

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* SSP. *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 видовой 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 pH 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.

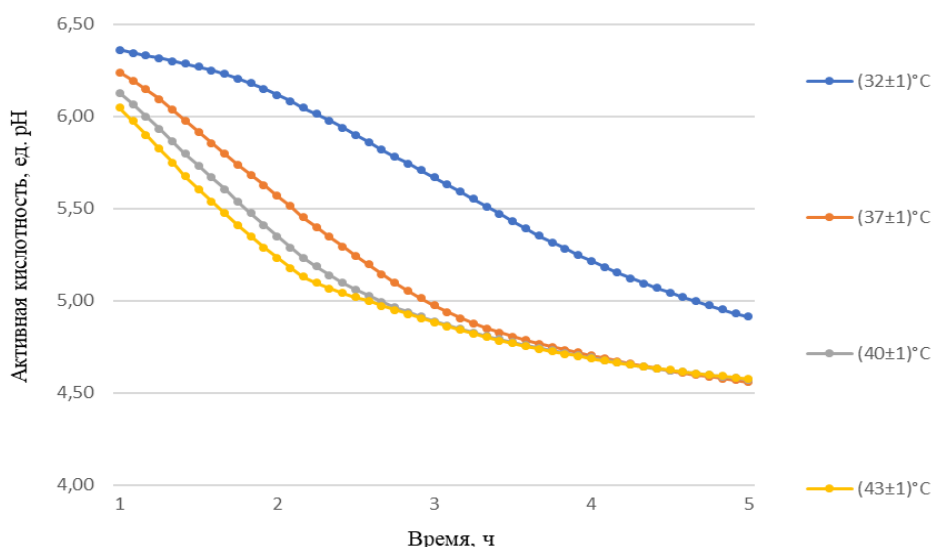


Рисунок 1– Изменение активной кислотности при ферментации молочного сырья культурой 606 ST-A при различных температурах

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 $(43\pm 1)^\circ\text{C}$.

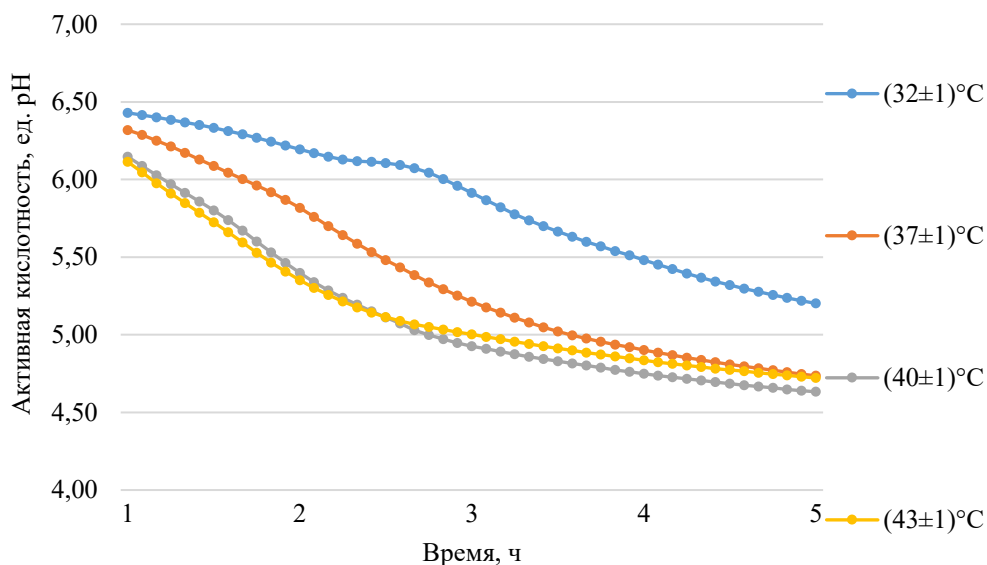


Рисунок 2 – Изменение активной кислотности при ферментации молочного сырь­я культурой 2083 ST-A при различных температурах
Источник данных: собственная разработка.

