyya varanyya. Agulnyya tehnicchnyya ўmovy [Cooked sausage products. General specifications] : STB 126-2016. – Vzamen STB 126-2011 ; vved. 29.12.2016 – Mn. : Gosstandart: Bel. gos. in-t standartizacii i sertifikacii, 2017. – 30 s.
11. O bezopasnosti myasa i myasnoj produkcii [On the safety of meat and meat products] : TR TS 034/2013 : srok dejstviya s 09.10.2013 (pereizdanie 10.07.2024) / Evrazijskaya ekonomicheskaya komissiya. – Mn. : Gosstandart : Bel. gos. in-t standartizacii i sertifikacii, 2024. – 55 s.
12. O bezopasnosti pishevoj produkcii [On food safety] : TR TS 021/2011 : srok dejstviya s 09.12.2011 (pereizdanie 01.07.2013) / Evrazijskaya ekonomicheskaya komissiya. – Mn. : Gosstandart : Bel. gos. in-t standartizacii i sertifikacii, 2013. – 196 s.

13. Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам», Гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов» : [утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 21 июня 2013 г. № 52 : вступ. в силу с изм. от 15 дек. 2017 г.]. – Мн. : Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Минск, 2017. – 522 с.

14. Об утверждении Гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности продовольственного сырья и пищевых продуктов» : [утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 25 янв. 2021 г. №37 : вступ. в силу с изм. от 5 марта 2021 г.]. – Мн. : Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Мн., 2021. – 1255 с.

13. Ob utverzhdenii Sanitarnykh norm i pravil «Trebovaniya k prodovolstvennomu syryu i pishevym produktam», Gigienicheskogo normativa «Pokazateli bezopasnosti i bezvrednosti dlya cheloveka prodovolstvennogo syrya i pishevykh produktov» [Approval of the Sanitary Norms and Rules "Requirements for Food Raw Materials and Food Products" and the Hygienic Standard "Indicators of Safety and Harmlessness for Humans of Food Raw Materials and Food Products"] : [utv. postanovleniem M-va zdavoohraneniya Resp. Belarus ot 21 iyunya 2013 g. № 52 : vstup. v silu s izm. ot 15 dek. 2017 g.]. – Mn. : Nac. pravovoj Internet-portal Resp. Belarus. – Minsk, 2017. – 522 s.

14. Ob utverzhdenii Gigienicheskogo normativa «Pokazateli bezopasnosti i bezvrednosti prodovolstvennogo syrya i pishevykh produktov» [On approval of the Hygienic Standard "Indicators of safety and harmlessness of food raw materials and food products"] : [utv. postanovleniem Soveta Ministrov Resp. Belarus ot 25 yanv. 2021 g. №37 : vstup. v silu s izm. ot 5 marta 2021 g.]. – Mn. : Nac. pravovoj Internet-portal Resp. Belarus. – Mn., 2021. – 1255 s.

*С.А. Гордынец, к.с.-х.н., Л.А. Чернявская, к.т.н., доцент, В.М. Напреенко,
М.М. Мистейко, к.в.н., доцент
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

ВЛИЯНИЕ МЕДЛЕННОГО И ШОКОВОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ХРАНЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ГОВЯДИНЫ ЖИЛОВАННОЙ

*S. Gordynets, L. Charniauskaya, V. Napreenko, M. Misteyko
Institute of Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

THE EFFECT OF SLOW AND SHOCK FREEZING AND LOW- TEMPERATURE STORAGE DURATION ON THE QUALITY OF BEEF

otmp210@yandex.by

В статье представлены результаты исследований влияния медленного и шокового замораживания и продолжительности низкотемпературного хранения на качество говядины жилованной с различным содержанием жировой и соединительной ткани. Проведен комплексный анализ технологических и структурно-механических свойств, пищевой ценности. Установлено, что шоковое замораживание является технологически обоснованным и эффективным способом обработки говядины жилованной, обеспечивающим комплексное сохранение ее качественных характеристик при длительном низкотемпературном хранении до 12 месяцев. Полученные данные позволяют рекомендовать применение шокового замораживания для максимального сохранения качества говядины жилованной при длительном низкотемпературном хранении.

This article presents the results of studies examining the quality of beef trimmed with varying elastic and connective tissue content using slow and shock freezing techniques and the durability of low-temperature storage. A comprehensive analysis of the technological and structural-mechanical properties of the food products is also conducted. It has been established that shock freezing is a technologically sound and effective method of processing trimmed beef, ensuring comprehensive preservation of its quality characteristics during long-term low-temperature storage for up to 12 months. The obtained data allow us to recommend the use of shock freezing for maximum preservation of the quality of trimmed beef during long-term low-temperature storage.

Ключевые слова: говядина жилованная, медленное и шоковое замораживание, низкотемпературное хранение, технологические свойства, структурно-механические свойства, пищевая ценность.

Key words: trimmed beef, slow and shock freezing, low-temperature storage, technological properties, structural and mechanical properties, nutritional value.

Введение. Говядина – это ценный источник белков, жиров, витаминов и минеральных веществ, обладающих высокой пищевой и биологической ценностью [1, 2]. Однако, как скоропортящийся продукт питания, она при естественных условиях хранения быстро портится в результате развития гнилостной микрофлоры и отрицательного воздействия тканевых ферментов [3]. Для того, чтобы предупредить порчу говядины, необходимо сразу же после убоя животных предпринять меры по сохранению ее высокого качества. Наиболее перспективным способом, позволяющим максимально сохранить пищевую ценность при длительном хранении, является холодильная обработка [4]. Наиболее эффективной и распространенной технологией длительного хранения является замораживание.

Замораживание представляет собой сложный физико-химический и структурно-клеточный процесс, определяющий превращение свободной и части

связанной влаги в кристаллическую фазу [5]. Данный процесс приводит не столько к замораживанию сырья, сколько к преобразованию его жидкой фазы [6]. Криоконцентрирование растворенных веществ в незамерзшей части мясного сока становится движущей силой для необратимых изменений в структуре и свойствах белков, липидов и других составляющих мышечного волокна. Начало кристаллизации происходит в диапазоне от минус 0,6 до минус 1,2°C. В связи с этим, ключевые характеристики готового продукта – технологические и потребительские свойства – напрямую зависят от кинетики процесса замораживания и исходного состояния сырья [7].

Процесс льдообразования в мясном сырье происходит в температурном диапазоне от минус 1 до минус 8°C. Именно в данном диапазоне скорость замораживания становится решающим фактором, определяющим морфологию кристаллической структуры [6–7].

Замораживание и хранение говядины на предприятиях Республики Беларусь осуществляется в соответствии с ТТИ ВУ 100098867.533 «Типовая технологическая инструкция по холодильной обработке и хранению продуктов убоя на предприятиях мясо- и птицеперерабатывающей промышленности», в которой предусмотрены следующие способы замораживания: медленное – при температуре минус 23°C; шоковое – при температуре минус 30°C [8]. Замораживание мяса считается законченным, когда температура его достигнет минус 8°C в любой точке измерения.

При медленном замораживании низкая скорость теплоотдачи способствует формированию небольшого количества кристаллов, преимущественно в межклеточном пространстве. Это создает устойчивый осмотический градиент, вызывающий диффузию внутриклеточной воды сквозь сарколемму к растущим кристаллам. Последующий рост крупных кристаллов льда, объем которых на 9–10 % превышает объем исходной воды, оказывает деформирующее и разрывающее механическое воздействие на клеточные мембраны. Дегидратированные миофибриллы при этом подвергаются повышенному осмотическому стрессу из-за возросшей концентрации ионов в незамерзшей фазе [7].

Напротив, шоковое замораживание, характеризующееся высокими скоростями теплоотдачи, вызывает одновременную и множественную нуклеацию по всему объему ткани – как в межклеточном пространстве, так и внутри мышечных волокон. В таких условиях диффузия влаги не успевает произойти, что приводит к образованию множества мелких кристаллов, равномерно распределенных в межклеточном пространстве. Такая кристаллическая структура минимизирует как механические повреждения структуры, так и степень осмотического разрушения белковых структур, что в итоге обеспечивает более высокую обратимость процесса после размораживания [7].

Ключевыми показателями, определяющими качество и технологическую направленность говядины, являются ее функционально-технологические (влагоудерживающая и влагосвязывающая способность, рН) и структурно-механические свойства (прочность, адгезия). Эти показатели напрямую зависят не только от способа замораживания, но и от морфологического состава сырья – содержания жировой и соединительной тканей, определяющих сорт, а также от продолжительности низкотемпературного хранения [8]. Комплексная оценка влияния этих трех факторов на качественные характеристики замороженной говядины позволит осуществить научно обоснованный выбор сырья для изготовления конкретных видов мясной продукции.

Таким образом, **целью исследований явилось** изучение влияния способа замораживания (медленного (М) и шокового (Ш)) и продолжительности низкотемпературного хранения на изменение технологических, структурно-

механических свойств и пищевой ценности говядины жилованной с различным содержанием жировой и соединительной ткани.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований выступала говядина жилованная с различным содержанием жировой и соединительной ткани, полученная из туш КРС 1 категории в возрасте 2-3-х лет – производитель филиал «Борисовский мясокомбинат» УП «Борисовский комбинат хлебопродуктов» ОАО «Минскоблхлебопродукт».

Предмет исследований – функционально-технологические показатели (рН, ВСС, ВУС); структурно-механические показатели (предельное напряжение сдвига, адгезионное напряжение); пищевая ценность (содержание белка, содержание жира, содержание общего фосфора, содержание минеральных веществ).

При выполнении НИР применялись стандартизированные физико-химические, реологические, спектроскопические и аналитические методы лабораторного анализа.

Результаты и их обсуждение. В ходе НИР были исследованы функционально-технологические (рН, ВСС, ВУС) и структурно-механические (ПНС, адгезионное напряжение) свойства говядины жилованной, которые систематизированы в таблице 1. Данные приводятся в разрезе двух исследуемых факторов: содержания жировой и соединительной ткани в сырье и продолжительность его низкотемпературного хранения.

Таблица 1 – Функционально-технологические и структурно-механические свойства говядины жилованной с различным содержанием жировой и соединительной ткани

Образцы говядины, продолжительность низкотемпературного хранения		Свойства									
		рН, ед.		ВСС, %		ВУС, %		ПНС, Па		адгезионное напряжение, Па	
		М	Ш	М	Ш	М	Ш	М	Ш	М	Ш
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
в/с	охлажд.	5,43		87,86		45,35		18,8		2,9	
	контроль	5,38	5,13	80,94	87,35	40,90	41,06	11,1	11,8	3,7	5,0
	1 мес.	5,27	5,33	87,64	85,17	40,90	39,91	12,0	5,9	3,6	3,2
	3 мес.	5,82	5,36	81,97	89,23	60,38	58,71	26,8	12,6	3,2	6,1
	6 мес.	5,87	5,52	70,72	79,58	44,77	47,78	77,2	40,7	3,2	3,4
	9 мес.	5,89	5,55	80,73	82,60	52,53	50,48	10,2	27,7	1,9	2,8
	12 мес.	5,93	5,79	81,67	83,66	43,67	45,61	11,7	15,8	3,0	3,7
1 с.	охлажд.	5,63		87,89		50,06		11,0		1,2	
	контроль	5,41	5,13	76,41	87,43	39,24	45,52	7,5	9,9	2,9	2,8
	1 мес.	5,30	5,37	85,98	79,27	35,52	40,27	4,1	2,2	1,8	1,0
	3 мес.	5,38	5,38	72,45	88,39	62,23	61,12	7,7	3,8	1,8	1,4
	6 мес.	5,58	6,10	70,25	81,83	49,74	43,18	60,5	44,4	1,8	1,8
	9 мес.	5,63	6,12	77,31	82,73	53,07	44,01	16,5	15,1	1,5	3,8
	12 мес.	5,75	6,29	79,77	83,79	43,47	47,45	15,5	15,8	4,3	5,0

Продолжение таблицы 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2 с.	охлажд.	5,49		77,27		52,49		27,6		2,2	
	контроль	5,32	5,12	77,73	79,89	40,87	46,81	6,5	11,7	1,0	2,6
	1 мес.	5,43	5,73	81,09	83,20	37,15	39,08	11,6	7,0	1,2	1,2
	3 мес.	5,22	5,50	71,80	94,97	49,66	47,27	5,5	12,8	1,2	2,8
	6 мес.	5,84	5,68	70,77	72,55	42,88	40,38	42,7	18,2	2,9	5,0
	9 мес.	5,95	5,77	84,74	77,94	51,33	43,94	30,8	15,0	1,9	1,6
	12 мес.	6,06	5,99	85,85	84,07	36,18	46,12	15,8	13,1	3,1	1,4
одн	охлажд.	5,70		86,30		48,78		10,8		1,6	
	контроль	5,94	6,18	85,67	85,90	35,65	45,59	4,2	6,8	0,9	2,2
	1 мес.	5,99	6,23	81,67	77,92	36,06	44,29	8,4	6,7	1,1	1,2
	3 мес.	6,28	6,34	71,68	89,99	51,64	62,59	10,6	13,3	1,1	2,8
	6 мес.	6,33	6,45	70,25	73,42	43,84	44,55	7,5	2,6	1,1	1,7
	9 мес.	6,35	6,46	77,12	81,10	45,24	51,56	34,6	12,5	1,4	1,7
	12 мес.	6,49	6,52	78,18	89,44	42,20	43,59	4,0	4,9	2,1	1,2

Источник данных: собственная разработка

Исследования *влагосвязывающей способности* показали, что значение ее зависит от сортности мяса. Наиболее высокие показатели отмечены в говядине охлажденной высшего сорта (87,86 %) и 1 сорта (87,89 %). Установлено, что для данных сортов мяса любой способ замораживания снижает влагосвязывающую способность мяса через 12 месяцев хранения. Наиболее выраженное падение характерно для медленного способа замораживания (на 7,0–9,4 %), что подтверждает факт разрушения волокон крупными кристаллами льда, потери белков с мясным соком при размораживании и денатурации в процессе хранения. Шоковое замораживание позволяет минимизировать потери функционально-технологических свойств, влагосвязывающая способность уменьшается на 4,7–5,0 %. Говядина 2 сорта имеет изначально самое низкое значение влагосвязывающей способности (77,27 %), что связано, возможно, с высоким содержанием соединительной ткани. Увеличение влагосвязывающей способности через 12 месяцев, вероятно, вызвано глубокими структурными разрушениями, приводящими к высвобождению фрагментов белков и увеличению площади контакта с водой. Высокое значение влагосвязывающей способности в говядине односортной после шокового замораживания и хранения в течении 12 месяцев связано с биохимическими особенностями сырья и высоким исходным уровнем рН.

Исследования *кисотно-щелочного баланса (рН)* позволили установить, что говядина высшего сорта, 1 сорта, 2 сорта после трех месяцев хранения является NOR-мясом, которое рекомендовано использовать для производства всех видов мясных продуктов, а говядина односортная (рН более 6,2 ед.) является DFD-мясом, которое рекомендовано использовать для эмульгированных колбасных изделий (изделий колбасных вареных) и мясных продуктов соленых с коротким сроком хранения.

Влагоудерживающая способность говядины при длительном хранении снижается, при этом увеличиваются потери после термической обработки и в результате мясо становится менее сочным.

Предельное напряжение сдвига говядины замороженной с последующим 12-месячным низкотемпературным хранением уменьшается, что свидетельствует о размягчении структуры мяса. Установленное повышение *адгезионного напряжения* в говядине 1 сорта и 2 сорта (при медленном замораживании) указывает на усиление связующей способности белков, что оптимально для производства изделий колбасных, прошедших термическую обработку. Снижение адгезионных свойств в говядине высшего сорта и 2 сорта (при шоковом замораживании) свидетельствует о сохранении пластичности белковой матрицы, что является преимуществом для использования его при производстве сырокопченых и сыровяленых продуктов.

Помимо технологических и структурно-механических свойств, важным для обоснования направления использования говядины замороженной является сохранение ее пищевой ценности в течение длительного низкотемпературного хранения. Определение содержания белков, жиров и минеральных веществ позволяет оценить не только пищевую ценность, но и функциональные свойства сырья, которые напрямую взаимодействуют с его технологическим назначением. Пищевая ценность говядины жилованной с различным содержанием жировой и соединительной ткани представлена в таблице 2 и таблице 3.

Таблица 2 – Пищевая ценность говядины жилованной с различным содержанием жировой и соединительной ткани

Образцы говядины, продолжительность низкотемпературного хранения		Массовая доля белка, %		Массовая доля жира, %		Содержание магния, мг/кг	
		М	Ш	М	Ш	М	Ш
1	2	3	4	5	6	7	8
в/с	контроль	24,02	23,24	3,1	2,7	173,44	172,51
	1 мес.	23,54	23,45	3,0	2,5	244,37	238,73
	3 мес.	23,00	23,70	2,2	1,5	280,45	296,26
	6 мес.	22,50	24,10	2,6	2,4	266,04	259,27
	9 мес.	23,50	22,51	2,5	5,5	237,11	226,39
	12 мес.	20,02	22,57	2,8	1,8	259,29	277,13
1 с.	контроль	21,65	21,78	4,7	4,7	170,44	166,04
	1 мес.	21,96	22,47	2,8	7,9	246,14	224,22
	3 мес.	21,90	23,10	4,6	6,6	282,18	285,80
	6 мес.	21,40	23,60	5,1	6,2	250,13	244,77
	9 мес.	23,50	22,14	3,6	8,3	224,78	205,33
	12 мес.	19,86	19,34	2,0	1,5	254,14	244,91
2 с.	контроль	20,97	20,56	11,4	12,1	166,25	167,08
	1 мес.	20,17	21,13	15,3	9,1	201,71	243,29
	3 мес.	21,20	21,80	4,6	6,6	254,33	255,96
	6 мес.	20,95	22,10	5,1	6,2	211,45	230,19
	9 мес.	20,70	22,48	3,6	8,3	224,72	218,41
	12 мес.	21,73	20,02	2,0	1,5	237,97	231,64
одн.	контроль	20,74	20,21	5,8	5,3	163,68	170,57
	1 мес.	21,38	20,92	4,0	3,0	221,99	203,32
	3 мес.	20,80	21,10	17,7	6,5	187,55	244,58
	6 мес.	20,50	21,50	11,3	10,9	211,15	270,19
	9 мес.	22,20	23,77	0,5	6,2	242,44	221,63
	12 мес.	21,47	22,83	3,6	0,8	220,22	189,10

Продолжение таблицы 2

Образцы говядины, продолжительность низкотемпературного хранения	Содержание калия, мг/кг		Содержание натрия, мг/кг		Содержание железа, мг/кг		Массовая доля общего фосфора, %		
	М	Ш	М	Ш	М	Ш	М	Ш	
в/с	контроль	4829,53	4835,45	1260,87	1258,20	108,48	109,48	0,232	0,224
	1 мес.	3481,67	3750,82	896,55	458,15	23,31	24,35	0,217	0,208
	3 мес.	3371,58	3374,67	431,64	427,90	17,23	16,46	0,276	0,232
	6 мес.	4098,60	4491,10	410,51	426,00	25,03	29,86	0,218	0,214
	9 мес.	2557,90	2233,10	579,61	582,42	28,97	13,15	0,242	0,241
	12 мес.	2282,60	2328,85	469,97	584,15	26,30	27,60	0,235	0,237
1 с.	контроль	4434,90	4464,59	1683,63	1464,70	101,20	103,56	0,246	0,239
	1 мес.	4573,19	3635,90	707,21	581,86	22,24	25,95	0,230	0,224
	3 мес.	3082,76	3247,16	518,54	522,51	13,51	17,68	0,279	0,222
	6 мес.	4794,45	4295,55	398,52	536,76	38,85	33,47	0,223	0,223
	9 мес.	2174,80	2050,65	668,18	723,58	15,87	16,61	0,237	0,229
	12 мес.	2181,35	2155,30	645,00	637,37	31,20	34,90	0,239	0,238
2 с.	контроль	4470,27	3876,23	1499,40	2060,83	103,77	131,33	0,253	0,225
	1 мес.	3221,18	3055,56	623,93	606,02	17,89	15,21	0,207	0,228
	3 мес.	2925,27	3028,05	730,95	536,13	17,14	14,57	0,242	0,237
	6 мес.	3040,85	3289,85	633,10	621,61	26,46	27,60	0,236	0,219
	9 мес.	2287,45	2277,25	696,82	702,35	117,19	18,46	0,244	0,233
	12 мес.	2168,10	2180,60	695,97	737,94	24,20	31,50	0,241	0,240
одн.	контроль	3905,82	5004,98	1458,46	1412,71	119,86	70,41	0,231	0,243
	1 мес.	3743,48	3688,02	603,83	672,63	25,38	29,77	0,215	0,232
	3 мес.	2124,63	2961,74	742,27	581,23	22,39	24,99	0,284	0,274
	6 мес.	2682,10	5249,85	786,60	631,68	43,23	52,48	0,221	0,246
	9 мес.	2550,65	2129,40	495,60	630,65	109,41	21,33	0,236	0,237
	12 мес.	2248,55	2003,35	533,97	929,64	26,40	35,10	0,237	0,236

Источник данных: собственная разработка

Проведенный комплексный анализ динамики ключевых нутриентов – белков, липидов и минерального состава в процессе длительного низкотемпературного хранения говядины жилованной доказывает, что выбор способа замораживания и продолжительность хранения являются факторами, определяющими пищевую ценность сырья и, как следствие, качество и себестоимость готовой продукции.

