

Л.Л. Богданова<sup>1</sup>, к.т.н., В.В. Ковалева<sup>1</sup>, Ю.В. Бондаренко<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь  
<sup>2</sup>ОАО «Молочный Мир», Гродно, Республика Беларусь

## ВЛИЯНИЕ ГИДРОЛИЗА ЛАКТОЗЫ НА ЗАКВАСОЧНУЮ МИКРОФЛОРУ В ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЫРОВ

L. Bahdanava<sup>1</sup>, V. Kovaleva<sup>1</sup>, Y. Bondarenko<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus  
<sup>2</sup>Molochny Mir, Grodno, Republic of Belarus

## EFFECT OF LACTOSE HYDROLYSIS ON SOURDOUGH MICROFLORA IN THE CHEESE MAKING PROCESS

e-mail: bogdanova\_ll@tut.by, viktoriakovaleva000@gmail.com, yurabondarenko91@gmail.com

*В статье представлен анализ изучения влияния процесса гидролиза на микробиологические показатели, а именно изменение количества молочнокислых микроорганизмов на разных стадиях созревания и хранения сыров. Изучены микробиологические показатели безопасности безлактозных сыров согласно разработанной программы.*

*The article presents the analysis of studying the influence of the hydrolysis process on microbiological indicators, namely the change in the number of lactic acid microorganisms at different stages of ripening and storage of cheese. Microbiological indicators of safety of lactose-free cheeses according to the developed program are studied.*

**Ключевые слова:** фермент; гидролиз; сыр безлактозный; закваска; созревание.

**Keywords:** enzyme; hydrolysis; lactose-free cheese; sourdough; ripening.

**Введение.** Молоко и молочные продукты – важная часть здорового рациона человека, но многие люди вынуждены отказаться от употребления молочных продуктов в чистом виде из-за лактазной недостаточности [1–3]. По оценкам результатов различных исследований до 65% населения во всем мире склонны к непереносимости лактозы. Многие полностью исключают из рациона молочные продукты, которые являются важным источником полезных питательных веществ: белков, жиров, а в особенности, кальция в биодоступной форме. Отказ от молока и молочных продуктов может привести к дефициту кальция, что повышает риск развития остеопороза [2].

В связи с этим специалистами РУП «Институт мясо-молочной промышленности» совместно с ОАО «Молочный Мир» в рамках выполнения мероприятия «Разработка комплекса биотехнологических приемов обработки молочных смесей для сыроделия, обеспечивающих направленность микробиологических процессов, в целях создания технологии производства новой группы сыров и внедрению его в производственную практику» программы «Инновационные биотехнологии» ГП «Научно-технологические и техника» на 2021–2023 годы была разработана инновационная технология подготовки нормализованной молочной смеси для сыроделия и изготовлены опытно-промышленные партии сыра полутвердого безлактозного по указанной технологии. Такой сыр прежде не вырабатывался ни на площадке ОАО «Молочный Мир», ни в Республике Беларусь.

Для производства безлактозной продукции используется ферментный препарат микробного происхождения лактаза, который гидролизует лактозу до не более 0,01% в готовом продукте [1, 4–7].

**Цель работы** – анализ микробиологические показатели сыров на разных сроках созревания, изучение влияния гидролиза лактозы на заквасочную микрофлору в процессе изготовления 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:* лабораторная ультрафильтрационная установка Я23-ОУФ, лабораторная баромембранная установка Я23-ОУН (рисунок 1), электроплита ЭПЧ 2,2, шкаф сушильный HS 61 А, 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, 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-K131, центрифуга MPW-210.

**Результаты и их обсуждение.** Для осуществления изучения влияния процесса гидролиза на микробиологические показатели, а именно изменение количества молочнокислых микроорганизмов на разных стадиях созревания и хранения сыров в лаборатории технологий сыроделия и маслоделия РУП «Институт мясо-молочной промышленности» проведены выработки сыров [5–8]:

1. Сыр полутвердый – безлактозный. Опытный образец.
2. Сыр полутвердый – контроль.