Анализируя рисунок 2, установлено, что при ферментации молочного сы­рья 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 $(43\pm 1)^\circ\text{C}$.

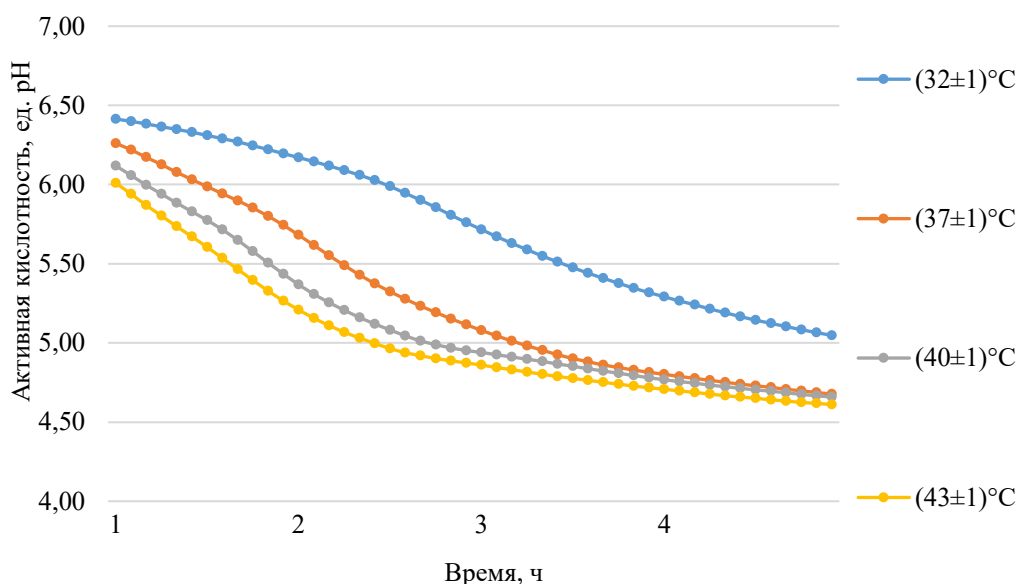


Рисунок 3 – Изменение активной кислотности при ферментации молочного сы­рья культурой 2086 ST-A при различных температурах
Источник данных: собственная разработка.

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 $(43\pm 1)^\circ\text{C}$.

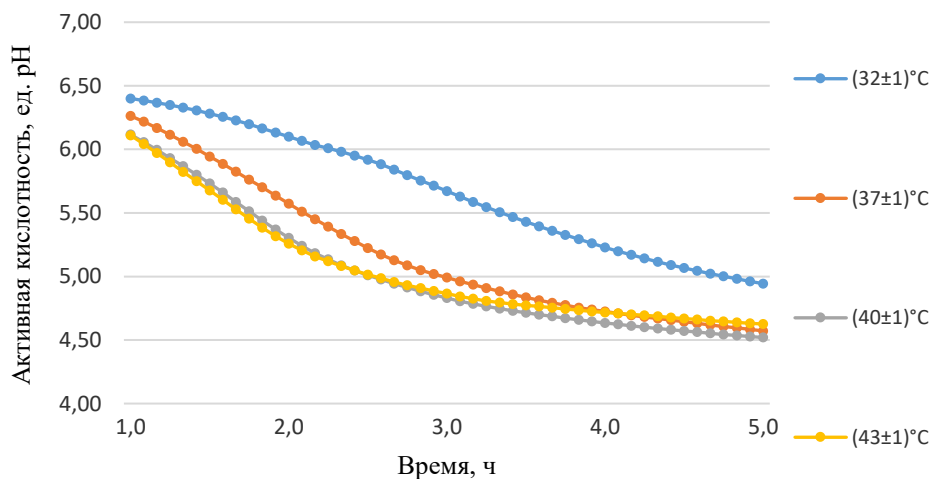


Рисунок 4 – Изменение активной кислотности при ферментации молочного сыря культурой 2756 ST-A при различных температурах
Источник данных: собственная разработка.

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 $(43\pm 1)^\circ\text{C}$.