Сохранение белка, определяющего пищевую ценность мясного сырья, зависит от способа замораживания. Проведенные исследования подтверждают технологическое предпочтение шокового замораживания, позиционируя его в качестве оптимального способа замораживания, так как в первые шесть месяцев хранения оно обеспечивает отсутствие потерь белка. В то время как при медленном замораживании, наоборот, данный показатель снижается, особенно в говядине высшего сорта. Это влияет на пищевую ценность сырья, что имеет важное значение для продуктов диетического профилактического назначения, в том числе для питания детей.

Аналогичное преимущество шокового способа замораживания наблюдается и по содержанию липидов. Если на начальном этапе он обеспечивает стабильность, то при длительном хранении его главная роль – замедление процессов порчи. Данные свидетельствуют о последовательном гидролизе жиров к 12-му месяцу хранения, однако интенсивность этих процессов при шоковом замораживании ниже. Исследования жирнокислотного состава показали, что мононенасыщенные жирные кислоты сохраняют устойчивый состав в то время, как полиненасыщенные жирные кислоты характеризуются нестабильностью. Их кратковременное увеличение с последующим резким спадом к 9-му месяцу служит четким биохимическим маркером окислительных изменений, которые шоковый способ замораживания также эффективно сдерживает. Таким образом, шоковое замораживание позволяет не только сохранить пищевую ценность, но и защитить липиды от прогоркания, напрямую влияющего на органолептические свойства и показатели безопасности.

Наибольшие изменения происходят в минеральном составе мышечной ткани. Динамика содержания макроэлементов – калия и натрия – характеризуется выраженной цикличностью, с чередованием фаз их интенсивного вымывания и последующего концентрирования в мышечной ткани, что свидетельствует о сложных процессах ионного обмена, разрушении клеточных мембран и перераспределении влаги. Эти изменения согласуются с изменениями влагоудерживающей способности и потерями мясного сока.

В процессе низкотемпературного хранения, особенно в первый месяц, значительно снижается содержание железа, что связано с нестабильностью цвета и свидетельствует об окислении железосодержащих белков, в первую очередь миоглобина.

Содержание магния в процессе хранения увеличивается в следствии концентрирования сухих веществ при потере мясного сока.

Массовая доля общего фосфора в говядине наиболее выражено изменяется в первые 6 месяцев хранения. Шоковое замораживание обеспечивает более стабильные значения показателя на всех этапах хранения. К 12 месяцам низкотемпературного хранения содержание фосфора стабилизируется, достигая биохимического равновесия, что подтверждает преимущество шокового способа для сохранения фосфорсодержащих компонентов при длительном хранении.

Таким образом, анализ данных показал, что важным технологическим периодом является срок хранения 6 месяцев. Для шокового замораживания указанный срок обеспечивает максимальную сохранность как функциональных свойств, так и пищевой ценности, что очень важно для дорогостоящих продуктов (стейков, ветчины премиум-класса, продуктов детского питания). После этого периода происходит окисление липидов, перераспределение минеральных веществ и, для некоторых сортов, риск развития DFD-состояния. При этом сырье переходит в категорию, оптимальную для переработки в эмульгированные и измельченные продукты (изделия колбасные вареные и паштеты), где приведенные выше изменения могут быть оптимизированы рецептурой.

Сырье шокового способа замораживания, особенно высшего и первого сортов со сроком хранения до 6 месяцев целесообразно использовать для производства продукции с высокой добавленной стоимостью. Сырье медленного способа замораживания и/или с длительными сроками низкотемпературного хранения направляется в экономичные линейки, что сопровождается корректировкой рецептур (введение антиоксидантов, стабилизаторов цвета, обогащение минеральными комплексами) и строгим нормированием технологических потерь.

С целью рационального использования сырья и обеспечения стабильного качества готовой продукции, на основе полученных данных о динамике изменения свойств говядины при длительном низкотемпературном хранении были разработаны практические рекомендации. Они устанавливают рациональные направления использования говядины в зависимости от способов замораживания, сорта и продолжительности низкотемпературного хранения. Данная систематизация представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Направления рационального использования говядины жилованной в зависимости от сорта, способа замораживания и продолжительности низкотемпературного хранения

Образцы говядины, продолжительность низкотемпературного хранения		Направления использования
1		2
в/с	контроль	Говядина (М) и (Ш): полуфабрикаты мясные натуральные кусковые, цельномышечные копчено-вареные продукты, изделия сырокопченые и сыровяленые.
	1 мес.	
	3 мес.	Говядина (М): изделия колбасные полукопченые, изделия колбасные вареные (сосиски и сардельки). Говядина (Ш): ветчинные изделия, полуфабрикаты мясные рубленые, изделия колбасные сырокопченые и сыровяленые.
	6 мес.	Говядина (М) – изделия колбасные вареные с использованием фосфатов, реструктурированные продукты, ливерные колбасы и паштеты. Говядина (Ш): изделия колбасные полукопченые, изделия колбасные вареные, полуфабрикаты мясные рубленые.
	9 мес.	Говядина (М) – использование в продуктах, не требующих сохранения плотной консистенции: фарши для пельменей, хинкали с добавлением сочного шпика, паштеты. Говядина (Ш) – изделия колбасные варено-копченые и вареные, мясные консервы, полуфабрикаты в тесте (чебуреки, беляши).
	12 мес.	
1 с.	контроль	Говядина (М): полуфабрикаты мясные рубленые, фарш для пельменей и блинчиков, варено-копченые колбасы 1 сорта и бессортные. Говядина (Ш): полуфабрикаты мясные рубленые, ветчинные изделия, изделия колбасные полукопченые, изделия сырокопченые и сыровяленые.
	1 мес.	
	3 мес.	Говядина (М): изделия колбасные вареные. Говядина (Ш): изделия колбасные полукопченые, изделия колбасные варено-копченые, изделия колбасные вареные (сосиски и сардельки высшего сорта), полуфабрикаты мясные натуральные мелкокусковые для тушения (азу, бефстроганов).
	6 мес.	Говядина (М): изделия колбасные вареные, ливерные изделия колбасные, паштеты. Говядина (Ш): изделия колбасные вареные.
	9 мес.	Говядина (М): изделия колбасные варено-копченые и вареные, мясные консервы, полуфабрикаты в тесте (чебуреки беляши). Говядина (Ш): изделия колбасные вареные.
	12 мес.	
2 с.	контроль	Говядина (М): полуфабрикаты мясные рубленые. Говядина (Ш): изделия колбасные вареные.
	1 мес.	Говядина (М): изделия колбасные вареные, ливерные изделия колбасные, кулинарные полуфабрикаты (фарш для начинки блинчиков). Говядина (Ш): ливерные изделия колбасные, кулинарные полуфабрикаты (фарш для начинки блинчиков).
	3 мес.	Говядина (М): изделия колбасные вареные, студни, заливные изделия, фарш для пельменей. Говядина (Ш): изделия колбасные вареные, реструктурированные продукты.

Продолжение таблицы 3

1		2
2 с.	6 мес.	Говядина (М): паштеты, ливерные изделия колбасные. Говядина (Ш): полуфабрикаты мясные рубленые, консервы мясные рубленые.
	9 мес.	Говядина (М): студни, заливные изделия.
	12 мес.	Говядина (Ш): изделия колбасные варено-копченые и вареные.
одн.	контроль	Говядина (М): изделия колбасные вареные, мясные бульоны. Говядина (Ш): изделия колбасные вареные, полуфабрикаты мясные рубленые.
	1 мес.	Говядина (М) и (Ш): изделия колбасные вареные, фарши.
	3 мес.	Говядина (М) и (Ш): изделия колбасные варено-копченые и вареные.
	6 мес.	Говядина (М): студни, зельцы, ливерные колбасные изделия. Говядина (Ш): кулинарные полуфабрикаты (фарш для начинки блинчиков), кулинарные пироги.
	9 мес.	Говядина (М): паштеты, студни.
	12 мес.	Говядина (Ш): изделия колбасные вареные, консервы мясорастительные.

Источник данных: собственная разработка

В результате проведенных исследований установлены рациональные направления использования говядины замороженной в зависимости от сорта говядины, способа замораживания и продолжительности низкотемпературного хранения.

Полученные данные свидетельствуют о том, что шоковое замораживание (Ш) в целом способствует сохранению более широкого спектра функциональных свойств сырья, позволяя использовать его для продукции, требующей сохранения структурной целостности (полуфабрикаты, цельномышечные и изделия колбасные полукопченые) даже после длительных сроков хранения. Медленное замораживание (М) закономерно сужает технологические возможности мяса по мере увеличения срока хранения, последовательно ограничивая его применение областями, где необходима интенсивная механическая и термическая обработка или не требуется сохранение плотной консистенции (фарши, паштеты, ливерные изделия и изделия колбасные вареные). Установленные рациональные направления использования говядины являются практическим инструментом для технологически обоснованного использования сырья в мясной промышленности.

Выводы. На основе комплексного анализа функционально-технологических, структурно-механических свойств и пищевой ценности установлено, что оптимальное технологическое назначение говядины замороженной зависит от способа замораживания и продолжительности хранения. Шоковое замораживание является технологически предпочтительным, так как обеспечивает отсутствие потерь белка и минимальные потери липидов в первые 6 месяцев, замедляет окислительную порчу и лучше сохраняет структурную целостность белковой матрицы, при этом 12 месяцев низкотемпературного хранения обеспечивает комплексное сохранение ее качественных характеристик. Сырье, замороженное данным способом, пригодно для производства премиальной продукции (полуфабрикатов мясных кусковых натуральных, цельномышечных продуктов, сыровяленых и сырокопченых изделий).

Медленное замораживание говядины вызывает значительные структурные изменения в мышечной ткани, что проявляется в усилении адгезионных свойств миофибриллярных белков при одновременном снижении их влагоудерживающей способности и потере сочности. Данные физико-химические изменения ограничивают возможность применения такого сырья в производстве цельномышечных продуктов без дополнительной технологической обработки. В то же время, указанные изменения

делают его технологически целесообразным для использования в потоках, связанных с измельчением, термической обработкой и производством реструктурированных продуктов, полуфабрикатов мясных рубленых, изделий колбасных вареных и паштетов. На основании результатов исследований определены рациональные направления использования замороженной говядины, которые позволяют дифференцировать сырье по технологическому назначению в зависимости от способа замораживания и срока хранения, обеспечивая тем самым выпуск широкого ассортимента мясной продукции с гарантированно стабильными функциональными и органолептическими свойствами.

Список использованных источников

1. Теория и практика переработки мяса / А. Б. Лисицын, Н. Н. Липатов, Л. С. Кудряшов [и др.] ; под общ. ред. А. Б. Лисицына. – М. : ВНИИМП, 2004. – 378 с.
1. Teoriya i praktika pererabotki myasa [Theory and practice of meat processing] / A. B. Lisitsyn, N. N. Lipatov, L. S. Kudryashov [i dr.] ; pod obsh. red. A. B. Lisicyna. – M. : VNIIMP, 2004. – 378 s.
2. Зеленков, П. И. Технология производства, хранения и переработки говядины / П. И. Зеленков, А. В. Плахов, А. П. Зеленков. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. – 352 с.
2. Zelenkov, P. I. Tekhnologiya proizvodstva, khraneniya i pererabotki govядины [Technology of production, storage and processing of beef] / P. I. Zelenkov, A. V. Plahov, A. P. Zelenkov. – Rostov-na-Donu : Feniks, 2002. – 352 s.
3. Куцакова, В. Е. Холодильная технология пищевых продуктов. Часть 3. Биохимические и физико-химические способы : учеб. пособие : в 3 ч. / В. Е. Куцакова ; под общ. ред. В. Е. Куцаковой. – СПб. : ГИОРД, 2011. – Ч. 3. – 272 с.
3. Kutsakova, V. Ye. Kholodil'naya tekhnologiya pishchevykh produktov. Chast' 3. Biokhimicheskiye i fiziko-khimicheskiye sposoby [Refrigeration technology of food products. Part 3. Biochemical and physicochemical methods] : ucheb. posobie : v 3 ch. / V. E. Kucakova ; pod obsh. red. V. E. Kucakovoj. – SPb. : GIORD, 2011. – Ch. 3. – 272 s.
4. Быков, А. В. Современные методы холодильной обработки мяса и их влияние на качество / А. В. Быков // Мясная индустрия. – 2019. – № 5. – С. 32–36.
4. Bykov, A. V. Sovremennyye metody kholodil'noy obrabotki myasa i ikh vliyaniye na kachestvo [Modern methods of refrigeration processing of meat and their impact on quality] / A. V. Bykov // Myasnaya industriya. – 2019. – № 5. – S. 32–36.
5. Кудряшов, Л. С. Технология замороженных пищевых продуктов : учеб. пособие / Л. С. Кудряшов. – СПб.: ГИОРД, 2017. – 480 с.
5. Kudryashov, L. S. Tekhnologiya zamorozhennykh pishchevykh produktov [Technology of frozen food products] : ucheb. posobie / L. S. Kudryashov. – SPb.: GIORD, 2017. – 480 s.
6. Берзиньш, Д. В. Влияние скорости замораживания на кристаллообразование и ультраструктуру мышечной ткани мяса / Д. В. Берзиньш, С. И. Трофимов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2020. – № 4. – С. 45–52.
6. Berzin'sh, D. V. Vliyaniye skorosti zamorazhivaniya na kristalloobrazovaniye i ul'trastrukturu myshechnoy tkani myasa [Effect of freezing rate on crystal formation and ultrastructure of meat muscle tissue] / D. V. Berzin'sh, S. I. Trofimov // Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya. – 2020. – № 4. – S. 45–52.

7. Хайкин, С. И. Микробиологические аспекты замораживания пищевых продуктов животного происхождения / С. И. Хайкин // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2019. – № 7. – С. 18–25.

8. Типовая технологическая инструкция по холодильной обработке и хранению продуктов убоа на предприятиях мясо– и птицеперерабатывающей промышленности : ТТИ ВУ 100098867.533-2020. – Введ. 20.04.2020. – Мн. : РУП «Институт мясо-молочной промышленности», 2020. – 94 с.

7. Khaykin, S. I. Mikrobiologicheskiye aspekty zamorazhivaniya pishchevykh produktov zhivotnogo proiskhozhdeniya [Microbiological aspects of freezing food products of animal origin] / S. I. Khaykin // Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya. – 2019. – № 7. – S. 18–25.

8. Tipovaya tekhnologicheskaya instrukciya po holodil'noj obrabotke i hraneniyu produktov uboaya na predpriyatiyah myaso– i pticepererabatyvayushchej promyshlennosti [Standard technological instruction for refrigeration treatment and storage of slaughter products at meat and poultry processing enterprises] : ТТИ ВУ 100098867.533-2020. – Введ. 20.04.2020. – Мн. : РУП «Институт мясо-молочной промышленности», 2020. – 94 с.

*И.В. Калтович, к.т.н., доцент, И.О. Головач
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

РАЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОНСЕРВИРОВАНИЯ ПОБОЧНОГО СЫРЬЯ КОЖЕВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КОРМОВЫХ ДОБАВОК И КОРМОВ ДЛЯ ЖИВОТНЫХ

*I. Kaltovich, I. Halavach
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

RATIONAL PARAMETERS OF PRESERVATION OF BY-PRODUCTS OF LEATHER PRODUCTION FOR USE IN PRODUCTION OF FODDER ADDITIVES AND ANIMAL FEED

e-mail: irina_kaltovich@inbox.ru

В статье представлены результаты исследований по определению рациональных технологических параметров консервирования побочного сырья кожевенного производства для использования при изготовлении кормовых добавок и кормов для животных. Определено, что применение антиоксиданта кормового «Алниредокс жидкий», в количестве 0,5 и 0,25 г на 1 кг, перемешивание сырья в смесителе с данным антиоксидантом в течение 4 и 3 минут ($\omega=500$ об/мин) соответственно с последующей сушкой при $t=180^{\circ}\text{C}$ в течение 0,5 часа на I технологическом этапе, $t=150^{\circ}\text{C}$ в течение 2,5 часа – на II технологическом этапе, $t=110^{\circ}\text{C}$ в течение 2 часов – на III технологическом этапе (для мездры), $t=180^{\circ}\text{C}$ в течение 0,5 часа на I технологическом этапе, $t=150^{\circ}\text{C}$ в течение 2 часов – на II технологическом этапе, $t=110^{\circ}\text{C}$ в течение 2 часов – на III технологическом этапе (для шквары) позволяет обеспечить более низкие значения кислотного и перекисного чисел продукции из данного побочного сырья кожевенной отрасли (до 7,2 мг KOH/г и 0,05 % J₂), в т.ч. после 1 месяца хранения ($t=2\pm 2^{\circ}\text{C}$) (до 6,7 мг KOH/г и 0,02 % J₂ соответственно) по сравнению с образцами без использования данного консервирующего вещества.

Ключевые слова: мездра, шквара, продукция из мездры и шквары, консервирование, антиоксидант, дозировки использования, рациональные технологические параметры, показатели безопасности.

The article presents the results of research to determine the rational technological parameters of preserving by-products of leather production for use in the manufacture of feed additives and animal feed. It was determined that the use of the feed antioxidant "Alniredox liquid", in amounts of 0.5 and 0.25 g per 1 kg, mixing of raw materials in a mixer with this antioxidant for 4 and 3 minutes ($\omega=500$ rpm), respectively, followed by drying at $t=180^{\circ}\text{C}$ for 0.5 hours at technological stage I, $t=150^{\circ}\text{C}$ for 2.5 hours at technological stage II, $t=110^{\circ}\text{C}$ for 2 hours at technological stage III (for fleshing), $t=180^{\circ}\text{C}$ for 0.5 hours at technological stage I, $t=150^{\circ}\text{C}$ for 2 hours at technological stage II, $t=110^{\circ}\text{C}$ for 2 hours – at the III technological stage (for flakes) allows for lower values of acid and peroxide numbers of products from this by-product of the leather industry (up to 7.2 mg KOH/g and 0.05 % J₂), including after 1 month of storage ($t=2\pm 2^{\circ}\text{C}$) (up to 6.7 mg KOH/g and 0.02% J₂, respectively) compared to samples without the use of this preservative.

Key words: mezdra, flakes, products from mezdra and flakes, canning, antioxidant, dosages of use, rational technological parameters, safety indicators.

Введение. Кожевенная промышленность относится к материалоемким отраслям, в которых стоимость сырья составляет свыше 70% себестоимости готовой продукции, поэтому рациональное использование сырьевых ресурсов имеет особое значение. Кроме того, при переработке кожевенного сырья образуется значительное количество техногенных отходов, одними из которых являются мездра и шквара.

Такие отходы представляют угрозу для экологической обстановки, что требует разработки методов их рациональной переработки и использования [1–4].

Комплексная переработка побочного сырья кожевенного производства позволит повысить объемы использования вторичного белкового сырья, значительно снизить отходы предприятий, улучшить экологическое состояние территорий (почв и вод) и расширить ассортимент кормовой продукции [5–8].