Сыр изготавливали в соответствии с проектом типовой технологической инструкции ТТИ ВУ 100098867.614-2024. Подготовка молока включала в себя следующие операции: очистка, нормализация, бактофугирование, термизация нормализованной молочной смеси и ее гидролиз ферментным препаратом лактазы. При проведении контрольных варок осуществлялся процесс созревания нормализованной молочной смеси без этапа ее гидролиза. В качестве заквасочных культур использовали термофильный стрептококк *St. thermophilus* и лактококки *Lactococcus lactis* и *Lactococcus diacetylactis*. Результаты исследования количественного содержания заквасочных микроорганизмов на разных стадиях обработки сырного сгустка приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследования микробиологических показателей контрольного и безлактозного сырного зерна на разных технологических этапах

Описание образца	Количество заквасочных микроорганизмов, КОЕ/г			
	<i>Lactococcus</i> ssp.		<i>St. Thermophilus</i>	
	Контроль	Безлактозный	Контроль	Безлактозный
Сырное зерно после первого отката сыворотки	н/о	1,5·10 <sup>7</sup>	н/о	3,7·10 <sup>6</sup>
Сырное зерно после постановки	2,8·10 <sup>7</sup>	1,9·10 <sup>7</sup>	1,8·10 <sup>7</sup>	1,1·10 <sup>7</sup>

Примечание: н/о – не определяли

Источник данных: собственная разработка.

Из результатов, представленных в таблице 1, следует, что при анализе динамики развития основной заквасочной микрофлоры на гидролизованной и негидролизованной молочной смеси на промежуточных стадиях обработки сырного зерна технологического процесса изготовления сыра значимых различий не установлено. После проведения второго нагревания в большей степени интенсифицируется развитие термофильного стрептококка.

Исследованы микробиологические характеристики опытного и контрольных образцов сыров в процессе созревания после 48, 60, 81, 180 сут. Результаты исследования приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Микробиологические показатели сыров, изготовленных в лаборатории технологий сыроделия и маслоделия

Срок созревания сыра	Количество молочнокислых микроорганизмов, КОЕ/г			
	<i>Lactococcus</i> ssp.		<i>St. thermophilus</i>	
	Контроль	Опытный образец	Контроль	Опытный образец
48 суток	$1,2 \cdot 10^8$	$4,4 \cdot 10^7$	$3,0 \cdot 10^7$	$8,7 \cdot 10^6$
60 суток	$3,1 \cdot 10^8$	$6,3 \cdot 10^7$	$3,8 \cdot 10^7$	$8,1 \cdot 10^6$
81 суток	$5,5 \cdot 10^8$	$6,1 \cdot 10^7$	$5,6 \cdot 10^7$	$1,1 \cdot 10^6$
180 суток	$3,1 \cdot 10^8$	$8,3 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^7$	$9,7 \cdot 10^6$

Источник данных: собственная разработка.

Оценивая микробиологические показатели, представленные в таблице 2, можно сделать вывод, что, несмотря на наличие в гидролизованной молочной смеси легко доступной для микроорганизмов глюкозы, на всех этапах созревания сыра количество заквасочных микроорганизмов в контрольном варианте было существенно (в 1,23 – 9,0 раз) большим. На протяжении 80 суток созревания количество термофильного стрептококка в безлактозных сырах оставалось примерно на одном уровне, в то время как в контрольных, наоборот, постепенно увеличивалось и на 81 сутки эта разница достигла максимального значения. Затем количество термофильного стрептококка в контрольных сырах начало уменьшаться, а в безлактозных продолжало оставаться на прежнем уровне. Характерной особенностью безлактозных сыров оказалась большая жизнеспособность заквасочных микроорганизмов: к 80 суткам созревания количество и термофильного стрептококка, и лактококков в контрольных образцах сыра достигло своего максимального значения и начало уменьшаться, в то время как в безлактозных сырах к 180 суткам созревания количество лактококков в сравнении с 81 сутками созревания увеличилось в 1,36 раз, а количество термофильного стрептококка – в 8,8 раз.

На следующих этапах работы с целью оптимизации количественного состава заквасочной микрофлоры рассматривались варианты с внесением добавочных культур молочнокислых микроорганизмов. Проведена серия лабораторных выработок безлактозных сыров с использованием в качестве добавочной микрофлоры бактерий родов *Lactobacillus* и *Lacticaseibacillus*. Итоговый анализ основных технологических параметров получения безлактозных сыров проводился на производственной площадке ОАО «Молочный Мир». Осуществлены выработки опытно-промышленных партий безлактозных полутвердых сыров по ТУ ВУ 100098867.628 и ТТИ ВУ 100098867.614.