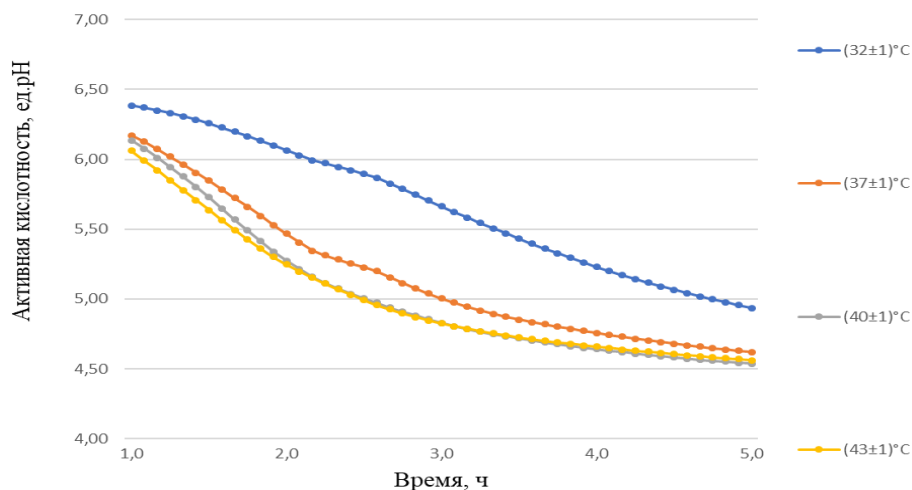


Рисунок 5 – Изменение активной кислотности при ферментации молочного сыря культурой 2758 ST-A при различных температурах
Источник данных: собственная разработка.

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 $(43\pm 1)^\circ\text{C}$.

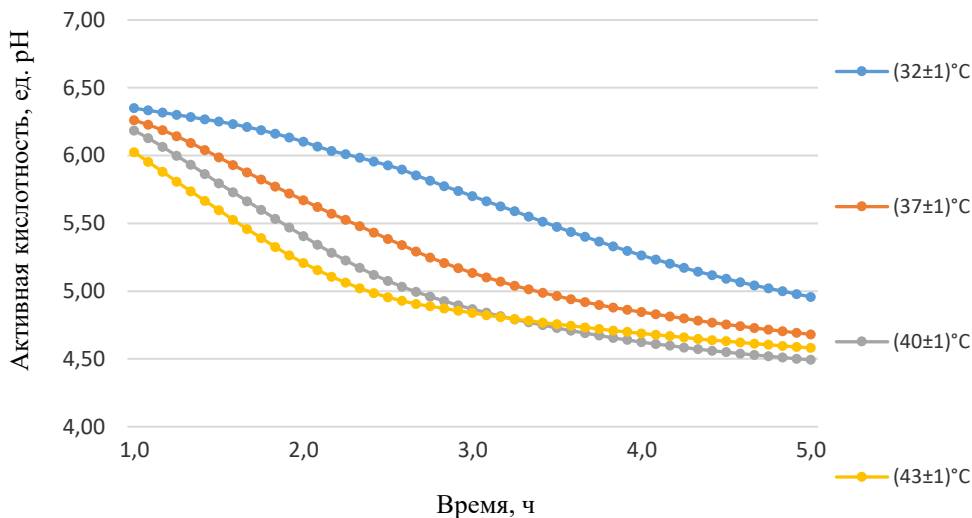


Рисунок 6 – Изменение активной кислотности при ферментации молочного сырья культурой 2107 ST-A при различных температурах
Источник данных: собственная разработка.

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 termofilnykh 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. Meleshenya (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. : Стандартинформ, 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/jhdn36zqep1z7s4qj4pc48g6g2v1hzhzhy/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]. – Kopengagen : Chr. Hansen Holding A/S, 2018. – URL: <https://moskva.syromaniya.ru/upload/iblock/3ca/jhdn36zqep1z7s4qj4pc48g6g2vihzhzhy/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 izmenenie konsistencii syrov s cheddarizaciej i termomehanicheskoj 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.