Одним из перспективных направлений рационального применения мездры и шквары является их переработка на кормовую продукцию [8, 9]. Для обеспечения длительной хранимоспособности кормовых добавок и кормов для животных, изготовленных на основе побочного сырья кожевенной отрасли, достаточно актуальным вопросом является определение рациональных технологических параметров их консервирования.

Цель исследований – определение рациональных технологических параметров консервирования мездры и шквары для использования при изготовлении кормовых добавок и кормов для животных.

Материалы и методы исследований.

Объекты исследований – мездра и шквара, подвергнутые консервированию при различных технологических параметрах, а также продукция из мездры и шквары.

Методы исследований – стандартные методы исследований показателей качества и безопасности сырья и продукции.

Результаты и их обсуждение. Установлены рациональные технологические параметры консервирования мездры и шквары для использования при производстве кормовых добавок и кормов для животных. Изготовлены экспериментальные образцы продукции из мездры и шквары, подвергнутых консервированию (рисунок 1).



Рисунок 1 – Продукция из мездры и шквары, подвергнутых консервированию
Источник данных: собственная разработка.

Для консервирования мездры и шквары подобран антиоксидант кормовой «Алниредокс жидкий», содержащий бутилгидроксианизол (7,5–12,5 %) и бутилгидрокситолуол (7,5–12,5 %). Экспериментальным путем определены оптимальные дозировки использования антиоксиданта для консервирования побочного сырья кожевенного производства с учетом содержания в нем жира (7,2 % в мездре и 1 % в шкваре) – 0,5 и 0,25 г на 1 кг соответственно.

С целью установления рациональной продолжительности перемешивания побочного сырья кожевенной отрасли с антиоксидантом изучали динамику функционально-технологических показателей мездры и шквары, перемешанной в смесителе ($\omega=500$ об/мин) с данным консервирующим веществом в течение 2–6 минут.

Установлено, что при перемешивании мездры в смесителе ($\omega=500$ об/мин) с антиоксидантом кормовым «Алниредокс жидкий» в течение 2–4 минут влагосвязывающая способность данного сырья составляет 50,1–50,2 %, в то время как дальнейшее увеличение продолжительности перемешивания приводит к снижению значений данного функционально-технологического показателя до 49,5 % (5 минут) и 48,7 % (6 минут), что свидетельствует о чрезмерной продолжительности технологического процесса (рисунок 2).

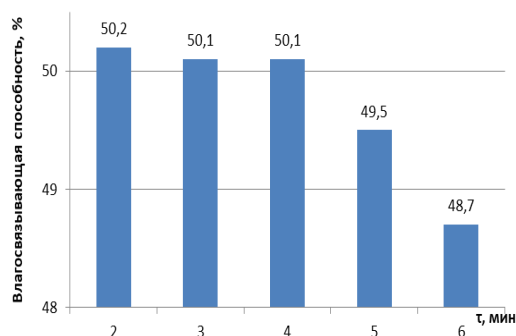


Рисунок 2 – Влагосвязывающая способность мездры при перемешивании с антиоксидантом в смесителе при различной продолжительности процесса
 Источник данных: собственная разработка.

Изучение динамики влагосвязывающей способности шквары при перемешивании в смесителе с антиоксидантом кормовым «Алниредокс жидкий» позволило выявить, что смешивание в течение 4–6 минут оказывает отрицательное влияние на влагосвязывающую способность побочного сырья кожевенной отрасли, о чем свидетельствует снижение данного показателя до 99,1 %, что окажет отрицательное влияние на качественные показатели продукции из шквары (рисунок 3). В то же время экспериментальные образцы шквары, перемешанные с данным антиоксидантом в течение 2–3 минут, характеризовались оптимальной влагосвязывающей способностью (100 %).

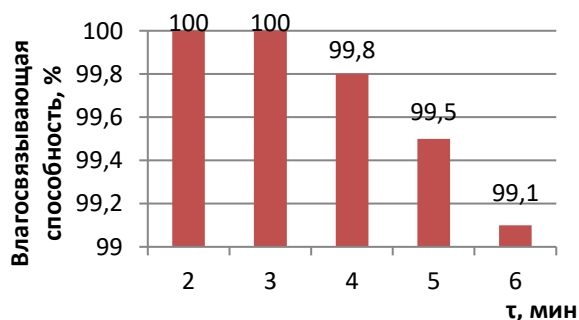


Рисунок 3 – Влагосвязывающая способность шквары при перемешивании с антиоксидантом в смесителе при различной продолжительности процесса
 Источник данных: собственная разработка.

Таким образом, на основании проведенных исследований определена рациональная продолжительность перемешивания мездры и шквары с консервирующим веществом, позволяющая обеспечить улучшенные показатели качества готовой кормовой продукции – 4 и 3 минуты ($\omega=500$ об/мин) соответственно.

Определено, что использование антиоксиданта «Алниредокс жидкий» при изготовлении кормовой продукции из мездры и шквары позволяет обеспечить более низкие значения кислотного числа готовой продукции (таблица 1). Так, при изготовлении продукции из мездры без использования консерванта кислотное число кормовой продукции составляет 14,8 мг КОН/г, в то время как при использовании консерванта – 12,5 мг КОН/г. В то же время в экспериментальных образцах без использования консерванта наблюдается увеличение значения кислотного числа после 1 месяца хранения ($t=2\pm 2^\circ\text{C}$) до 15,1 мг КОН/г, а в продукции, изготовленной с использованием консерванта, кислотное число снижается до 6,7 мг КОН/г.

При изучении кислотного числа экспериментальных образцов продукции из шквары установлено, что значение данного показателя для образцов без консерванта

составляет 16,6 мг КОН/г и снижается в течение 1 месяца хранения до 14,9 мг КОН/г, в то время как для образцов с использованием консерванта находится на уровне 7,2 мг КОН/г (непосредственно после изготовления) и 6,1 мг КОН/г (после 1 месяца хранения).

Выявлено, что применение консерванта при изготовлении кормовой продукции из мездры позволяет снизить значение перекисного числа экспериментальных образцов после 1 месяца хранения на 0,04 % J₂ (с 0,09 до 0,05 % J₂), в то время как в образцах без использования консерванта значение данного показателя уменьшается на 0,02 % J₂ (с 0,06 до 0,04 % J₂). Вместе с тем, экспериментальные образцы продукции из шквары, изготовленные с использованием консерванта, характеризовались более низким значением перекисного числа (0,05 % J₂) по сравнению с образцами без использования консерванта (0,08 % J₂) (таблица 1).

Определено, что по микробиологическим показателям (общее микробное число, сальмонеллы в 25,0 г, анаэробы в 1,0 г, энтерококки в 1,0 г, бактерии рода *Proteus* в 1,0 г) изготовленные экспериментальные образцы продукции из мездры и шквары соответствуют требованиям Ветеринарно-санитарных правил обеспечения безопасности в ветеринарно-санитарном отношении кормов и кормовых добавок, утвержденных Постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 10.02.2011 г. №10 [10] (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели безопасности продукции из мездры и шквары

Показатель	Нормируемое значение [10]	Фактическое значение							
		Продукция из мездры				Продукция из шквары			
		с антиоксидантом		без антиоксиданта		с антиоксидантом		без антиоксиданта	
Кислотное число, мг КОН/г	Не более 30,0	12,5	6,7	14,8	15,1	7,2	6,1	16,6	14,9
Перекисное число, % J ₂	Не более 0,3	0,09	0,05	0,06	0,04	0,05	0,02	0,08	0,05
Наличие патогенных микроорганизмов									
патогенные, в т.ч. сальмонеллы в 25,0 г	Не допускаются	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
анаэробы в 1,0 г	Не допускаются	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
энтерококки в 1,0 г	Не допускаются	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
бактерии рода <i>Proteus</i> в 1,0 г	Не допускаются	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено

Источник данных: собственная разработка.

Таким образом, использование антиоксиданта при изготовлении кормовой продукции из мездры и шквары позволяет обеспечить более низкие значения кислотного и перекисного чисел (до 7,2 мг КОН/г и 0,05 % J₂), в т.ч. после 1 месяца хранения продукции (t=2±2°C) (до 6,7 мг КОН/г и 0,02 % J₂ соответственно), а также ее соответствие по микробиологическим показателям требованиям нормативно-законодательной документации. На основании проведенных исследований разработаны технологические схемы изготовления продукции из мездры и шквары, подвергнутых консервированию (рисунок 4 и 5).

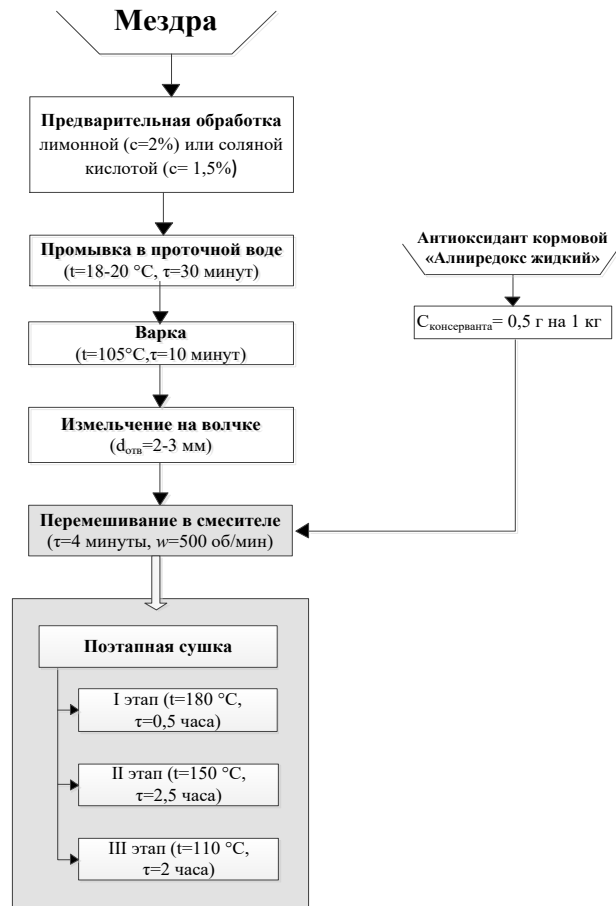


Рисунок 4 – Технологическая схема изготовления продукции из мездры, подвергнутой консервированию
 Источник данных: собственная разработка



Рисунок 5 – Технологическая схема изготовления продукции из шквары, подвергнутой консервированию
 Источник данных: собственная разработка.

Выводы. Таким образом, на основании проведенных исследований установлены рациональные технологические параметры консервирования мездры и шквары, включающие использование антиоксиданта кормового «Алниредокс жидкий», содержащего бутилгидроксианизол (7,5–12,5 %) и бутилгидрокситолуол (7,5–12,5 %), в количестве 0,5 и 0,25 г на 1 кг, перемешивание сырья в смесителе с данным антиоксидантом в течение 4 и 3 минут ($\omega=500$ об/мин) соответственно с последующей сушкой при $t=180^{\circ}\text{C}$ в течение 0,5 часа на I технологическом этапе, $t=150^{\circ}\text{C}$ в течение 2,5 часа – на II технологическом этапе, $t=110^{\circ}\text{C}$ в течение 2 часов – на III технологическом этапе (для мездры), $t=180^{\circ}\text{C}$ в течение 0,5 часа на I технологическом этапе, $t=150^{\circ}\text{C}$ в течение 2 часов – на II технологическом этапе, $t=110^{\circ}\text{C}$ в течение 2 часов – на III технологическом этапе (для шквары).

Определено, что использование антиоксиданта для консервирования мездры и шквары позволяет обеспечить более низкие значения кислотного и перекисного чисел продукции из данного побочного сырья кожевенной отрасли (до 7,2 мг КОН/г и 0,05 % J_2), в т.ч. после 1 месяца хранения ($t=2\pm 2^{\circ}\text{C}$) (до 6,7 мг КОН/г и 0,02 % J_2 соответственно) по сравнению с образцами без использования данного консервирующего вещества.

Установлено, что по микробиологическим показателям (общее микробное число, сальмонеллы в 25,0 г, анаэробы в 1,0 г, энтерококки в 1,0 г, бактерии рода *Proteus* в 1,0 г) продукция из мездры и шквары, изготовленная с использованием антиоксиданта, соответствует требованиям действующей нормативно-законодательной документации.

Список использованных источников

1. Богданова, И. Е. Современные направления переработки коллагенсодержащих отходов кожевенного производства / И. Е. Богданова // Кожевенно-обувная промышленность. – 2007. – № 2. – С. 30–31.
2. Файвишевский, М. Л. Рациональное использование вторичных сырьевых ресурсов мясной промышленности и экологические проблемы отрасли / М. Л. Файвишевский // Практические и теоретические аспекты комплексной переработки продовольственного сырья и создания конкурентоспособных продуктов питания – основа обеспечения импортозамещения и продовольственной безопасности России : материалы 19-ой Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти Василия Матвеевича Горбатова, г. Москва, 8–9 дек. 2016 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т мяс. пром ; редкол.: А. Б. Лисицын [и др.] – М., 2016. – С. 314–317.
3. Прокофьева, А. А. Белковые отходы как альтернативные источники белка в рационе / А. А. Прокофьева, А. В. Быков, О. В. Кван // Животноводство и кормопроизводство. – 2023. – Т. 106, № 2. – С. 112–126.
1. Bogdanova, I. E. Sovremennye napravleniya pererabotki kollagensoderzhashih othodov kozhevennogo proizvodstva [Modern trends in processing collagen-containing waste from leather production] / I. E. Bogdanova // Kozhevenno-obuvnaya promyshlennost. – 2007. – № 2. – S. 30–31.
2. Fajvishevskij, M. L. Racionalnoe ispolzovanie vtovichnyh syrevykh resursov myasnoj promyshlennosti i ekologicheskie problemy otrasli [Rational use of secondary raw materials in the meat industry and environmental problems of the industry] / M. L. Fajvishevskij // Prakticheskie i teoreticheskie aspekty kompleksnoj pererabotki prodovolstvennogo syrya i sozdaniya konkurentosposobnyh produktov pitaniya – osnova obespecheniya importozamesheniya i prodovolstvennoj bezopasnosti Rossii : materialy 19-oj Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyash. pamyati Vasiliya Matveevicha Gorbatova, g. Moskva, 8–9 dek. 2016 g. / Vseros. nauch.-issled. in-t myas. prom ; redkol.: A. B. Lisicyn [i dr.] – M., 2016. – S. 314–317.
3. Prokofeva, A. A. Belkovye othody kak alternativnye istochniki belka v racione [Protein waste as alternative sources of protein in the diet] / A. A. Prokofeva, A. V. Bykov, O. V. Kvan // Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo. – 2023. – T. 106, № 2. – S. 112–126.

4. Афанасьева, Н. А. Использование вторичных сырьевых ресурсов в производстве корма для взрослых кошек / Н. А. Афанасьева, Л. А. Надточий // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. – 2014. – № 6–1. – С. 144–146.
5. Паркалов, И. В. Биоотходы – ценное кормовое сырьё в звероводстве / И. В. Паркалов, М. В. Навныко // Кролиководство и звероводство. – 2019. – № 1. – С. 27–31.
6. Файвишевский, М. Л. Переработка непищевых отходов мясоперерабатывающих предприятий / М. Л. Файвишевский. – СПб. : ГИОРД, 2000. – 256 с.
7. Переработка отходов мясной промышленности в сухой корм для домашних животных / Л. А. Соколовская, В. С. Ветров, И. А. Коваленко [и др.] // Энергосберегающие технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 12–13 июня 2008 г., г. Минск : в 2 ч. / Бел. гос. аграрный техн. ун-т ; редкол.: Н. В. Казаровец [и др.] – Мн., 2008. – Ч. 2. – С. 227–232.
8. Кравченя, Г. Н. Направления и возможности переработки отходов кожевенного производства / Г. Н. Кравченя, Е. И. Кордикова, А. В. Спиглазов // Труды БГТУ. Серия 2, Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2017. – № 2. – С. 220–226.
9. Левин, А. И. Определение безвредности отходов кожевенного производства для кормления животных / А. И. Левин, В. С. Касаткин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2006. – Т. 4. – № 12–1. – С. 29–31.
10. Об утверждении Ветеринарно-санитарных правил обеспечения безопасности кормов, кормовых добавок и сырья для производства комбикормов : [утв. постановлением М-ва сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь от 10 фев. 2011 г. № 10 : вступ. в силу с изм. от 16 сент. 2014 г.]. – Мн. : Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Мн., 2014. – 38 с.
4. Afanaseva, N. A. Ispolzovanie vtorichnyh syrevykh resursov v proizvodstve korma dlya vzroslykh koshek [Using recycled materials in the production of food for adult cats] / N. A. Afanaseva, L. A. Nadtochij // Teoreticheskie i prikladnye aspekty sovremennoj nauki. – 2014. – № 6–1. – S. 144–146.
5. Parkalov, I. V. Bioothody – cennoe kormovoe syryo v zverovodstve [Biowaste is a valuable feed raw material in animal husbandry] / I. V. Parkalov, M. V. Navnyko // Krolikovodstvo i zverovodstvo. – 2019. – № 1. – S. 27–31.
6. Fajvishevskij, M. L. Pererabotka nepishevyyh othodov myasopererabatyvayushih predpriyatij / M. L. Fajvishevskij. – SPb. : GIORD, 2000. – 256 s.
7. Pererabotka othodov myasnoj promyshlennosti v suhoj korm dlya domashnih zhivotnyh [Recycling of non-food waste from meat processing plants] / L. A. Sokolovskaya, V. S. Vetrov, I. A. Kovalenko [i dr.] // Energoberegayushie tehnologii i tehnicheckie sredstva v selskohozyajstvennom proizvodstve : materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 12–13 iyunya 2008 g., g. Minsk : v 2 ch. / Bel. gos. agrarnyj tehn. un-t ; redkol.: N. V. Kazarovec [i dr.] – Mn., 2008. – Ch. 2. – S. 227–232.
8. Kravchenya, G. N. Napravleniya i vozmozhnosti pererabotki othodov kozhevennogo proizvodstva [Directions and possibilities for processing leather production waste] / G. N. Kravchenya, E. I. Kordikova, A. V. Spiglazov // Trudy BGTU. Seriya 2, Himicheskie tehnologii, biotehnologiya, geoekologiya. – 2017. – № 2. – S. 220–226.
9. Levin, A. I. Opredelenie bezvrednosti othodov kozhevennogo proizvodstva dlya kormleniya zhivotnyh [Determination of the safety of leather waste for animal feed] / A. I. Levin, V. S. Kasatkin // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2006. – T. 4. – № 12–1. – S. 29–31.
10. Ob utverzhdenii Veterinarно-sanitarnyyh pravil obespecheniya bezopasnosti kormov, kormovykh dobavok i syrya dlya proizvodstva kombikormov [Approval of Veterinary and Sanitary Rules for Ensuring the Safety of Feed, Feed Additives and Raw Materials for the Production of Compound Feed] : [utv. postanovleniem M-va selskogo hozyajstva i prodovolstviya Resp. Belarus ot 10 fev. 2011 g. № 10 : vstup. v silu s izm. ot 16 sent. 2014 g.]. – Mn. : Nac. pravovoj Internet-portal Resp. Belarus. – Mn., 2014. – 38 s.

*К.А. Марченко, О.Г. Ходорева, С.А. Гордынец, к.с.-х.н., доцент
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА АЛЬБУМИНА ЧЕРНОГО ГОВЯЖЬЕГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*K. Marchenko, O. Khodoreva, S. Gordynets
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

FUNCTIONAL PROPERTIES OF BLACK BEEF ALBUMIN OF DOMESTIC AND FOREIGN PRODUCTION

e-mail: k.a.marchenko@mail.ru, olga_khodoreva@mail.ru, otmp210@mail.ru

Представлены результаты исследований по определению комплекса функциональных свойств альбумина черного говяжьего отечественного (Беларусь) и зарубежного (Нидерланды) производства (включая органолептические показатели, рН, эмульгирующую способность и стабильность эмульсии, гелеобразующую способность, растворимость, массовую долю влаги, белка, жира, аминокислотный состав, содержание минеральных веществ), которые показали перспективность его применения на пищевые цели с целью повышения пищевой и биологической ценности мясной продукции, обогащения ее органическим железом, а также с целью придания более интенсивной окраски мясной продукции.