Подготовка молока включала в себя следующие операции: очистка, нормализация, бактофугирование, дезодорация, ультрафильтрация, термизация нормализованной ультрафильтрованной молочной смеси и ее гидролиз ферментным препаратом лактазы. В качестве контрольных проводились варки сыра «Тильзитер»,

для которых процесс созревания нормализованной ультрафильтрованной молочной смеси осуществлялся без этапа ее гидролиза.

При проведении опытно-промышленных выработок после окончания гидролиза и/или созревания нормализованная смесь подавалась на пастеризационно-охладительную установку. В пастеризованную молочную смесь при температуре свертывания вносили краситель аннато в количестве 112–114 г на варку (14,5 т), раствор хлористого кальция из расчета  $(25 \pm 5)$  г безводной соли на 100 кг смеси, лизоцим в дозировках, рекомендуемых изготовителем, и замороженные закваски прямого внесения, в состав которых входили культуры мезо-термофильных микроорганизмов: основная заквасочная микрофлора – *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, *Lactococcus lactis* и *Lactococcus diacetylactis*; в качестве добавочных культур использовали молочнокислые микроорганизмы видов *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Lactobacillus helveticus*, *Lacticaseibacillus casei* и *Lacticaseibacillus rhamnosus*. В заквашенных нормализованной (варка 8) и нормализованной гидролизованной (варки 9, 10) смесях, а также сырном зерне после обработки перед формованием указанных варок определяли количественный состав заквасочной микрофлоры. Отличие 9 и 10 варок заключалось в использовании разных партий закваски «Сыр-8» (изготовитель – РУП «Институт мясо-молочной промышленности»).

Результаты исследования приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Микробиологические показатели заквашенных смесей и сырного зерна опытных и контрольных партий

Молочнокислые микроорганизмы	Безлактозный Варка №9	Безлактозный Варка №10	Контроль Варка №8
Количество микроорганизмов в заквашенной смеси, КОЕ/г			
<i>Lactococcus ssp.</i>	$2,1 \cdot 10^6$	$2,1 \cdot 10^6$	$2,0 \cdot 10^6$
<i>Lb. bulgaricus</i>	$3,2 \cdot 10^6$	$2,9 \cdot 10^6$	$4,1 \cdot 10^6$
<i>Lcb. rhamnosus + Lcb. casei</i>	$4,1 \cdot 10^6$	$6,4 \cdot 10^6$	$5,5 \cdot 10^6$
<i>Lb. helveticus</i>	$2,1 \cdot 10^6$	$1,9 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^6$
<i>St. thermophilus</i>	$7,0 \cdot 10^5$	$5,0 \cdot 10^6$	$4,3 \cdot 10^5$
Количество молочнокислых микроорганизмов в сырном зерне перед формовкой, КОЕ/г			
<i>Lactococcus ssp.</i>	$5,0 \cdot 10^7$	$2,0 \cdot 10^7$	$1,1 \cdot 10^8$
<i>Lb. bulgaricus</i>	$2,0 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^7$	$6,6 \cdot 10^7$
<i>Lcb. rhamnosus + Lcb. casei</i>	$1,1 \cdot 10^7$	$3,2 \cdot 10^7$	$3,8 \cdot 10^7$
<i>Lb. helveticus</i>	$2,3 \cdot 10^7$	$1,9 \cdot 10^7$	$6,4 \cdot 10^7$
<i>St. thermophilus</i>	$3,0 \cdot 10^7$	$2,0 \cdot 10^7$	$5,6 \cdot 10^7$

Источник данных: собственная разработка.

Оценивая микробиологические показатели, представленные в таблице 3, можно сделать вывод, что исходная инокуляция нормализованных молочных смесей всеми видами заквасочных микроорганизмов была сопоставимой, за исключением термофильного стрептококка, начальная степень инокуляции которого в десятой варке была в 7,1–11,6 раз выше, чем степень инокуляции в восьмой и девятой варках. К моменту завершения обсушки сырного зерна (начала формовки) развитие некоторых видов заквасочных микроорганизмов, в частности лактококков и микроорганизмов вида *Lb. helveticus*, происходит более интенсивно на негидролизованной молочной смеси. Так, на негидролизованной молочной смеси количество лактококков к началу формовки увеличилось в 55 раз, количество микроорганизмов вида *Lb. helveticus* – в 26,7 раз, в то время как на гидролизованной молочной смеси это увеличение для вышеперечисленных микроорганизмов составило в 9,5–23,8 раз и 10–11 раз соответственно.

На следующем этапе работы, указанные сыры исследовались по микробиологическим показателям после 60 сут созревания, 81 сут созревания, 90 сут созревания 33 сут хранения, 90 сут созревания 65 сут хранения. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели сыров опытной и контрольных партий, изготовленных на ОАО «Молочный Мир», в период созревания и хранения

Молочнокислые микроорганизмы	Количество микроорганизмов, КОЕ/г		
	Безлактозный Варка №9	Безлактозный Варка №10	Контроль Варка №8
<b>60 сут созревания</b>			
1	2	3	4
<i>Lactococcus</i> ssp.	$5,0 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^8$	$3,2 \cdot 10^8$
<i>St. thermophilus</i>	$2,1 \cdot 10^7$	$4,3 \cdot 10^7$	$3,0 \cdot 10^7$
<i>Lb. Bulgaricus</i>	$1,9 \cdot 10^8$	$2,1 \cdot 10^8$	$9,0 \cdot 10^7$
<i>Lcb. rhamnosus+Lcb.casei</i>	$3,4 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^7$	$1,7 \cdot 10^7$
<i>Lb.helveticus</i>	$4,0 \cdot 10^8$	$1,3 \cdot 10^8$	$3,2 \cdot 10^8$
<b>81 сут созревания</b>			
<i>Lactococcus</i> ssp.	$2,3 \cdot 10^7$	$6,7 \cdot 10^8$	$5,9 \cdot 10^8$
<i>St. thermophilus</i>	$1,0 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^7$	$5,5 \cdot 10^7$
<i>Lb. bulgaricus</i>	$2,5 \cdot 10^7$	$6,0 \cdot 10^8$	$3,1 \cdot 10^8$
<i>Lcb. rhamnosus+Lcb.casei</i>	$1,8 \cdot 10^8$	$5,2 \cdot 10^8$	$6,6 \cdot 10^8$
<i>Lb.helveticus</i>	$5,0 \cdot 10^7$	$9 \cdot 10^8$	$5,0 \cdot 10^8$
<b>90 сут созревания 33 сут хранения</b>			
<i>St. thermophilus</i>	$4,0 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^7$	$5,1 \cdot 10^7$
<i>Lactococcus</i> ssp.	$7,0 \cdot 10^8$	$8,0 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^9$
<i>Lb.helveticus</i>	$9,0 \cdot 10^8$	$6,0 \cdot 10^8$	$1,5 \cdot 10^8$
<i>Lb. bulgaricus</i>	$5,0 \cdot 10^8$	$6,0 \cdot 10^8$	$1,3 \cdot 10^9$
<i>Lcb. rhamnosus+Lcb.casei</i>	$1,8 \cdot 10^9$	$1,1 \cdot 10^9$	$2,2 \cdot 10^9$
<b>90 сут созревания 65 сут хранения</b>			
<i>St. thermophilus</i>	$2,0 \cdot 10^7$	$8,6 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^7$
<i>Lactococcus</i> ssp.	$2,1 \cdot 10^8$	$8,5 \cdot 10^7$	$4,5 \cdot 10^8$
<i>Lb.helveticus</i>	$2,0 \cdot 10^8$	$2,4 \cdot 10^8$	$7,5 \cdot 10^7$
<i>Lb. bulgaricus</i>	$2,0 \cdot 10^8$	$4,1 \cdot 10^8$	$7,0 \cdot 10^7$
<i>Lcb. rhamnosus+Lcb.casei</i>	$1,0 \cdot 10^8$	$4,4 \cdot 10^7$	$1,3 \cdot 10^8$

Источник данных: собственная разработка.

Оценивая микробиологические показатели, приведенные в таблице 4, можно сделать вывод, что к 60 суткам созревания количество палочковидных молочнокислых микроорганизмов, термофильного стрептококка и лактококков в опытных образцах практически сравнялось с контрольным образцом. После 60 сут созревания динамика развития палочковидных молочнокислых микроорганизмов и термофильного стрептококка в опытных образцах и контрольном неодинаковы: к 81 суткам созревания во всех исследованных образцах количество термофильного стрептококка достигло своего максимального значения и начало постепенно уменьшаться, причем в опытных образцах на протяжении всего исследованного срока созревания и хранения оно по-прежнему остается в 1,3–5,5 раз меньшим, чем в контрольном варианте.