Ключевые слова: альбумин черный; переработка крови; функциональные свойства; органолептические показатели; функционально-технологические свойства; растворимость; пищевая ценность; белок; аминокислотный состав; минеральный состав.

The article presents the results of studies to determine a set of functional properties of black beef albumin produced domestically (Belarus) and abroad (Netherlands) (including organoleptic properties, pH, emulsifying capacity and emulsion stability, gelling capacity, solubility, mass fraction of moisture, protein, fat, amino acid composition, and mineral content), which demonstrated the potential for its use in food products to increase the nutritional and biological value of meat products, enrich them with organic iron, and impart a more intense color to meat products.

Key words: black albumin; blood processing; functional properties; organoleptic indicators; functional and technological properties; solubility; nutritional value; protein; amino acid composition; mineral composition.

Введение. Эффективность переработки вторичного сырья (включая кровь), получаемого при убое сельскохозяйственных животных, оказывает значимое влияние в обеспечении населения качественным белком. Кровь и продукты ее переработки являются, уникальным источником питательных и биологических активных веществ, исходя из содержания органического железа и белков, количественно и качественно адекватных белкам мышечной ткани животных организмов [1].

В настоящее время кровь и продукты ее переработки (стабилизированная, дефибрированная кровь, сыворотка, плазма, форменные элементы крови, фибрин) используются непосредственно в составе мясных продуктов традиционного ассортимента – при производстве вареных, полукопченых, кровяных колбас, зельцев, мясных хлебов [1]. Однако, перспективы применения крови и ее фракций сдерживаются непродолжительным сроком хранения, что ограничивает область использования крови на пищевые цели. Более глубокая переработка крови путем ее высушивания позволяет получить стойкий при хранении в условиях положительных температур продукт – альбумин черный, срок годности которого

значительно выше других продуктов переработки крови и составляет 12 мес. при температуре хранения не выше плюс 20°C [2, 3].

Альбумин черный представляет собой белковый препарат животного происхождения, получаемый высушиванием дефибринированной или стабилизированной крови, форменных элементов и содержащий не менее 67 % белка (для высшего сорта) или не менее 58,7 % белка (для первого сорта). При этом, он содержит такие основные фракции белков, как альбумины, глобулины, гемоглобин и фибриноген (если изготовлен из стабилизированной крови). В отличие от светлого альбумина, получаемого высушиванием плазмы крови, черный альбумин содержит гемоглобин, источником которого служат форменные элементы крови (в частности эритроциты), что в том числе обуславливает особенности его функциональных свойств и органолептических характеристик.

Белковые препараты (белки) в пищевых продуктах выполняют две функции – пищевую (формируют биологическую ценность) и структурную (обеспечивают комплекс реологических характеристик продукта и его структуру) [4]. В этой связи изучение функциональных свойств альбумина черного говяжьего является важным аспектом для дальнейшего его применения при моделировании компонентного состава мясной продукции.

Материалы и методы исследований. В качестве объектов для проведения лабораторных исследований использовались:

- альбумин черный говяжий высшего сорта (ОАО «Березовский мясоконсервный комбинат», Республика Беларусь);
- альбумин черный говяжий («Sonac Loenen BV», Нидерланды).

Проведение лабораторных испытаний осуществляли с использованием следующих методов исследований:

- массовая доля белка по ГОСТ 26889-86;
- массовая доля жира по ГОСТ 23042-2015;
- массовая доля влаги по ГОСТ 33692-2015;
- массовая доля растворимых белковых веществ (растворимость) по ТУ ВУ 100098867.254-2020;
- содержание минеральных веществ – железа по ГОСТ 30178-96, хрома по ГОСТ EN 14083-2013, кальция по ГОСТ Р 52417-2005, магния, калия и натрия по ГОСТ Р 55484-2013, фосфора по ГОСТ 9794-2015;
- аминокислотный состав с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии по МВИ.МН 1363-2000.

Определение влагосвязывающей и гелеобразующей способностей альбумина – по методике, изложенной в ГОСТ 33692-2015.

Определение рН альбумина осуществляли в водной суспензии, приготовленной в соотношении 1:10. Затем смесь перемешивали на гомогенизаторе (блендере) в течение 1 мин до получения суспензии. Измеряли рН суспензии на рН-метре потенциометрическим методом.

Определение эмульгирующей способности (ЭС) альбумина. Для определения эмульгирующей способности 7 г альбумина суспензировали в 100 мл воды на гомогенизаторе (блендере) с частотой вращения 4000 об/мин в течение 1 мин. Затем вносили 100 мл рафинированного подсолнечного масла и полученную смесь эмульгировали на гомогенизаторе (блендере) с частотой вращения 8000 об/мин в течение 5 мин. Полученную эмульсию переносили в 4 градуированные пробирки и центрифугировали при 2000 об/мин в течение 10 мин. Затем определяли объем эмульгированного масла. Эмульгирующую способность определяли по формуле (1).

$$\text{ЭС} = \frac{V_3}{V_0} \cdot 100, \quad (1)$$

где: Q – эмульгирующая способность, %;
 V_3 – объем эмульгирующего слоя, мл;
 V_0 – общий объем, мл.

Определение стабильности эмульсии (СЭ) альбумина. Стабильность эмульсии определяли путем нагревания 200 мл эмульсии, приготовленной аналогично эмульсии для определения эмульгирующей способности, в течение 30 мин при температуре 80°C и последующего охлаждения проточной холодной водой в течение 15 мин. Затем полученную эмульсию переносили в 4 градуированные пробирки и центрифугировали при 2000 об/мин в течение 5 мин. Затем определяли объем эмульгированного слоя. Стабильность эмульсии определяли по формуле (2).

$$\text{СЭ} = \frac{V_3}{V_0} \cdot 100, \quad (2)$$

где: СЭ – стабильность эмульсии, %;
 V_3 – объем эмульгирующего слоя, мл;
 V_0 – общий объем, мл.

Результаты и их обсуждение. С точки зрения применения белкового препарата при производстве мясной продукции первостепенное значение носит оценка органолептических характеристик, поскольку специфические особенности могут оказывать существенное влияние (как положительное, так и отрицательное) на органолептические показатели готовой продукции и их восприятие потребителем. На рисунке 1 представлен внешний вид альбумина черного отечественного и зарубежного производства.

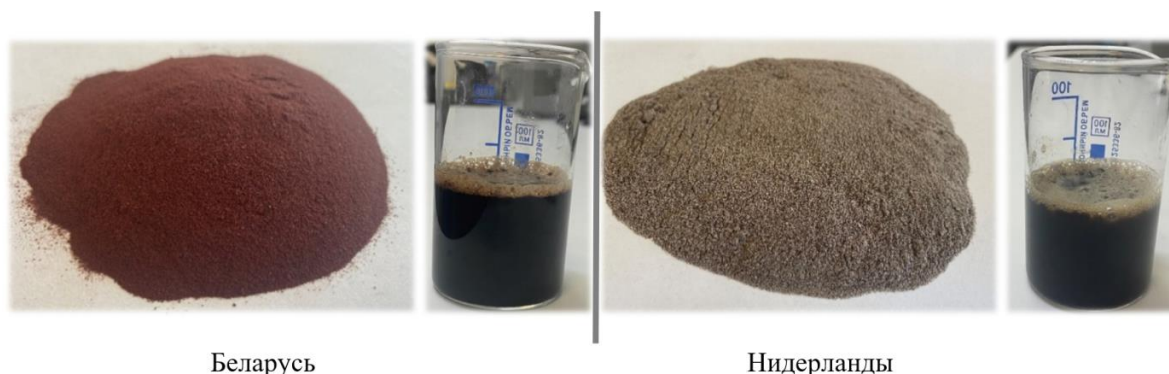


Рисунок 1 – Альбумин черный говяжий в сухом и растворенном состоянии
 Источник данных: собственная разработка.

Альбумин отечественного производства характеризуется красновато-коричневым цветом, пылевидной порошкообразной структурой с наличием чешуек и легко раздавливаемых комочков без посторонних примесей, специфическим запахом, без постороннего и гнилостного, что соответствует установленным нормам [2, 3]. При растворении в воде образует раствор темно-коричневого цвета. Альбумин зарубежного производства имеет отличия по цвету – темно-серый с коричневым оттенком. При этом, при растворении в воде также образует раствор темно-коричневого цвета. В части остальных органолептических характеристик сопоставим с отечественным.

Характерный для черного альбумина темный цвет, который он придает продукции при внесении даже в небольших количествах, обусловлен присутствием значительного количества гемоглобина и является одним из факторов, препятствующих увеличению его использования для изготовления пищевой продукции [5, 6]. Принимая во внимание данный факт, перспективным может быть использование альбумина черного в качестве красителя для придания более интенсивной и стойкой окраски мясной продукции, в особенности при использовании сырья с признаками PSE, коллагенсодержащего сырья, значительных количеств растительных белковых препаратов и т.д. [7]. Кроме того, при использовании препаратов на основе крови в больших количествах возможно наличие металлического привкуса [5]. В связи с вышеизложенным, необходимо тщательно подбирать дозировки внесения черного альбумина в зависимости от вида производимой продукции с целью достижения положительного эффекта на качественные характеристики готовой продукции и обеспечения привычных для потребителя органолептических показателей.

При оценке функциональных свойств белковых препаратов, предназначенных для использования в технологии мясных продуктов, в первую очередь определяют их рН с целью сопоставления его с уровнем рН мясной системы, что позволит установить принципиальную возможность использования данного белкового препарата в конкретном виде мясной продукции [4]. Кроме того, наиболее важными функциональными свойствами белков для технологии мясной продукции являются растворимость, водо- и жиросвязывающая, гелеобразующая и эмульгирующая способности.

В таблице 1 представлены результаты изучения функционально-технологических свойств и физико-химических показателей альбумина черного пищевого. При проведении испытаний получить данные по влагосвязывающей способности альбумина черного не удалось, поскольку препарат окрашивает суспензию в интенсивный темно-красный цвет, что не позволяет обнаружить отделение влаги после центрифугирования независимо от количества внесенной на белок воды в процессе выполнения испытаний.

Испытания по определению гелеобразующей способности показали, что альбумин черный не проявляет выраженных гелеобразующих свойств.

Таблица 1 – Функционально-технологические свойства, физико-химические показатели и пищевая ценность альбумина черного говяжьего

Наименование показателя	Нормируемое значение [2, 3]	Результаты изучения показателя для альбумина производства	
		Беларусь	Нидерланды
1	2	3	4
рН	-	8,3	9,4
Эмульгирующая способность (ЭС), %	-	48,7	50,7
Стабильность эмульсии (СЭ), %	-	75,7	74,0
Массовая доля растворимых белковых веществ (в пересчете на сухое вещество) – растворимость, %	не менее 86,0 (для высшего сорта) не менее 76,0 (для первого сорта)	86,0	82,0
Массовая доля влаги, %	не более 9,0 (для высшего сорта) не более 10,0 (для первого сорта)	8,6	8,7

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Массовая доля белка, %	не менее 67,0 (для высшего сорта) не менее 58,7 (для первого сорта)	75,6	72,9
Массовая доля жира, %	-	0,2	0,1

Источник данных: собственная разработка.

Полученные результаты (таблица 1) показали высокие значения показателя рН для альбумина – 8,3 (зарубежного – 9,4), что может оказывать положительное влияние на функционально-технологические свойства мясных систем, в особенности при изготовлении эмульгированных мясопродуктов (вареных колбас с рН около 6,5–6,8), использовании в качестве рецептурного компонента мясного сырья со сниженными функционально-технологическими свойствами (PSE с рН до 5,6 включительно). Результаты изучения эмульгирующей способности альбумина показали невысокие значения показателя (48,7 %), но при этом образуемые им эмульсии характеризуются высокой стабильностью (75,7 %). Таким образом, альбумин черный может оказывать незначительное положительное влияние на функционально-технологические свойства мясных систем в части связывания и удержания жира. Сравнительный анализ эмульгирующих свойств отечественного и зарубежного альбумина черного показал отсутствие существенных различий в величине показателей.

В части нормируемых физико-химических показателей, таких как растворимость, массовая доля влаги и белка, исследуемый альбумин черный (Беларусь) соответствовал требованиям для высшего сорта. В части сравнительного анализа отечественного альбумина с зарубежным, отечественный характеризовался более высоким содержанием белка (75,6 % против 72,9 %), а также растворимостью (86,0 % против 82,0 %). По показателю растворимости альбумин черный зарубежного производства соответствовал требованиям первого сорта. Альбумин черный отечественного производства характеризуется высоким содержанием белка (75,6 %) и очень низким содержанием жира (0,2 %), что делает его перспективным ингредиентом для повышения пищевой ценности мясной продукции. При этом, качество пищевого белка определяется наличием в нем полного набора незаменимых аминокислот в определенном количестве и соотношении с заменимыми [8]. Аминокислоты, которые не могут быть синтезированы организмом называют незаменимыми (или эссенциальными), аминокислоты, которые организм может синтезировать – заменимыми (или неэссенциальными). Для организма человека важны оба типа аминокислот. Заменимые аминокислоты могут синтезироваться в организме, однако за счет эндогенного синтеза обеспечиваются только минимальные потребности организма, в связи с чем удовлетворение потребности в них должно в основном осуществляться за счет их поступления в пищу. К незаменимым протеиногенным аминокислотам для взрослого человека относят лизин, триптофан, метионин, фенилаланин, валин, лейцин, изолейцин, треонин, а также с некоторого времени гистидин. В таблице 2 приведены результаты изучения аминокислотного состава альбумина черного пищевого.

Таблица 2 – Аминокислотный состав альбумина черного говяжьего

Наименование аминокислоты		Содержание аминокислоты, мг/100г продукта, в альбумине производства	
		Беларусь	Нидерланды
Незаменимые аминокислоты (НАК)	Изолейцин	664,9	1058,9
	Лейцин	10609,1	10099,3
	Лизин	5942,0	5583,3
	Метионин + цистеин	113,9	220,0
	Фенилаланин + тирозин	6347,2	5855,4
	Треонин	5317,1	4362,2
	Валин	5824,8	5430,3
	Гистидин	4352,1	4044,3
Сумма НАК		39171,1	36653,7
Заменимые аминокислоты (ЗАК)	Аспарагиновая кислота	3833,8	4160,8
	Глутаминовая кислота	7898,7	9135,3
	Серин	4708,5	4165,5
	Глицин	2331,5	2233,5
	Аргинин	3735,3	3743,2
	Аланин	7134,7	6681,7
	Пролин	4955,8	5064,7
Сумма ЗАК		34598,3	35184,7

Источник данных: собственная разработка.

Результаты изучения аминокислотного состава (таблица 2) альбумина черного свидетельствуют о его полноценности и высоком содержании незаменимых аминокислот. Так, содержание незаменимых аминокислот составляет 53 % от общего количества аминокислот для альбумина отечественного производства и 51 % – для зарубежного. При проведении сравнительного анализа содержания незаменимых аминокислот в альбумине отечественного и зарубежного производства в целом отмечены следующие различия – отечественный альбумин превосходит зарубежный по содержанию лейцина (на 5,1 %), лизина (на 6,4 %), фенилаланина+тирозина (на 8,4 %), треонина (на 21,9 %), валина (на 7,3 %) и гистидина (на 7,6 %), уступает по содержанию изолейцина (на 37,2 %), метионина+цистеина (на 48,2 %).

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что альбумин черный пищевой может применяться в качестве рецептурного компонента с целью повышения уровня пищевой и биологической ценности мясной продукции с учетом принципов взаимосбалансирования и комбинирования рецептурных компонентов.

Альбумин черный говяжий также содержит в себе ряд минеральных веществ. Минеральные вещества представляют собой неорганические составные части пищи, являющиеся незаменимыми (эссенциальными) [8]. Минеральные вещества выполняют разнообразные биологические функции, участвуют во множестве физиологических и биохимических реакций. При этом, каждому элементу присущи специфические функции, некоторые из которых рассмотрены далее.

Калий регулирует водно-солевой обмен и поддерживает кислотно-щелочное равновесие. Недостаточность проявляется в виде мышечной слабости, нарушениях ритма сердца, вредное воздействие избытка при поступлении с пищей отсутствует.

Кальций – образование костей и зубов, проведение нервного импульса, мышечное сокращение, свертыванием крови. Недостаточность проявляется в виде рахита и остеомалации, вредное воздействие избытка отсутствует.

Натрий и хлор – участвуют в водно-солевом обмене и регуляции кислотно-щелочного состояния, необходимы для функции нервной системы и мышечного сокращения. Недостаточность проявляется редко в виде судорог, падения артериального давления, в виде рахита и остеомалации, вредное воздействие избытка может проявляться в виде повышения артериального давления у взрослых.

Магний – развитие скелета, нервная система, мышцы. Недостаточность проявляется в виде слабости, нарушения функции сердца, вредное воздействие избытка при поступлении с пищей отсутствует.

Фосфор – образование костей, синтез биологически активных веществ. Недостаточность не проявляется, вредное воздействие избытка может проявляться в виде судорог у новорожденных.

Железо – образование гемоглобина, переносчик кислорода. Недостаточность проявляется в виде анемии, утомляемости, бледности [8].

В таблице 3 приведены результаты изучения минерального состава альбумина черного пищевого.

Таблица 3 – Содержание минеральных веществ в альбумине черном говяжьем

Наименование минерального вещества	Содержание, мг/кг продукта, в альбумине производства	
	Беларусь	Нидерланды
Калий	11988,15	34441,80
Кальций	587,88	1581,54
Натрий	53848,43	162604,00
Магний	430,86	609,24
Фосфор	9650,00	10270,00
Железо	1974,90	1129,53

Источник данных: собственная разработка.

В результате изучения минерального состава (таблица 3) установлено высокое содержание железа в альбумине – 1974,9 мг/кг (при суточной потребности для взрослого человека 14 мг [9]). Это свидетельствует о перспективности применения альбумина черного с целью обогащения мясной продукции органическим железом, находящимся в наиболее усвояемой гемовой форме, даже в случае его внесения в небольших дозировках.

При проведении сравнительного анализа содержания минеральных веществ в альбумине отечественного и зарубежного производства в целом отмечено, что отечественный альбумин уступает зарубежному по содержанию большинства микроэлементов, за исключением содержания железа (выше на 74,8 %).

Выводы. Полученные исследования позволяют сделать вывод о перспективности применения альбумина черного на пищевые цели с целью повышения пищевой и биологической ценности мясной продукции, обогащения ее органическим железом. Кроме того, характерный для черного альбумина темно-красный цвет делает его перспективным для использования с целью придания более интенсивной окраски мясной продукции. В части сравнительного анализа альбумина черного говяжьего отмечено, что альбумин отечественного производства по ключевым качественным характеристикам не уступает альбумину зарубежного производства.

Список использованных источников

1. Кудряшов, Л. С. Переработка и применение крови убойных животных / Л. С. Кудряшов // Мясная индустрия. – 2010. – № 9. – С. 28–31.

1. Kudrjashov, L.S. Pererabotka i primenenie krovi ubojnyh zhivotnyh [Processing and use of blood from slaughtered animals] / L. S. Kudryashov // Myasnaya industriya. – 2010. – № 9. – С. 28–31.

2. Кровь и продукты ее переработки. Технические условия = Кроў і прадукты яе перапрацоўкі. Тэхнічныя ўмовы : ГОСТ 33674-2015. – Введ. 01.08.2018. – Мн : Госстандарт : Бел. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2015. – I, 18 с.
3. Продукт переработки крови сухой. Альбумин. Технические условия = Прадукт перапрацоўкі крыві сухой. Альбумін. Тэхнічныя ўмовы : ТУ BY 100098867.254-2020. – Введ. 01.12.2020. – Мн. : РУП «Институт мясо-молочной промышленности», 2020. – I, 16 с.
4. Рогов, И. А. Химия пищи. Принципы формирования качества мясopодуkтов / И. А. Рогов, А. И. Жаринов, М. П. Воякин. – СПб. : РАПП, 2008. – 340 с.
5. Салаватуллина, Р. М. Рациональное использование сырья в колбасном производстве / Р. М. Салаватуллина. – М. : Агрoпромиздат, 1985. – 256 с.
6. Файвишевский, М. Л. Кровь как источник полноценного белка / М. Л. Файвишевский // Мясные технологии. – 2011. – № 4 (100). – С.43–47.
7. Зонин, В. Г. Современное производство колбасных и солeно-копченых изделий / В. Г. Зонин. – СПб.: Профессия, 2006. – 224 с.
8. Мартинчик, А. Н. Общая нутрициология : учеб. пособие / А. Н. Мартинчик, И. В. Маев, О. О. Янушевич. – М. : МЕДпресс-информ, 2005. – 392 с.
9. Пищевая продукция в части ее маркировки : ТР ТС 022/2011 : срок действия с 01.07.2013 (переиздание январь 2019) / Евразийская экономическая комиссия. – Мн. : Госстандарт : Бел. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2019. – 23 с.
2. Krov' i produkty ee pererabotki. Tehnicheskie uslovija = Kroў i produkty yae perapracoўki. Tehnichnyya ўmovy [Blood and its derivatives. Specifications]: GOST 33674-2015. – Vved. 01.08.2018. – Mn : Gosstandart : Bel. gos. in-t standartizacii i sertifikacii, 2015. – I, 18 s.
3. Produkt pererabotki krovi suhoj. Al'bumin. Tehnicheskie uslovija = Pradukt perapracoўki kryvi suhi. Albumin. Tehnichnyya ўmovy [Dried blood product. Albumin. Specifications] : TU BY 100098867.254-2020. – Vved. 01.12.2020. – Mn. : RUP «Institut myaso-molochnoj promyshlennosti», 2020. – I, 16 s.
4. Rogov, I. A. Himija pishhi. Principy formirovanija kachestva mjasoproduktov [Food chemistry. Principles of meat products quality formation] / I. A. Rogov, A. I. Zharinov, M. P. Vojakin. – SPb. : RAPP, 2008. – 340 s.
5. Salavatulina, R. M. Racional'noe ispol'zovanie syr'ja v kolbasnom proizvodstve [Rational use of raw materials in sausage production] / R. M. Salavatulina. – M. : Agropromizdat, 1985. – 256 s.
6. Fajvishevskij, M. L. Krov' kak istochnik polnocennogo belka [Blood as a source of complete protein] / M. L. Fajvishevskij // Mjasnye tehnologii. – 2011. – № 4 (100). – S.43–47.
7. Zonin, V. G. Sovremennoe proizvodstvo kolbasnyh i soleno-kopchenyh izdelij [Modern production of sausages and salted and smoked products] / V. G. Zonin. – SPb.: Professija, 2006. – 224 s.
8. Martinchik, A. N. Obshhaja nutriciologija : ucheb. posobie [General nutrition : a textbook] / A. N. Martinchik, I. V. Maev, O. O. Janushevich. – M. : MEDpress-inform, 2005. – 392 s.
9. Pishhevaja produkcija v chasti ee markirovki [Food products in terms of their labeling] : TR TS 022/2011 : srok dejstviya s 01.07.2013 (pereizdanie yanvar 2019) / Evrazijskaya ekonomicheskaya komissiya. – Mn. : Gosstandart : Bel. gos. in-t standartizacii i sertifikacii, 2019. – 23 s.

*И.В. Калтович, к.т.н., доцент, И.О. Головач
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

ОПТИМАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СУШКИ МЕЗДРЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВОЙ ПРОДУКЦИИ

*I. Kaltovich, I. Halavach
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

OPTIMAL PROCESS PARAMETERS OF MEZDRA DRYING FOR FODDER PRODUCTION

e-mail: irina_kaltovich@inbox.ru

В статье представлены результаты исследований по определению оптимальных технологических параметров сушки мездры для изготовления кормовой продукции. Установлено, что использование предварительной варки при температуре 105°C в течение 10 минут, измельчения на волчке с диаметром отверстий решетки 2–3 мм, поэтапной сушки мездры (при температуре 180 °С в течение 0,5 часа, 150°C - в течение 2,5 часов, 110°C – в течение 2 часов) позволяет изготавливать продукцию из данного побочного сырья кожевенной отрасли, являющуюся значимым источником белка (27,9 %), жира (14,0 %), минеральных веществ – натрия (1160,0 мг/100 г), кальция (640,0 мг/100 г), железа (530,0 мг/100 г), фосфора (220,0 мг/100 г), магния (170,0 мг/100 г), а также полиненасыщенных жирных кислот (1,76 %, в т.ч. линолевой кислоты – 1,42 % от суммы жирных кислот), что подтверждает высокую пищевую и биологическую ценность данной кормовой продукции, а также позволяет рассматривать возможность ее применения в качестве кальциевых, магниевых, натриевых и др. обогащенных добавок для животных после изучения биодоступности данных эссенциальных микронутриентов и влияния введения в рационы животных кормовой продукции на основе мездры на физиологические показатели их организма.

Ключевые слова: мездра, продукция из мездры, предварительная варка, измельчение, сушка, температура, рациональные технологические параметры, белок, жир, влага, минеральный и жирнокислотный состав, показатели безопасности.

The article presents the research results of determining the optimal technological parameters of drying mezdra for the manufacture of feed products. It has been established that the use of pre-cooking at a temperature of 105°C for 10 minutes, grinding on a spinning top with a hole diameter of 2–3 mm, step-by-step drying of mezdra (at a temperature of 180°C for 0.5 hours, 150°C for 2.5 hours, 110°C for 2 hours). It allows to manufacture products from this by-product of the leather industry, which is a significant source of protein (27.9 %), fat (14.0 %), and minerals – sodium (1160.0 mg/100 g), calcium (640.0mg/100 g), iron (530.0 mg/100 g), phosphorus (220.0 mg/100 g), magnesium (170.0 mg/100 g), as well as polyunsaturated fatty acids (1.76 %, including linoleic acid – 1.42 % of the total fatty acids), which confirms the high nutritional and biological value of this feed product, and also allows us to consider the possibility of its use as calcium, magnesium, sodium, etc. after studying the bioavailability of these essential micronutrients and the effect of introducing mezdra-based feed products into animal diets on the physiological parameters of their body.

Key words: mezdra, mezdra products, pre-cooking, grinding, drying, temperature, rational technological parameters, protein, fat, moisture, mineral and fatty acid composition, safety indicators.

Введение. На сегодняшний день среди наиболее проблемных трудно перерабатываемых отходов кожевенной отрасли особое внимание следует обращать на жиросодержащие отходы [1–3]. Если большинство твердых отходов могут найти свое использование в производстве кожеподобных композиционных материалов, то переработка мездры, характеризующейся высоким содержанием жира и влаги, представляет значительную проблему [4, 5].

Основными предприятиями в Республике Беларусь, осуществляющими переработку кожевенного сырья, являются ОАО «Минское производственное кожевенное объединение», РУП «Гродненское производственное кожевенное объединение», СООО «Могилевский кожевенный завод», ОАО «Бобруйский кожевенный комбинат», при осуществлении технологических процессов производства которых образуется около 30 % мездры и шквары к массе перерабатываемых шкур, что составляет в среднем от 6 до 12 т в смену (в зависимости от среднесуточного объема производства) и представляет значимую проблему вследствие экономических потерь предприятий из-за необходимости уплаты экологического налога при их утилизации, т.к. на сегодняшний день отсутствуют рациональные способы переработки данного сырья. Кроме того, утилизация отходов (мездры и др.) предприятий кожевенной отрасли приводит к загрязнению территорий (почв и вод), что также подтверждает необходимость и актуальность разработки технологических способов их переработки [6, 7].

Цель исследований – установление рациональных технологических параметров сушки мездры для использования при изготовлении кормовых добавок и кормов для животных.

Материалы и методы исследований. Объекты исследований – мездра, подвергнутая сушке при различных технологических параметрах, а также продукция из мездры. Методы исследований – стандартные методы исследований показателей качества и безопасности сырья и продукции.

Результаты и их обсуждение. Установлены рациональные технологические параметры сушки мездры для использования при изготовлении кормовых добавок и кормов для животных. С целью улучшения консистенции мездры для ее последующего измельчения на волчке с диаметром отверстий решетки 2–3 мм, а также обеспечения микробиологической безопасности при последующей сушке проведены исследования по установлению рациональных параметров варки данного побочного сырья кожевенной отрасли.

Для определения оптимальной продолжительности технологического процесса предварительная варка мездры осуществлялась при температуре 105 °С в течение 5–15 минут с интервалом 5 минут. Установлено, что рациональным значением предельного напряжения сдвига характеризовались экспериментальные образцы мездры, подвергнутые варке в течение 10 минут (998,4 Па), в то время как образцы, проваренные в течение 5 минут, отличались жесткой консистенцией (1025,3 Па), в течение 15 минут – излишне размягченной для последующего измельчения на волчке с диаметром отверстий решетки 2-3 мм и сушки (961,3 Па) (рисунок 1).

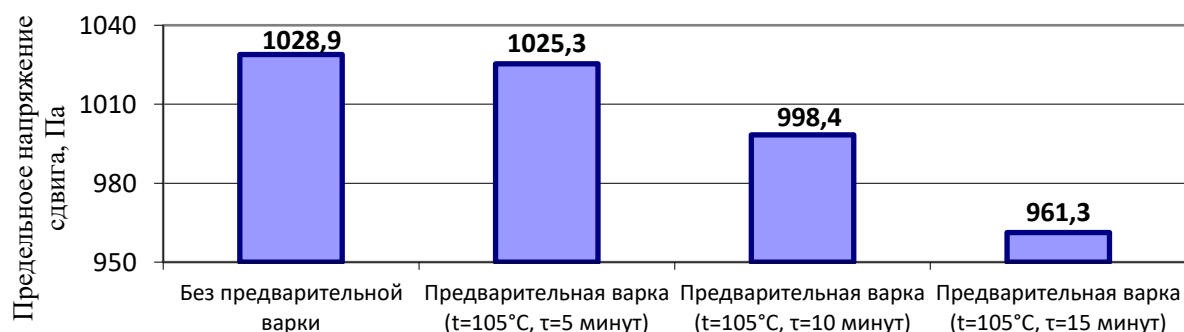


Рисунок 1 – Предельное напряжение сдвига мездры, в т.ч. подвергнутой предварительной варке

Источник данных: собственная разработка.

На дальнейшем этапе исследований изучена возможность проведения поэтапной сушки мездры с целью более интенсивного испарения влаги на начальной стадии сушки при использовании повышенной температуры ($t=180^{\circ}\text{C}$) с последующим ее снижением до 150°C (II этап) и 110°C (III этап) .

Определено, что проведение сушки мездры на I этапе при температуре 180°C в течение 0,5 часа приводит к испарению 51,5 % влаги от общего количества (43,3 %), что будет способствовать сокращению продолжительности дальнейшего технологического процесса. Вместе с тем, опытным путем выявлено, что сушка побочного сырья кожевенной отрасли при температуре 180°C более 0,5 часа не рекомендуется, т.к. приводит к излишне интенсивному испарению влаги из сырья, образованию «корочки подсыхания», что приводит к подгоранию мездры и затрудняет возможность ее дальнейшей сушки.

На следующем этапе исследований изучена возможность снижения температуры сушки мездры со 180 до 150°C . Установлено, что рациональная продолжительность технологического процесса сушки данного побочного сырья при 150°C на II этапе составляет 2,5 часа, что позволяет снизить содержание влаги в мездре с 43,3 % до 16,1 %, а также уменьшить температуру сушки данного сырья на III этапе до 110°C и проводить его досушивание до содержания влаги в продукции из мездры менее 10 % с учетом сохранения оптимальных показателей качества готовой продукции (рисунок 2). Определено, что продолжительность досушивания мездры при температуре 110°C на III технологическом этапе составляет 2 часа. При этом содержание влаги в готовой продукции из мездры находится на уровне 1,0 % (таблица 1).

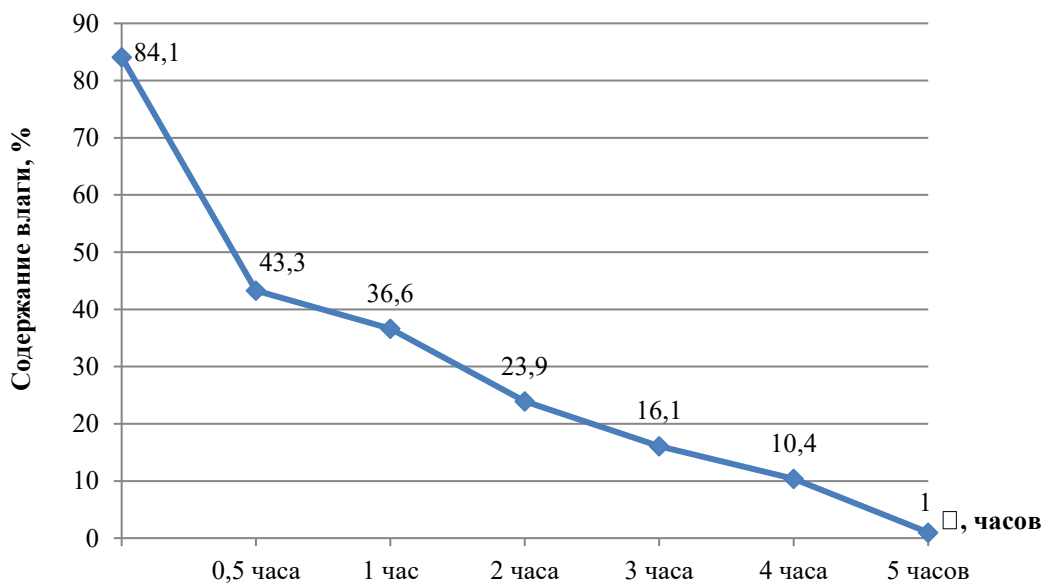


Рисунок 2 – Динамика снижения содержания влаги в мездре при сушке

Источник данных: собственная разработка.

На основании проведенных исследований разработана технологическая схема сушки мездры с использованием установленных рациональных технологических параметров (рисунок 3).

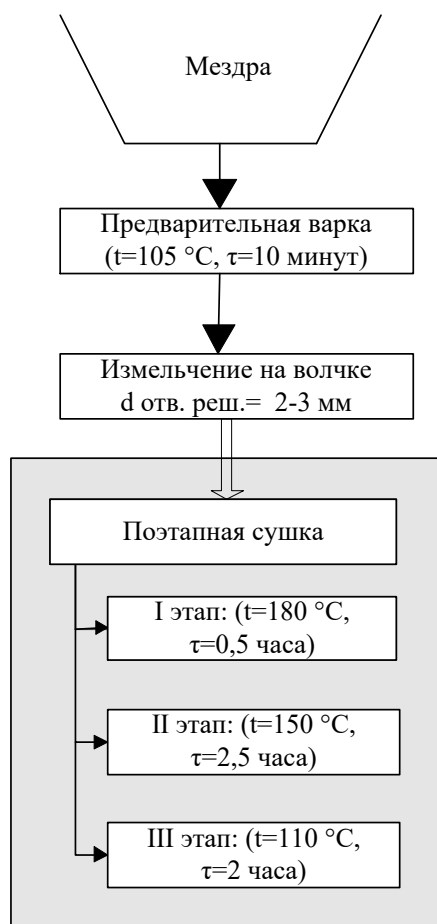


Рисунок 3- Технологическая схема сушки мездры с использованием рациональных параметров
Источник данных: собственная разработка.

Изготовлены экспериментальные образцы продукции из мездры (рисунок 4).



Рисунок 4 – Продукция из мездры, подвергнутая сушке с использованием установленных рациональных технологических параметров
Источник данных: собственная разработка.

Изучена пищевая и биологическая ценность, показатели безопасности продукции из мездры. Установлено, что содержание белка в продукции из мездры составляет 27,9 %, жира – 14,0 %, что позволяет обеспечить соотношение белок:жир в данном сырье 2:1 (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание белка, жира и влаги в продукции из мездры

Наименование сырья	Содержание		
	белка, %	жира, %	влаги, %
Продукция из мездры	27,9	14,0	1,0

Источник данных: собственная разработка.

Выявлено, что в составе продукции из мездры содержится 55,41 % мононенасыщенных жирных кислот, 1,76 % полиненасыщенных жирных кислот, в т.ч. линолевой кислоты – 1,42 % от суммы жирных кислот (27,4-356,0 % от регламентируемого содержания в 100 г сухого вещества кормовой продукции), 42,88 % насыщенных жирных кислот от суммы жирных кислот, в то время как соотношение ПНЖК:МНЖК:НЖК составляет 1:31,5:24,6, (ПНЖК+МНЖК):НЖК – 1:0,8, что позволит обеспечить присутствие в рационах питания животных эссенциальных жирных кислот при употреблении кормовой продукции из данного побочного сырья кожевенной отрасли (таблица 2).

Таблица 2 – Жирнокислотный состав продукции из мездры

Наименование показателя	Содержание, % от суммы жирных кислот
Полиненасыщенные жирные кислоты, в т.ч.:	1,76
-линолевая	1,42
-альфа-линоленовая	0,27
-цис 8,11,14-эйкозатриеновая	0,03
-C20:4+C20:3	0,03
-нервоновая	0,04
Мононенасыщенные жирные кислоты, в т.ч.:	55,41
-миристолеиновая	1,80
-пальмитолеиновая	7,77
-элаидиновая	0,42
-олеиновая	45,21
-гондоиновая	0,21
Насыщенные жирные кислоты, в т.ч.:	42,88
-каприловая	0,01
-декановая	0,07
-лауриновая	0,09
-миристиновая	3,19
-пентадекановая	0,43
-пальмитиновая	27,42
-маргариновая	0,76
-стеариновая	10,74
-арахиновая	0,10
-генэкозановая	0,03
-бегеновая	0,01
-лигноцериновая	0,03
Соотношение ПНЖК:МНЖК:НЖК	1:31,5:24,6
Соотношение (ПНЖК+МНЖК):НЖК	1:0,8

Источник данных: собственная разработка.

Определено, что содержание натрия в продукции из мездры составляет 1160,0 мг/100 г, кальция – 640,0 мг/100 г, железа – 530,0 мг/100г, фосфора – 220,0 мг/100 г, магния – 170,0 мг/100г, калия – 20,0 мг/100г (таблица 3).

Таблица 3 – Минеральный состав продукции из мездры

Наименование минеральных веществ	Содержание, мг/100 г	Регламентируемое содержание в 100 г сухого вещества кормовой продукции*, мг/100 г
Натрий	1160,0	Не менее 80,0
Кальций	640,0	Не менее 400,0
Магний	170,0	Не менее 40,0
Железо	530,0	Не менее 3,6
Фосфор	220,0	Не менее 260,0
Калий	20,0	Не менее 440,0

Источник данных: собственная разработка.

Примечание –* Регламентируемое содержание в 100 г сухого вещества кормовой продукции – согласно требованиям [8]

Вышеприведенные данные свидетельствуют о возможности применения продукции из мездры в качестве натриевых, кальциевых, магниевых и др. обогатительных добавок для животных после изучения биодоступности данных эссенциальных микронутриентов и влияния введения в рационы животных кормовой продукции на основе мездры на физиологические показатели их организма (таблица 3).

Установлено, что продукция из мездры, изготовленная в соответствии с установленными рациональными технологическими параметрами сушки, по показателям безопасности соответствует требованиям Ветеринарно-санитарных правил обеспечения безопасности в ветеринарно-санитарном отношении кормов и кормовых добавок, утвержденных Постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 10 февраля 2011 г. № 10 (таблица 4) [9].

Таблица 4 – Показатели безопасности продукции из мездры

Наименование показателя	Нормируемое значение [9]	Фактическое значение
Содержание токсичных элементов, мг/кг:		
<i>ртуть</i>	Не более 0,2	0,024
<i>кадмий</i>	Не более 0,3	0,07
<i>свинец</i>	Не более 5,0	0,26
<i>мышьяк</i>	Не более 1,0	0,19
<i>фтор</i>	Не более 100,0	30,1
Содержание нитратов, мг/кг	Не более 400	73,0
Содержание нитритов, мг/кг	Не более 5,0	2,0
Кислотное число, мг КОН	Не более 30,0	14,17
Перекисное число, % J ₂	Не более 0,3	0,17
Токсичность	Не допускается	Не токсично
Общее микробное число, КОЕ/г	Не более 8,1×10 ⁴	5 × 10 ⁵
Наличие патогенных микроорганизмов:		
<i>сальмонеллы в 25,0 г</i>	Не допускаются	Не обнаружено
<i>анаэробы в 1,0 г</i>	Не допускаются	Не обнаружено
<i>энтерококки в 1,0 г</i>	Не допускаются	Не обнаружено
<i>бактерии рода протей в 1,0 г</i>	Не допускаются	Не обнаружено
<i>патогенные пастереллы в 25,0 г</i>	Не допускаются	Не обнаружено

Источник данных: собственная разработка.

Выводы. Таким образом, на основании проведенных исследований установлены рациональные технологические параметры сушки мездры для использования при изготовлении кормовых добавок и кормов для животных, включающие предварительную варку при температуре 105°C в течение 10 минут, измельчение на волчке с диаметром отверстий решетки 2–3 мм, поэтапную сушку (при температуре 180°C в течение 0,5 часа, при температуре 150°C в течение 2,5 часов, при температуре 110°C в течение 2 часов).

Определено, что продукция из мездры, изготовленная в соответствии с установленными параметрами сушки, является значимым источником белка (27,9 %), жира (14,0 %), минеральных веществ – натрия (1160,0 мг/100 г), кальция (640,0 мг/100 г), железа (530,0 мг/100 г), фосфора (220,0 мг/100 г), магния (170,0 мг/100 г), а также полиненасыщенных жирных кислот (1,76 %, в т.ч. линолевой кислоты – 1,42 % от суммы жирных кислот), что подтверждает высокую пищевую и биологическую ценность данной кормовой продукции, а также позволяет рассматривать возможность ее применения в качестве натриевых, магниевых, кальциевых и др. обогатительных добавок для животных после изучения биодоступности данных эссенциальных микронутриентов и влияния введения в рационы животных кормовой продукции на основе мездры на физиологические показатели их организма.

Список использованных источников

1. Технологии первичной переработки продуктов животноводства : учеб. пособие / Г. М. Долженкова, З. А. Галиева, М. Б. Ребезов [и др.] ; под общ. ред. М. Б. Ребезова. – Алматы : МАП, 2015. – 120 с.
2. Левин, А. И. Определение безвредности отходов кожевенного производства для кормления животных / А. И. Левин, В. С. Касаткин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2006. – Т. 4. – № 12–1. – С. 29–31.
3. Паркалов, И. В. Биоотходы – ценное кормовое сырьё в звероводстве / И. В. Паркалов, М. В. Навныко // Кролиководство и звероводство. – 2019. – № 1. – С. 27–31.
4. Богданова, И. Е. Современные направления переработки коллагенсодержащих отходов кожевенного производства / И. Е. Богданова // Кожевенно-обувная промышленность. – 2007. – № 2. – С. 30–31.
5. Кравченя, Г. Н. Направления и возможности переработки отходов кожевенного производства / Г. Н. Кравченя, Е. И. Кордикова, А. В. Спиглазов // Труды БГТУ. Серия 2, Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2017. – № 2. – С. 220–226.
1. Tehnologii pervichnoj pererabotki produktov zhivotnovodstva [Technologies for primary processing of livestock products] : ucheb. posobie / G. M. Dolzhenkova, Z. A. Galieva, M. B. Rebezov [i dr.] ; pod obsh. red. M. B. Rebezova. – Almaty : MAP, 2015. – 120 s.
2. Levin, A. I. Opredelenie bezvrednosti othodov kozhevennogo proizvodstva dlya kormleniya zhivotnyh [Determination of the safety of leather waste for animal feed] / A. I. Levin, V. S. Kasatkin // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2006. – T. 4. – № 12–1. – S. 29–31.
3. Parkalov, I. V. Bioothody – cennoe kormovoe syryo v zverovodstve [Biowaste is a valuable feed raw material in animal husbandry] / I. V. Parkalov, M. V. Navnyko // Krolikovodstvo i zverovodstvo. – 2019. – № 1. – S. 27–31.
4. Bogdanova, I. E. Sovremennye napravleniya pererabotki kollagensoderzhashih othodov kozhevennogo proizvodstva [Modern trends in processing collagen-containing waste from leather production] / I. E. Bogdanova // Kozhevenno-obuvnaya promyshlennost. – 2007. – № 2. – S. 30–31.
5. Kravchenya, G. N. Napravleniya i vozmozhnosti pererabotki othodov kozhevennogo proizvodstva [Directions and possibilities for processing leather production waste] / G. N. Kravchenya, E. I. Kordikova, A. V. Spiglazov // Trudy BGTU. Seriya 2, Himicheskie tehnologii, biotekhnologiya, geoekologiya. – 2017. – № 2. – S. 220–226.

6. Прокофьева, А. А. Белковые отходы как альтернативные источники белка в рационе / А. А. Прокофьева, А. В. Быков, О. В. Кван // Животноводство и кормопроизводство. – 2023. – Т. 106, № 2. – С. 112–126.
7. Файвишевский, М. Л. Рациональное использование вторичных сырьевых ресурсов мясной промышленности и экологические проблемы отрасли / М. Л. Файвишевский // Практические и теоретические аспекты комплексной переработки продовольственного сырья и создания конкурентоспособных продуктов питания – основа обеспечения импортозамещения и продовольственной безопасности России : материалы 19-ой Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти Василия Матвеевича Горбатова, г. Москва, 8–9 дек. 2016 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т мяс. пром ; редкол.: А. Б. Лисицын [и др.] – М., 2016. – С. 314–317.
8. Корма для непродуктивных животных. Общие технические условия = Кармы для непродуктивных живёл. Агульные технічныя ўмовы : ГОСТ Р 55453-2022. – Взамен ГОСТ Р 55453-2013 ; введ. с изм. 01.05.2024. – Мн. : Госстандарт : Бел. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2024. – 44 с.
9. Об утверждении Ветеринарно-санитарных правил обеспечения безопасности кормов, кормовых добавок и сырья для производства комбикормов : [утв. постановлением М-ва сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь от 10 фев. 2011 г. № 10 : вступ. в силу с изм. от 16 сент. 2014 г.]. – Мн. : Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Мн., 2014. – 38 с.
6. Prokofeva, A. A. Belkovye othody kak alternativnye istochniki belka v racione [Protein waste as alternative sources of protein in the diet] / A. A. Prokofeva, A. V. Bykov, O. V. Kvan // Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo. – 2023. – T. 106, № 2. – S. 112–126.
7. Fajvishevskij, M. L. Racionalnoe ispolzovanie vtorichnyh syrevyh resursov myasnoj promyshlennosti i ekologicheskie problemy otrasli [Rational use of secondary raw materials in the meat industry and environmental problems of the industry] / M. L. Fajvishevskij // Prakticheskie i teoreticheskie aspekty kompleksnoj pererabotki prodovolstvennogo syrya i sozdaniya konkurentosposobnyh produktov pitaniya – osnova obespecheniya importozamesheniya i prodovolstvennoy bezopasnosti Rossii : materialy 19-oj Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyash. pamyati Vasiliya Matveevicha Gorbatova, g. Moskva, 8–9 dek. 2016 g. / Vseros. nauch.-issled. in-t myas. prom ; redkol.: A. B. Lisicyn [i dr.] – M., 2016. – S. 314–317.
8. Korma dlya neproduktivnyh zhivotnyh. Obshie tehnicheckie usloviya = Karmy dlya nepraduktyŭnyh zhyvyol. Agulnyya tehnicchnyya ŷmovy [Food for non-productive animals. General specifications] : GOST R 55453-2022. – Vzamen GOST R 55453-2013 ; vved. s izm. 01.05.2024. – Mn. : Gosstandart : Bel. gos. in-t standartizacii i sertifikacii, 2024. – 44 s.
9. Ob utverzhdenii Veterinarno-sanitarnyh pravil obespecheniya bezopasnosti kormov, kormovyh dobavok i syrya dlya proizvodstva kombikormov [Approval of Veterinary and Sanitary Rules for Ensuring the Safety of Feed, Feed Additives and Raw Materials for the Production of Compound Feed] : [utv. postanovleniem M-va selskogo hozyajstva i prodovolstviya Resp. Belarus ot 10 fev. 2011 g. № 10 : vstup. v silu s izm. ot 16 sent. 2014 g.]. – Mn. : Nac. pravovoj Internet-portal Resp. Belarus. – Mn., 2014. – 38 s.

*И.В. Калтович, к.т.н., доцент, И.О. Головач
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

ОПТИМАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ НА ОСНОВЕ ГОВЯДИНЫ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ОБРАЗОВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ В ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

*I. Kaltovich, I. Halavach
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

OPTIMAL METHODS FOR PRODUCTION OF CHOPPED SEMI-FINISHED PRODUCTS ON THE BASIS OF BEEF, CONTRIBUTING TO PREVENTION OF FORMATION OF POTENTIALLY HAZARDOUS SUBSTANCES IN FINISHED PRODUCTS

e-mail: irina_kaltovich@inbox.ru

В статье представлены результаты исследований по определению оптимальных способов изготовления рубленых полуфабрикатов на основе говядины, способствующих предотвращению образования потенциально опасных веществ в готовой продукции. Установлено, что для производства рубленых полуфабрикатов, отличающихся отсутствием гетероциклических ароматических аминов, рекомендуется использование нежирного сырья - говядины жилованной высшего сорта, изготовление изделий массой не более 75 г, включение в рецептуры вспомогательного сырья – лука репчатого (2%), сухарей панировочных и др., жарка на оливковом масле или подсолнечном масле с добавлением оливкового (соотношение 3:2) ($V(\text{масла}) = 3\%$ к массе сырья) при низком температурном режиме ($t = 115^\circ\text{C}$) в течение 15 минут или обработка в пароконвектомате при $t = 105^\circ\text{C}$ в течение 30 минут.

Ключевые слова: гетероциклические ароматические амины, говядина, рубленые полуфабрикаты, технологические параметры, жарка, обработка в пароконвектомате, функционально-технологические и структурно-механические показатели, показатели безопасности.

The article presents the results of research to determine the optimal methods of manufacturing minced semi-finished products based on beef, which help prevent the formation of potentially dangerous substances in finished products. It has been established that for the production of chopped semi-finished products characterized by the absence of heterocyclic aromatic amines, it is recommended to use low-fat raw materials - beef of the highest grade, the manufacture of products weighing no more than 75 g, the inclusion in the formulations of auxiliary raw materials - onions (2%), breadcrumbs, etc., frying in olive oil or sunflower oil with the addition of olive oil (ratio 3:2) ($V(\text{oil}) = 3\%$ by weight of the raw material) at low temperature ($t = 115^\circ\text{C}$) during 15 minutes or steam convective treatment at $t = 105^\circ\text{C}$ for 30 minutes.

Key words: heterocyclic aromatic amines, beef, chopped semi-finished products, technological parameters, frying, processing in a steam convective, functional-technological and structural-mechanical indicators, safety indicators.

Введение. В настоящее время отечественные предприятия мясной отрасли производят широкий ассортимент мясных рубленых полуфабрикатов, пользующихся стабильным спросом у населения, поскольку их главным преимуществом является быстрота приготовления.

Однако при доведении до кулинарной готовности рубленых полуфабрикатов с использованием нерациональных технологических режимов могут образовываться потенциально опасные вещества, в т.ч. гетероциклические ароматические амины

(ГАА) – химические соединения, имеющие в своем составе как минимум одно ароматическое кольцо и одну аминогруппу [1–4]. Доказано, что ГАА образуются в пищевой продукции животного происхождения при ее высокотемпературной обработке [5–7].

В нашей стране ранее не проводилось изучение уровней накопления гетероциклических ароматических аминов при производстве мясных рубленых полуфабрикатов на основе говядины, и оценка влияния технологических параметров их изготовления (способ, температура и продолжительность термообработки, масса изделий, содержание жира в используемом мясном сырье, наличие и дозировки вспомогательного сырья (репчатый лук, сухари панировочные) в рецептурах продуктов, вид и количество используемых для термообработки жиров животного и растительного происхождения и др.) на содержание ГАА в готовых к употреблению продуктах.

Цель исследований – установление рациональных технологических параметров производства рубленых полуфабрикатов на основе говядины, способствующих предотвращению образования гетероциклических ароматических аминов в готовых изделиях.

Материалы и методы исследований. Объекты исследований – рубленые полуфабрикаты на основе говядины, изготовленные при различных технологических параметрах. Методы исследований – стандартные методы исследований показателей качества и безопасности пищевых продуктов.

Результаты и их обсуждение. Установлены рациональные технологические параметры производства рубленых полуфабрикатов на основе говядины с учетом комплексной оценки факторов, оказывающих влияние на предотвращение образования гетероциклических ароматических аминов в готовых изделиях.

При производстве рубленых полуфабрикатов с целью снижения содержания ГАА в данных изделиях подобрано мясное сырье с низким содержанием жира – говядина жилованная высшего сорта (без видимых включений жировой и соединительной ткани), а также опытным путем определена оптимальная масса изделий, оказывающая влияние на снижение содержания ГАА в готовой продукции – не более 75 г.

На основании анализа уровней накопления ГАА при изготовлении рубленых полуфабрикатов на основе говядины при различных температурных режимах жарки ($t = 115^{\circ}\text{C}$, 205°C , 350°C , 430°C) определена рациональная температура данного технологического процесса, способствующая предотвращению образования ГАА в готовой продукции – 115°C (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание гетероциклических ароматических аминов в рубленых полуфабрикатах на основе говядины высшего сорта, подвергнутых жарке при различных температурных режимах

Наименование показателя	Температура жарки, °C			
	115	205	350	430
Содержание гетероциклических ароматических аминов, мкг/100 г	н/о	1,1	4,2	121,2

Источник данных: собственная разработка.

Примечание – н/о - не обнаружено

Изготовлены экспериментальные образцы рубленых полуфабрикатов на основе говядины высшего сорта, подвергнутые жарке при температуре 115°C в течение 15–25 минут с интервалом 5 минут. Установлено, что оптимальная продолжительность термообработки рубленых полуфабрикатов при данном

температурном режиме ($t = 115^{\circ}\text{C}$) составляет 15 минут, что способствует предотвращению образования гетероциклических ароматических аминов в готовой продукции (рисунок 1). При этом использование установленных рациональных технологических параметров жарки рубленых полуфабрикатов позволяет обеспечить соответствующие требованиям нормативной документации микробиологические показатели готовой продукции (КМАФАнМ, БГКП (колиформы) в 1,0 г, патогенные, в т.ч. сальмонеллы, в 25 г, *S. aureus* в 1,0 г, *Proteus* в 0,1 г).

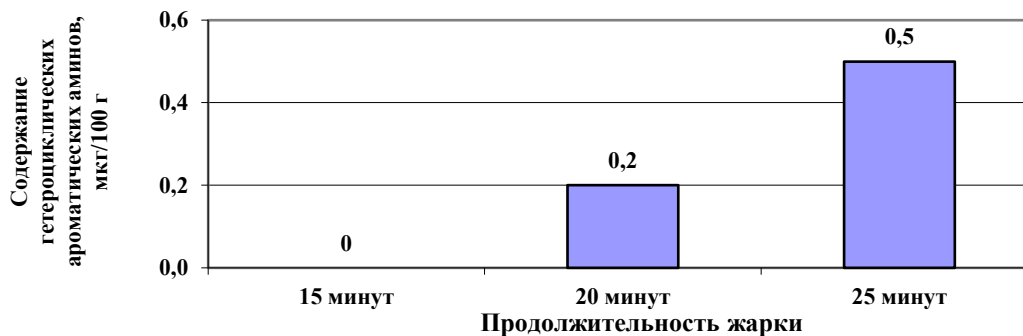


Рисунок 1 – Содержание гетероциклических ароматических аминов в рубленых полуфабрикатах на основе говядины, подвергнутых жарке при разной продолжительности процесса
Источник данных: собственная разработка.

Изучение влияния вида используемых для жарки ($t = 115^{\circ}\text{C}$, $\tau = 15$ минут) рубленых полуфабрикатов (массой 75 г) жиров животного и растительного происхождения – подсолнечного, оливкового масла, подсолнечного масла с добавлением оливкового (соотношение 3:2), рапсового масла, животного жира – позволило установить, что доведение изделий до кулинарной готовности на оливковом масле и подсолнечном масле с добавлением оливкового (соотношение 3:2) способствует предотвращению образования ГАА в готовой продукции (таблица 2). Вместе с тем, опытным путем определено рациональное количество данных масел для жарки рубленых полуфабрикатов на основе говядины – 3 % от массы сырья.

Таблица 2 – Содержание ГАА в рубленых полуфабрикатах, подвергнутых термообработке с использованием различных видов жиров растительного и животного происхождения

Наименование	Вид жиров растительного и животного происхождения				
	Подсолнечное масло	Оливковое масло	Подсолнечное масло с добавлением оливкового (соотношение 3:2)	Рапсовое масло	Животный жир
Рубленые полуфабрикаты	0,2	н/о	н/о	0,3	0,2

Источник данных: собственная разработка.

Примечание – н/о - не обнаружено

Кроме того, перспективным способом доведения до кулинарной готовности рубленых полуфабрикатов является их обработка в пароконвектомате. На основании анализа уровней накопления ГАА в данной продукции при различных температурных режимах ($t = 105^{\circ}\text{C}$, 125°C , 150°C) выявлено, что при термообработке при температуре 105°C в течение 30 минут в рубленых полуфабрикатах не обнаружено ГАА.

Таким образом, на основании комплексного учета технологических факторов, оказывающих влияние на предотвращение образования гетероциклических

ароматических аминов в рубленых полуфабрикатах на основе говядины, разработана технологическая схема изготовления данных изделий, отличающихся сниженным содержанием (отсутствием) ГАА (рисунок 2).

Определено, что в рубленых полуфабрикатах на основе говядины, изготовленных на основании разработанной технологической схемы, включающей комплекс рациональных параметров, отсутствуют ГАА, в то время как в контрольном образце происходит накопление 466,7 мкг/100 г гетероциклических ароматических аминов. Выявлено, что экспериментальные образцы рубленых полуфабрикатов, изготовленные в соответствии с установленными технологическими параметрами (обжарка изделий из говядины высшего сорта массой 75 г при температуре 115°C в течение 15 минут / обработка в пароконвектомате при температуре 105°C в течение 30 минут), отличаются высокой влагоудерживающей способностью – 91,0 % и 90,2 % соответственно, в то время как значение данного показателя в контрольном образце несколько ниже и составляет 83,3 % (рисунок 3). Определено, что предельное напряжение сдвига рубленых полуфабрикатов на основе говядины, изготовленных в соответствии с установленными технологическими параметрами, составляет 1465,5 Па (жарка при $t = 115^{\circ}\text{C}$ в течение 15 минут) и 1457,5 Па (обработка в пароконвектомате при $t = 105^{\circ}\text{C}$ в течение 30 минут), в то время как значение данного показателя для контрольного образца находится на уровне 1539,1 Па, что свидетельствует о более жесткой консистенции данных изделий (рисунок 4).

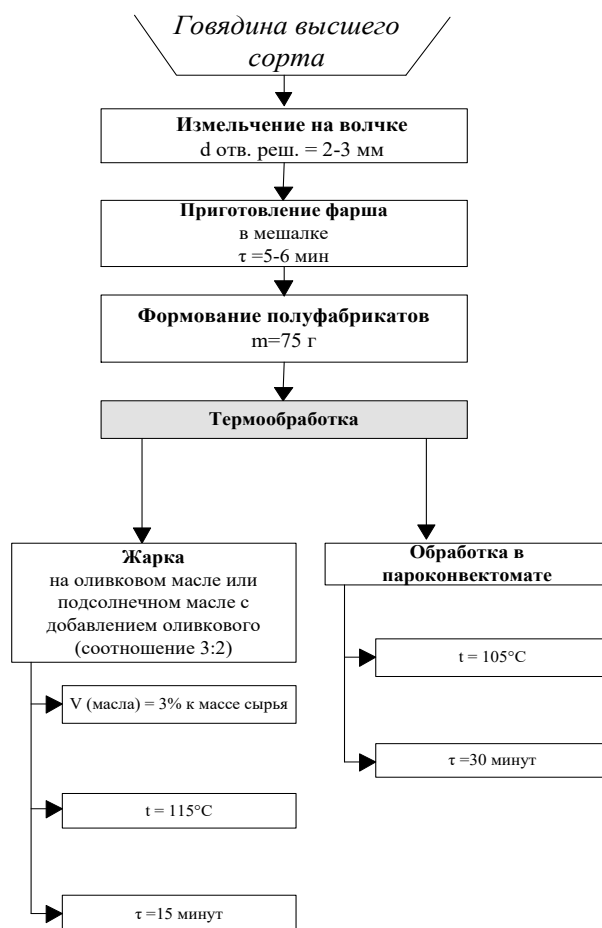


Рисунок 2 – Технологическая схема изготовления рубленых полуфабрикатов на основе говядины, отличающихся сниженным содержанием (отсутствием) гетероциклических ароматических аминов

Источник данных: собственная разработка.

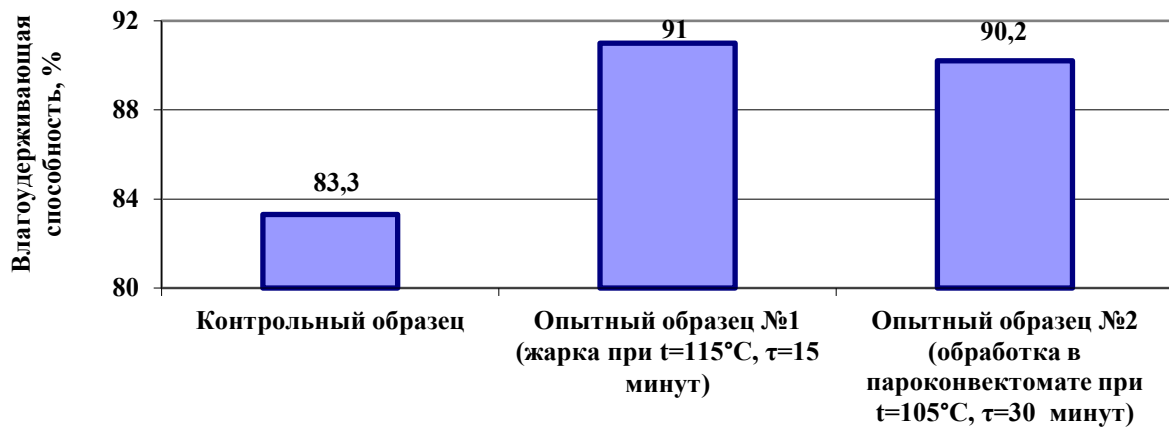


Рисунок 3 – Влагоудерживающая способность рубленых полуфабрикатов на основе говядины

Источник данных: собственная разработка.

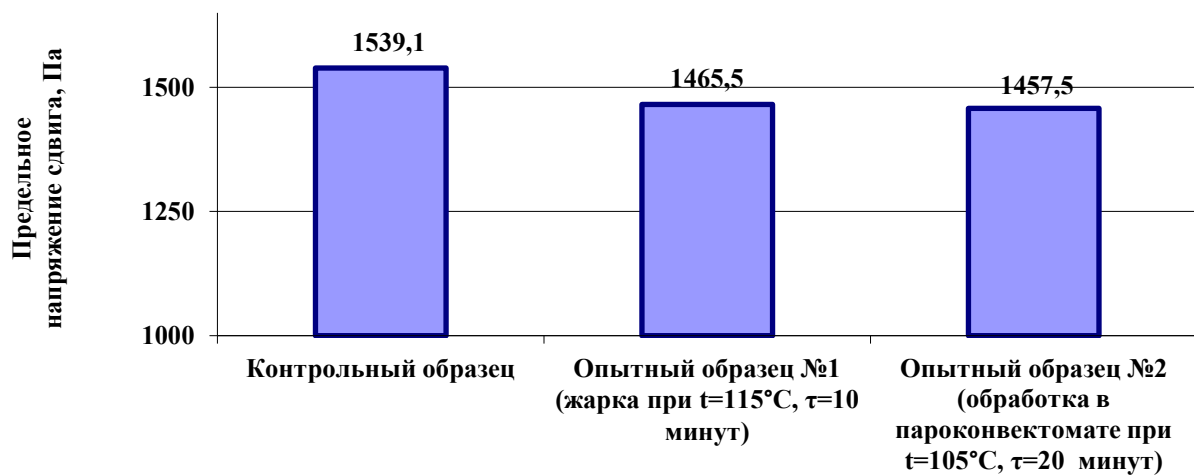


Рисунок 4 – Пределное напряжение сдвига рубленых полуфабрикатов на основе говядины

Источник данных: собственная разработка.

Вместе с тем, жарка рубленых полуфабрикатов на основе говядины высшего сорта массой 75 г при температуре 115°C в течение 15 минут, а также доведение до кулинарной готовности в пароконвектомате при температуре 105°C в течение 30 минут обеспечивает соответствие данной продукции по показателям безопасности (КМАФАнМ, БГКП (колиформы) в 1,0 г, патогенные, в т.ч. сальмонеллы, в 25 г, *S. aureus* в 1,0 г, *Proteus* в 0,1 г) требованиям ТР ТС 034/2013 [8], ТР ТС 021/2011 [9], Санитарных норм и правил «Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам», утвержденных постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 21.06.2013 г. №52, Гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов», утвержденного постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 21.06.2013 г. №52 [10], Гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности продовольственного сырья и пищевых продуктов», утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25.01.2021 г. №37 [11], что подтверждает перспективность выбранных способов термообработки изделий (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели безопасности рубленых полуфабрикатов на основе говядины, доведенных до кулинарной готовности с использованием установленных рациональных технологических параметров

Наименование показателя	Нормируемое значение [9–12]	Фактическое значение	
		Образец № 1 (жарка при $t = 115^{\circ}\text{C}$, $\tau = 15$ минут)	Образец № 2 (обработка в пароконвектомате при $t = 105^{\circ}\text{C}$, $\tau = 30$ минут)
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	1×10^3	$7,9 \times 10^2$	$7,5 \times 10^2$
БГКП (колиформы) в 1,0 г	Не допускаются	Не обнаружено	Не обнаружено
Патогенные, в т.ч. сальмонеллы, в 25 г	Не допускаются	Не обнаружено	Не обнаружено
<i>S.aureus</i> в 1,0 г	Не допускаются	Не обнаружено	Не обнаружено
<i>Proteus</i> в 0,1 г	Не допускаются	Не обнаружено	Не обнаружено

Источник данных: собственная разработка.

Выводы. Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что рациональными технологическими параметрами производства рубленых полуфабрикатов на основе говядины, способствующими предотвращению образования (отсутствию) гетероциклических ароматических аминов в готовой продукции, является изготовление данных изделий массой не более 75 г на основе нежирного сырья (говядина жилованная высшего сорта) с использованием вспомогательного сырья (лук репчатый (2 %), сухари панировочные) с последующей жаркой на оливковом масле или подсолнечном масле с добавлением оливкового (соотношение 3:2) ($V(\text{масла}) = 3\%$ к массе сырья) при низком температурном режиме ($t = 115^{\circ}\text{C}$) в течение 15 минут или обработкой в пароконвектомате при $t = 105^{\circ}\text{C}$ в течение 30 минут. Использование установленных технологических параметров производства рубленых полуфабрикатов на основе говядины, способствующих предотвращению образования ГАА в готовой продукции, также обеспечивает улучшение функционально-технологических (влагоудерживающая способность - 90,2–91,0 %) и структурно-механических (предельное напряжение сдвига - 1457,5–1465,5 Па) показателей изделий и их соответствие по показателям безопасности (КМАФАнМ, БГКП (колиформы), патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы, в 25 г, *S.aureus* в 1,0 г, *Proteus* в 0,1 г) требованиям действующей нормативно-законодательной документации.

Список использованных источников

1. Долгина, Н.А. Гигиеническая характеристика факторов, влияющих на уровни полиароматических углеводородов в пищевой продукции / Н. А. Долгина, Е. В. Федоренко, А. М. Бондарчук // Инновационные технологии в пищевой промышленности : материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., г. Минск, 5–6 окт. 2017 г. / Нац. акад. наук Беларуси, РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию» ; редкол.: З. В. Ловкис [и др.]. – Мн., 2017. – С. 114–117.

1. Dolgina, N.A. Gigienichesкая charakteristika faktorov, vliyayushih na urovni poliaromaticeskikh uglevodorodov v pishевой produkcii [Hygienic characteristics of factors influencing the levels of polyaromatic hydrocarbons in food products] / N. A. Dolgina, E. V. Fedorenko, A. M. Bondarchuk // Innovacionnye tehnologii v pishевой promyshlennosti : materialy XVI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., g. Minsk, 5–6 okt. 2017 g. / Nac. akad. nauk Belarusi, Nauch.-prakt. centr NAN Belarusi, RUP «NPC NAN Belarusi po prodovolstviyu» ; redkol.: Z. V. Lovkis [i dr.]. – Mн., 2017. – S. 114–117.

2. Комплексная оценка содержания полициклических ароматических углеводородов и особенности их накопления в мясной продукции / А. В. Куликовский, И. Ф. Горлов, М. И. Сложенкина [и др.] // Вопросы питания. – 2017. – № 6 (86). – С. 125–133.
2. Kompleksnaya ocenka soderzhaniya policiklicheskih aromaticeskikh uglevodorodov i osobennosti ih nakopleniya v myasnoj produkcii [Comprehensive assessment of the content of polycyclic aromatic hydrocarbons and the peculiarities of their accumulation in meat products] / A. V. Kulikovskij, I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina [i dr.] // Voprosy pitaniya. – 2017. – № 6 (86). – S. 125–133.
3. Куликовский, А. В. Риски образования гетероциклических ароматических аминов в мясной продукции / А. В. Куликовский, Д. А. Утьянов, А. С. Князева // Мясная индустрия. – 2020. – № 8. – С. 50–52.
3. Kulikovskij, A. V. Riski obrazovaniya geterociklicheskih aromaticeskikh aminov v myasnoj produkcii [Risks of formation of heterocyclic aromatic amines in meat products] / A. V. Kulikovskij, D. A. Utyanov, A. S. Knyazeva // Myasnaya industriya. – 2020. – № 8. – S. 50–52.
4. Утьянов, Д. А. Исследование накопления гетероциклических ароматических аминов во вторых обеденных блюдах с гарниром охлажденных / Д. А. Утьянов, А. В. Куликовский, А. С. Князева // Все о мясе. – 2020. – № 5. – С. 30–32.
4. Utyanov, D. A. Issledovanie nakopleniya geterociklicheskih aromaticeskikh aminov vo vtoryh obedennyh blyudah s garnirom ohlazhdennyh [Study of accumulation of heterocyclic aromatic amines in second courses with chilled side dishes] / D. A. Ut'yanov, A. V. Kulikovskij, A. S. Knyazeva // Vse o myase. – 2020. – № 5. – S. 30–32.
5. Беркетова, Л. В. Канцерогенные соединения, образующиеся в пищевых продуктах под действием тепловой обработки / Л. В. Беркетова, А. Д. Захарова // Бюллетень науки и практики. – 2017. – № 2(15). – С. 115–120.
5. Berketova, L. V. Kancerogennye soedineniya, obrazuyushiesya v pishevyh produktah pod dejstviem teplovoj obrabotki [Carcinogenic compounds formed in food products during heat treatment] / L. V. Berketova, A. D. Zaharova // Byulleten nauki i praktiki. – 2017. – № 2(15). – S. 115–120.
6. Накопление канцерогенных веществ в жареных котлетах в зависимости от температуры обработки / А. В. Куликовский, Д. А. Утьянов, Н. Л. Вострикова, А. Н. Иванкин // Всё о мясе. – 2018. – № 2. – С. 32–35.
6. Nakoplenie kancerogennyh veshestv v zharenyh kotletah v zavisimosti ot temperatury obrabotki [Accumulation of carcinogenic substances in fried cutlets depending on the processing temperature] / A. V. Kulikovskij, D. A. Utyanov, N. L. Vostrikova, A. N. Ivankin // Vsy o myase. – 2018. – № 2. – S. 32–35.
7. Механизм образования гетероциклических ароматических аминов в пищевой продукции / Д. А. Утьянов, А. В. Куликовский, Н. Л. Вострикова, О. А. Кузнецова // Птица и птицепродукты. – 2019. – № 4. – С. 26–29.
7. Mehanizm obrazovaniya geterociklicheskih aromaticeskikh aminov v pishevoj produkcii [The mechanism of formation of heterocyclic aromatic amines in food products] / D. A. Utyanov, A. V. Kulikovskij, N. L. Vostrikova, O. A. Kuznecova // Ptica i pticeprodukty. – 2019. – № 4. – S. 26–29.
8. О безопасности мяса и мясной продукции : ТР ТС 034/2013 : срок действия с 09.10.2013 (переиздание 10.07.2024) / Евразийская экономическая комиссия. – Мн. : Госстандарт : Бел. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2024. – 55 с.
8. O bezopasnosti myasa i myasnoj produkcii [On the safety of meat and meat products] : TR TS 034/2013 : srok dejstviya s 09.10.2013 (pereizdanie 10.07.2024) / Evrazijskaya ekonomicheskaya komissiya. – Mn. : Gosstandart : Bel. gos. in-t standartizacii i sertifikacii, 2024. – 55 s.
9. О безопасности пищевой продукции : ТР ТС 021/2011 : срок действия с 09.12.2011 (переиздание 01.07.2013) / Евразийская экономическая комиссия. – Мн. : Госстандарт : Бел. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2013. – 196 с.
9. O bezopasnosti pishevoj produkcii [On food safety] : TR TS 021/2011 : srok dejstviya s 09.12.2011 (pereizdanie 01.07.2013) / Evrazijskaya ekonomicheskaya komissiya. – Mn. : Gosstandart : Bel. gos. in-t standartizacii i sertifikacii, 2013. – 196 s.

10. Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам», Гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов» : [утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 21 июня 2013 г. № 52 : вступ. в силу с изм. от 15 дек. 2017 г.]. – Мн. : Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Минск, 2017. – 522 с.

11. Об утверждении Гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности продовольственного сырья и пищевых продуктов» : [утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 25 янв. 2021 г. №37 : вступ. в силу с изм. от 5 марта 2021 г.]. – Мн. : Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Мн., 2021. – 1255 с.

10. Ob utverzhdenii Sanitarnykh norm i pravil «Trebovaniya k prodovolstvennomu syryu i pishevym produktam», Gigienicheskogo normativa «Pokazateli bezopasnosti i bezvrednosti dlya cheloveka prodovolstvennogo syrya i pishevyyh produktov» [On approval of the Sanitary Norms and Rules "Requirements for Food Raw Materials and Food Products" and the Hygienic Standard "Indicators of Safety and Harmlessness for Humans of Food Raw Materials and Food Products"] : [utv. postanovleniem M-va zdavoohraneniya Resp. Belarus ot 21 iyunya 2013 g. № 52 : vstup. v silu s izm. ot 15 dek. 2017 g.]. – Mn. : Nac. pravovoj Internet-portal Resp. Belarus. – Minsk, 2017. – 522s.

11. Ob utverzhdenii Gigienicheskogo normativa «Pokazateli bezopasnosti i bezvrednosti prodovolstvennogo syrya i pishevyyh produktov» [On approval of the Hygienic Standard "Indicators of safety and harmlessness of food raw materials and food products"] : [utv. postanovleniem Soveta Ministrov Resp. Belarus ot 25 yanv. 2021 g. №37 : vstup. v silu s izm. ot 5 marta 2021 g.]. – Mn. : Nac. pravovoj Internet-portal Resp. Belarus. – Mn., 2021. – 1255 s.

ТЕХНОЛОГИЯ САНИТАРНОЙ ОБРАБОТКИ

УДК [579.63+614.48]:[637.1.02+637.5.02]

Поступила в редакцию 09 декабря 2025 года

*Т.В. Ховзун, Т.А. Савельева, к.в.н., доцент, А.В. Шах, Е.В. Петрущенко
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДА CIP-МОЙКИ ПРИ МНОГОКРАТНОМ ПРИМЕНЕНИИ РАБОЧЕГО РАСТВОРА

*T. Khovzun, T. Savelyeva, A. Shah, E. Petrushchenko
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

EFFICIENCY OF THE CIP-WASHING METHOD WITH REPEATED USE OF THE WORKING SOLUTION

e-mail: t.savelyeva@tut.by, serebrjakova@rembler.ru

В ходе исследования выявлено, что по мере увеличения числа циклов использования рабочего раствора наблюдаются изменения его физико-химических свойств. Концентрация активной щёлочи снижалась после каждого цикла, что связано с нейтрализацией загрязнений и частичным разбавлением. Показатель ХПК возрастал пропорционально количеству циклов, указывая на накопление органических соединений. Микробиологические показатели указывают на необходимость ограничения числа повторных применений раствора для предотвращения накопления устойчивых загрязнений и микроорганизмов.

Ключевые слова: CIP-мойка, циркуляционная мойка, моющие и моюще-дезинфицирующие средства, органические загрязнения, микробиологическая безопасность.

In the course of the study, it was revealed that as the number of cycles of using the working solution increases, changes in its physical and chemical properties are observed. The concentration of active alkali decreased after each cycle, which is due to the neutralization of contaminants and partial dilution. The COD value increased proportionally to the number of cycles, indicating the accumulation of organic compounds. The microbiological indicators indicate the need to limit the number of repeated applications of the solution to prevent the accumulation of persistent contaminants and microorganisms.

Key words: CIP washing, circulating washing, detergents and disinfectants, organic contaminants, microbiological safety.

Введение. Процессы санитарной обработки технологического оборудования в молочной промышленности являются критически важным элементом обеспечения микробиологической безопасности и стабильного качества продукции. В условиях высокой чувствительности молока и молочных смесей к микробиологическому загрязнению эффективность этапов мойки напрямую определяет санитарное состояние оборудования, стабильность технологического процесса и безопасность конечного продукта.

CIP-мойка (Cleaning-in-Place) получила широкое распространение благодаря возможности автоматизации, исключению разборки оборудования и обеспечению высокой повторяемости технологических параметров. В молочной промышленности наиболее распространёнными моющими средствами остаются щёлочные растворы, эффективно удаляющие белково-жировые загрязнения, возникающие при пастеризации, нормализации, сепарировании, ферментации и транспортировке молочного сырья. Используются также импортные концентрированные добавки для кислотных моющих средств [1].

На большинстве предприятий замена моющего раствора производится после каждого или нескольких циклов, что обусловлено потенциальным снижением концентрации активных компонентов, изменением pH, накоплением органических

остатков и повышением микробного числа. Однако подобный подход приводит к увеличению затрат химических реагентов, воды, энергоресурсов и увеличению объёма сточных вод [3]. В условиях роста требований к экологической устойчивости и оптимизации операционных затрат всё большее значение приобретает оценка возможности многократного использования моющих растворов без снижения эффективности СІР-мойки.

Несмотря на наличие отдельных исследований [2, 4] по стабильности щёлочных моющих растворов и их способности сохранять моющую активность при повторном использовании, систематизированных данных, отражающих влияние многократного рецикла на эффективность удаления типичных молочных загрязнений, недостаточно. Также недостаточно изучены параметры, критические для сохранения работоспособности раствора при повторных циклах, включая концентрацию поверхностно-активных веществ, степень органического загрязнения, температуру, длительность контакта и турбулентность потока.

В этой связи исследование эффективности СИП-мойки при многократном использовании рабочего раствора щёлочи является актуальной задачей, имеющей значительное значение как для повышения производственной эффективности, так и для уменьшения экологической нагрузки. Зачастую наблюдается нехватка практических рекомендаций, учитывающих реальные условия производства, типовые загрязнения молочного оборудования и влияние многократного рецикла раствора на эффективность СІР-мойки.

Цель исследования – оценить изменение эффективности СІР-мойки при многократном использовании рабочего раствора щёлочи и определить предельное количество циклов его повторного применения, обеспечивающее требуемый санитарный уровень оборудования.

Метод и методология проведения исследований. Исследовали последовательные циклы СІР-мойки технологического оборудования (вакуум-выпарная установка, резервуары сырого молока, технологическое оборудование цеха молочной продукции) молокоперерабатывающего предприятия, при которых один и тот же рабочий раствор использовался многократно (до 4–5 циклов). При этом отбирали пробы раствора после каждого цикла и анализировали органолептические и физико-химические параметры.

Моющую способность моющих и моюще-дезинфицирующих средств определяли по методике, изложенной в ОСТ 6-15-1662-90 Средства чистящие бытовые. Методика определения моющей способности.

Изучение антимикробной активности в лабораторных условиях проводили согласно: «Методы проверки и оценки антимикробной активности дезинфицирующих и антисептических средств» Инструкция по применению № 11-20-204-2003, утв. 22.12.2003 г.

Для оценки эффективности моющих и моюще-дезинфицирующих средств, а также установленных режимов их применения при санитарной обработке технологического оборудования методом СІР-мойки были взяты пробы на остаточное количество белка при помощи индикаторных тестов «Rida Check», на остаточное количество жира согласно «Простейшие инструментальные методы контроля в практике санитарно-пищевого надзора» (Методическое письмо Министерства здравоохранения СССР, 1979 г.), а также был произведен отбор проб смывов и отпечатков с поверхности технологического оборудования для определения фактической контаминации до мойки и после многократного использования моющих и моюще-дезинфицирующих.

Микробиологические исследования проводили по следующим показателям: КМАФАнМ по ГОСТ 10444.15-94, БГКП по ГОСТ 31747-2012, *Staphylococcus aureus* по ГОСТ 30347-2016, *Listeria monocytogenes* по ГОСТ 32031-2012.

Взвешенные частицы определяли по методике, изложенной в РД 52.24.468-2019 «Массовая концентрация взвешенных веществ и сухого остатка в водах». Оценку органического загрязнения (химическое потребление кислорода – ХПК) проводили согласно ГОСТ 31859-2012, показатель концентрации водородных ионов (рН) – ГОСТ 22567.5, в соответствии с инструкцией к иономеру. Органолептические свойства отработанных моющих растворов (мутность, цветность) исследовали по ГОСТ 1030-81.

Результаты и их обсуждение. Для достижения поставленной цели проведены исследования органолептических и физико-химических показателей образцов моющего рабочего раствора средства «Сода каустическая жидкая 50 %» после его многократного использования для проведения санитарной обработки технологического оборудования методом СР-мойки. Результаты испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Органолептические и физико-химические показатели моющего раствора после его многократного использования для проведения санитарной обработки методом СР-мойки технологического оборудования молокоперерабатывающего предприятия

Показатели	Исходный моющий раствор	После 1-ой мойки	После 2-ой мойки	После 3-ой мойки	После 4-ой мойки
1	2	3	4	5	6
Вакуум-выпарная установка					
рН, ед.	13,3±0,3	12,0±0,06	10,8±0,73	9,7±0,05	8,2±0,06
Взвешенные частицы, г/л	0	1,2±0,02	2,67±0,6	3,73±0,7	5,1±0,1
Осадок, % от объема	0	3,03±0,3	4,97±0,9	6,07±0,06	8,1±0,1
Цветность	Бесцветная жидкость	Желто-белая жидкость	Суспензия желто-белого цвета	Суспензия желто-белого цвета	Суспензия желто-белого цвета
Мутность	Мутность не заметна	Слабая опалесцирующая мутность	Мутная жидкость	Мутная жидкость	Сильная мутность
Наличие посторонних запахов	Отсутствует	Отсутствует	Присутствует незначительный запах	Присутствует запах	Присутствует сильный запах
Резервуары сырого молока					
рН, ед.	13,23±0,03	12,1±0,01	11,1±0,01	10,47±0,06	9,53±0,04
Взвешенные частицы, г/л	0	1,03±0,04	1,5±0,01	2,3±0,01	3,83±0,04
Осадок, % от объема	0	1,16±0,06	2,5±0,01	4,3±0,01	5,6±0,03
Цветность	Бесцветная жидкость	Бесцветная жидкость	Слабо-беловатая жидкость	Желто-белая жидкость	Желто-белая жидкость
Мутность	Мутность не заметна	Мутность не заметна	Слабая опалесцирующая мутность	Слабая мутность	Мутная жидкость
Наличие посторонних запахов	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Присутствует запах

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Технологическое оборудование цеха молочной продукции					
рН, ед.	12,76±0,06	11,8±0,01	11,03±0,03	10,36±0,06	9,33±0,03
Взвешенные частицы, г/л	0	1,2±0,03	1,6±0,06	2,83±0,03	4,1±0,01
Осадок, % от объема	0	1,1±0,063	2,7±0,01	3,9±0,03	5,6±0,06
Цветность	Бесцветная жидкость	Бесцветная жидкость	Слабо-беловатая жидкость	Желто-белая жидкость	Желто-белая жидкость
Мутность	Мутность не заметна	Слабая опалесцирующая мутность	Слабая мутность	Мутная жидкость	Сильная мутность
Наличие посторонних запахов	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Присутствует незначительный запах	Присутствует запах

Источник данных: собственная разработка

Как видно из представленных результатов исследований (таблица 1), по мере увеличения числа циклов использования наблюдаются изменения его органолептических и физико-химических показателей рабочего раствора каустической соды.

После многократного использования рабочего раствора для проведения санитарной обработки методом СР-мойки технологического оборудования (вакуум-выпарной установки) получены следующие данные: рН исходного раствора находился на уровне 13,3±0,3 ед., и достоверно снижался при последовательные циклах СР-мойки, достигая значения 8,2±0,06 ед. после 4-го цикла мойки. При этом наблюдалось достоверное накопление взвешенных частиц – полное отсутствие в исходном растворе до 5,1±0,1 г/л после 4-го цикла, нарастал осадок – после 4-й мойки составил 8,1±0,1 % от объема рабочего раствора. Исследования показали, что моющий раствор после 2-ой мойки представлял собой мутную суспензию желто-белого цвета с наличием незначительного запаха, а после 4-го цикла – наблюдалась суспензия желто-белого цвета, сильной мутности с присутствием сильно выраженного запаха. Отмечено, что показатель ХПК возрастал пропорционально количеству циклов и после 4-ой мойки составил 4500±0,5 мг О₂/л, указывая на накопление органических соединений.

Как видно из представленных результатов исследований образцов рабочего раствора при многократном его использования при санитарной обработке технологического оборудования цеха молочных продуктов и резервуаров сырого молока (таблица 1), динамика физико-химических показателей сопровождалась снижением рН, нарастанием количества взвешенных частиц и осадка. Органолептически отмечено изменение цветности рабочего раствора от бесцветной до желто-белой жидкости, увеличение мутности до сильной степени и наличие посторонних запахов, которые присутствовали уже после 3 и 4-го цикла мойки.

Исследование степени загрязненности растворов каустической соды в процессе мойки различных видов оборудования позволили выявить неравномерность количественного и качественного состава отработанного моющего раствора.

Так, степень повышения ХПК и взвешенных веществ особенно возрастала в цехах по производству молочной продукции: творожных изделий, йогуртов, сгущенных продуктов. На поверхности оборудования в процессе выработки подобных продуктов образуются значительные отложения, содержащие белковый, жировой и минеральный компоненты сырья. При этом щелочность растворов каустической соды находилась на требуемом уровне.

Загрязненность же органическими частицами многократно используемого раствора постоянно возрастала (рисунок 1).



а)



б)



в)

Рисунок 1 – Загрязнение моющего раствора в процессе мойки технологического оборудования: а) резервуаров сырого молока, б) вакуум-выпарной установки, в) технологическое оборудование стерилизованных молочных продуктов (кратность применения раствора: I – исходный; II-после 1-й мойки; III-после 2-й; IV-после 3-й; V-после 4-й; VI – после 5-й мойки)

Источник данных: собственная разработка

Установлено, степень загрязненности (ХПК) отработанных моющих растворов обусловлена на 80–85 % наличием органических веществ, связанных с отложением белковых и жировых фракций молока. При этом наличие высоких концентраций органических частиц приводит к образованию устойчивых эмульсий, ухудшающих массовый обмен и механическое воздействие моющего потока.

Анализ полученных данных показал, что отработанные моющие растворы после мойки резервуаров для молока снизили щелочность на 30–32 %, соответственно снизилась электропроводность в таком же диапазоне. Загрязненность раствора белковыми жировыми остатками молока через 4 мойки составила 2722 мг О₂/л. Микробная контаминация по показателю КМАФАнМ > 100 КОЕ/см³, обнаружены БГКП. Отработанные растворы каустической соды представляли собой мутную жидкость желто-белого цвета с наличием запаха и концентрацией осадка более 5,0 % от объема. Содержание взвешенных частиц составило от 3,8 г/л до 3,9 г/л.

Степень загрязненности органикой отработанных растворов каустической соды после мойки вакуум-выпарных установок выше, чем степень загрязненности рабочих растворов каустической соды после их многократного использования для проведения санитарной обработки методом СІР-мойки технологического оборудования цеха молочной продукции, технологического оборудования цеха стерилизованных молочных продуктов и резервуаров сырого молока, и уже после 3-й мойки составила 3800 мг О₂/л, что зависит от молочно-белковых фракций, остающихся на поверхности оборудования.

В таблице 2 представлены результаты исследований микробных загрязнений моющего раствора после его многократного использования для проведения санитарной обработки методом СІР-мойки технологического оборудования.

Таблица 2 – Микробные загрязнения моющего раствора после его многократного использования для проведения санитарной обработки методом СІР-мойки

Показатели	Исходный моющий раствор	После 1-ой мойки	После 2-ой мойки	После 3-ей мойки	После 4-ой мойки	После 5-ой мойки
Вакуум-выпарная установка						
КМАФАнМ, КОЕ/см ³	1,1± 0,1×10 ¹	6,2± 0,09×10 ¹	7,2± 0,1×10 ¹	9,1± 0,1×10 ¹	1,2± 0,09×10 ²	1,1± 0,05×10 ²
БГКП, КОЕ/см ³	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
<i>St. aureus</i> , КОЕ/см ³	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
<i>L. monocytogenes</i> , КОЕ/см ³	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
Резервуар сырого молока						
КМАФАнМ, КОЕ/см ³	1,0± 0,6×10 ¹	5,1± 0,07×10 ¹	7,8± 0,1×10 ¹	9,1± 0,05×10 ¹	1,2± 0,09×10 ²	1,5± 0,06×10 ²
БГКП, КОЕ/см ³	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	0,2± 0,03×10 ¹	0,52± 0,08×10 ¹
<i>St. aureus</i> , КОЕ/см ³	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
<i>L. monocytogenes</i> , КОЕ/см ³	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
Технологическое оборудование цеха молочных продуктов						
КМАФАнМ, КОЕ/см ³	1,1± 0,6×10 ¹	5,4± 0,6×10 ¹	8,6± 0,03×10 ¹	1,2± 0,07×10 ²	1,4± 0,07×10 ²	1,8± 0,07×10 ²
БГКП, КОЕ/см ³	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	0,4± 0,1×10 ¹	0,8± 0,05×10 ¹
<i>St. aureus</i> , КОЕ/см ³	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
<i>L. monocytogenes</i> , КОЕ/см ³	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.

Источник данных: собственная разработка

Микробиологический контроль показал, что при использовании раствора до 3-ех циклов остаточное микробное число на поверхностях не превышало нормативных значений. При большем количестве циклов отмечено увеличение микробного числа, что свидетельствует о снижении санитарной эффективности процесса.

Микробная контаминация после мойки вакуум-выпарных установок находилась в пределах допустимого только после трехкратного применения раствора и после четвертой мойки общая бактериальная обсемененность раствора превышала 100 КОЕ/см³. КМАФАнМ в пробах моющих растворов после четвертой мойки резервуаров сырого молока также превышала 100 КОЕ/см³. Кроме этого в пробах были обнаружены бактерии группы кишечной палочки. В пробах рабочих растворов каустической соды после их многократного использования для проведения санитарной обработки методом СІР-мойки технологического оборудования цеха молочной продукции и санитарной обработки методом СІР-мойки технологического оборудования цеха стерилизованных молочных продуктов микробная контаминация уже после 3-ой мойки превышала пределы допустимого (>100 КОЕ/см³), а после 4-ой мойки также обнаружены БГКП. Таким образом, моющий раствор не только насыщается органическими веществами, но и становится источником микробиологической контаминации.

На основании полученных данных и их анализа были определены два типа критериев качества и безопасности щелочного моющего раствора при многократном его использовании с автоматической подпиткой концентрированным средством:

– основные: рН $\geq 12,0 \pm 1,0$; ХПК: $\leq 2000,0$ мг О₂/л; КМАФАнМ < 100 КОЕ/см³; БГКП: отсутствие в 1 см³,

– факультативные (органолептические и физико-химические показатели): взвешенные частицы $\leq 2,0-2,5$ г/л; осадок от объема моющего раствора ≤ 5 %; запах – отсутствие посторонних запахов.

Выводы: Установлено, что многократное использование моющего рабочего раствора средства «Сода каустическая жидкая 50 %» возможно без потери эффективности СІР-мойки до определённого количества циклов (не более 2 циклов), зависящего от концентрации NaOH и уровня загрязнённости оборудования. При увеличении числа циклов происходит достоверное изменение органолептических и физико-химических параметров раствора: снижение рН раствора (концентрации активной щёлочи), рост содержания органических примесей. Микробиологические показатели также указывают на необходимость ограничения числа повторных применений раствора для предотвращения накопления устойчивых загрязнений и микробных форм.

Таким образом, снижение моющей способности становится статистически значимым при превышении порогового количества циклов использования.

Данные исследования проведены в рамках выполнения задания 5.21. «Исследование эффективности метода автоматизированных циркуляционных систем мойки (СІР-мойки) в установленных режимах при санитарной обработке технологического оборудования» подпрограммы «Продовольственная безопасность» ГПНИ «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность», 2021 – 2025 годы.

Список использованной литературы

1. Арлашкин, А. А. СІР-мойка в мягкой воде / А. А. Арлашкин // Молочная промышленность. – 2016. – № 4. – С. 70.

1. Arlashkin, A. A. SIP-mojka v myagkoj vode [SIP-washing in soft water] / A.A. Arlashkin // Molochnaya promyshlennost. – 2016. – № 4. – S. 70.

2. Горячий, Н. В. Системы регенерации моющих растворов на молокоперерабатывающих предприятиях / Н. В. Горячий, Т. А. Кравцова, Н. А. Чиков // Молочная промышленность. – 2013. – № 2. – С. 16–18.

3. Загрязненность отработанных моющих растворов при многократном использовании / Ж. И. Кузина, Б. В. Маневич, Т. В. Косьяненко [и др.] // Молочная промышленность. – 2019. – № 11. – С. 54–55.

4. Современные системы CIP-мойки // Молочная промышленность. – 2015. – № 6. – С. 54–55.

2. Goryachiy, N. V. Sistemy regeneracii moyushih rastvorov na molokopererabatyvayushih predpriyatiyah [Detergent solution regeneration systems at milk processing plants] / N. V. Goryachiy, T. A. Kravtsova, N. A. Chikov // Molochnaya promyshlennost. – 2013. – № 2. – S. 16–18.

3. Zagryaznennost otrabotannyh moyushih rastvorov pri mnogokratnom ispolzovanii [Contamination of wastewater detergent solutions during repeated use] / Zh. I. Kuzina, B. V. Manevich, T. V. Kosyanenko [i dr.] // Molochnaya promyshlennost. – 2019. – № 11. – S. 54–55.

4. Sovremennye sistemy CIP-mojki [Modern CIP-washing systems] // Molochnaya promyshlennost. – 2015. – № 6. – S. 54–55.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Объем статьи (текст, список использованных источников, резюме с Ф.И.О. авторов и названием статьи на русском и английском языках, подписи к рисункам, таблицы) должен составлять 14 000–20 000 знаков, количество рисунков и таблиц – не более 7.

2. Статья должна иметь индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК), рубрики, если применимо, «Введение», «Материалы и методы исследования», «Результаты и их обсуждение», «Выводы». Пример оформления начала статьи приведен ниже:

УДК 637.346

Поступила в редакцию 12 апреля 2017 года

А.А. Петров¹, к.т.н., доцент, И.В.Иванов², д.т.н., профессор

¹Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь

²Белорусский государственный ветеринарный центр, Минск, Республика Беларусь

ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА

A. Petrov¹, I. Ivanov²

¹Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Belarus

²Belarusian state veterinary center, Minsk, Belarus

TECHNOLOGIES OF PROCESSING OF MILK

e-mail: petrov@tut.by, ivanov@mail.ru

3. Указываются фамилия, имя, отчество, звание, ученая степень всех авторов на русском и английском языках. Полное название организации - место работы каждого автора в именительном падеже, страна, город (на русском и английском языке). Если все авторы работают в одном учреждении, можно не указывать отдельно для каждого. Адрес электронной почты для каждого из авторов. Название статьи на русском и английском языках.

4. Аннотацию на русском и английском языках объемом 2000 знаков (200-250 слов) (в зависимости от объема статьи). Ключевые слова приводятся на русском и английском языках (не более 10 слов).

5. Электронный вариант статьи должен быть набран в Word; шрифт типа «Times New Roman», размер 12 pt; междустрочный интервал – одинарный; абзацный отступ – 1,25 см. Устанавливаются следующие размеры полей: верхнего и нижнего – 20 мм, зеркальные: внутри – 27 мм, снаружи 27 мм.

6. Иллюстрации оформляются следующим образом: пояснительные данные отделяют свободной строкой и помещают под иллюстрацией, а со следующей строки – слово «Рисунок», номер и наименование, отделяя знаком тире номер от наименования. Выше и ниже изображения с пояснительными данными необходимо оставлять по одной свободной строке. Пример оформления рисунка:

ИЗОБРАЖЕНИЕ

1 – гомогенизатор, 2 – пастеризатор

Рисунок 1 – Принципиальная схема

Источник данных: собственная разработка.

7. Таблица должна иметь краткий заголовок, который состоит из слова «Таблица», ее порядкового номера и названия, отделенного от номера знаком тире. Заголовок следует помещать над таблицей без отступа сначала строки, после заголовка оставлять одну свободную строку. Выше и ниже таблицы с заголовком необходимо оставлять по одной свободной строке. Пример оформления таблицы представлен ниже:

Таблица 1 – Результаты исследований

Наименование показателя, единица измерения	Значение	
	обезжиренное	цельное
Массовая доля жира, %		

Источник данных: собственная разработка.

8. Пристатейные ссылки и/или списки литературы (не менее 5 названий) должен содержать только те источники, ссылки на которые есть в тексте статьи, и в той последовательности, как они упомянуты в тексте. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются. Не рекомендуется ссылаться на литературу более чем 10-летней давности. Ссылка на каждый источник приводится на том языке, на котором он опубликован. После списка литературы следует привести его в транслитерированном в латиницу виде, добавляя в квадратных скобках перевод названия на английский язык. (Транслитерацию возможно выполнить с помощью электронного ресурса – сайта <http://translit.net> с параметрами по умолчанию.) При оформлении списка на русском языке следует руководствоваться инструкцией, размещенной на сайте ВАК РБ, доступной по ссылке: <http://www.vak.org.by/index.php?go=Pages&in=view&id=272>.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПЕРЕРАБОТКИ МЯСНОГО И МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ

**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ 2024
Выпуск № 19**

Ответственный за выпуск
Е.Д. Шегидевич

Подписано в печать 29.12.2025 г. Формат 60x84¹/₈
Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 36,27. Уч.-изд. л. 26,35
Тираж 100 экз. Заказ № 22.

РУП «Институт мясо-молочной промышленности».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№1/249 от 27.03.2014.
Партизанский пр., 172, 220075, Минск
Тел./факс: (017) 373-38-52.
E-mail: info@instmmp.by

Отпечатано с оригинал-макета заказчика.
Государственное предприятие «Институт системных исследований
в АПК НАН Беларуси».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/39 от 20.09.2013.
ул. Казинца, 103, 220108, Минск.