К 90 сут созревания 33 сут хранения количество микроорганизмов вида *Lcb. rhamnosus* и *Lcb. casei* в сравнении с 81 сутками созревания во всех исследованных образцах еще продолжает увеличиваться (в 2,1–10,0 раз), достигая своего максимального значения; количество *Lb. helveticus* в контрольных сырах достигает своего максимума до 81 суток созревания, в безлактозных – примерно на полтора месяца позже.

Оценивая микробиологические показатели сыров на 90 сутки созревания и 65 сутки хранения можно сделать вывод, что всего спустя месяц от предыдущего анализа в исследуемых сырах начались кардинальные изменения в видовом соотношении молочнокислых микроорганизмов: происходит снижение количества всей микрофлоры, в особенности палочковидной. Самым существенным является уменьшение количества *Lb. rhamnosus*+*Lb. casei* во всех исследованных образцах – в 16,9 – 25,0 раза. Кроме того, в сырах контрольной варки произошло значительное уменьшение количества микроорганизмов вида *Lb. bulgaricus* – в 18,6 раза, в опытных образцах указанные изменения еще не были такими существенными – уменьшение количества *Lb. bulgaricus* составило: для варки №9 в 2,5 раза, для варки №10 – в 1,5 раза.

Изучение влияния процесса гидролиза на изменение количества молочнокислых микроорганизмов на стадии хранения сыров опытной и контрольной партии, изготовленных на ОАО «Молочный Мир», проводилось после 30 суток созревания и 314 суток последующего хранения. Результаты исследований приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Показатели сыров опытной и контрольной партии, изготовленных на ОАО «Молочный Мир», после 30 суток созревания и 314 суток последующего хранения

Показатели	Безлактозный	Контроль
Микробиологические показатели		
Количество молочнокислых микроорганизмов, КОЕ/г:		
<i>St. thermophilus</i>	$2,0 \cdot 10^7$	$4,5 \cdot 10^7$
<i>Lactococcus</i> ssp.	$1,2 \cdot 10^9$	$7,8 \cdot 10^7$
<i>Lb. Bulgaricus</i>	$1,8 \cdot 10^9$	$1,5 \cdot 10^7$
<i>Lcb. rhamnosus</i> + <i>Lcb. casei</i>	$7,1 \cdot 10^8$	$3,8 \cdot 10^7$
<i>Lb. helveticus</i>	$1,2 \cdot 10^9$	$2,5 \cdot 10^7$

Источник данных: собственная разработка.

Оценивая микробиологические показатели, представленные в таблице 5, можно сделать вывод, что за период хранения продолжительностью 314 суток количество заквасочных микроорганизмов исследуемых видов изменилось следующим образом: в сырах, изготовленных на негидролизованной молочной смеси количество лактококков достигнув максимального количества  $1,1 \cdot 10^9$  КОЕ/г (таблица 4), продолжало уменьшаться и к концу указанного срока хранения составило  $7,8 \cdot 10^7$  КОЕ/г, в то время как на гидролизованной, наоборот, увеличилось до  $1,2 \cdot 10^9$  КОЕ/г, т.е. разница составила более, чем 15 раз. Количество термофильного стрептококка во всех вариантах осталось практически неизменным.

При анализе количества добавочных палочковидных молочнокислых микроорганизмов на конец исследуемого периода хранения безлактозных и контрольных сыров установлено кардинальное отличие: в сырах, изготовленных на гидролизованной молочной смеси, количество всех видов указанных микроорганизмов продолжало увеличиваться: количество швейцарской палочки *Lb. helveticus* в 5,0 – 6,0 раз (в сравнении с показателями 90 сут созревания 65 сут хранения), болгарской палочки *Lb. bulgaricus* – в 4,4 – 9,0 раз, микроорганизмов вида *Lcb. rhamnosus* и *Lcb. casei* – более, чем в семь раз. В контрольных сырах, напротив, количество всех видов добавочных микроорганизмов уменьшилось: количество *Lb. helveticus* в три раза (в сравнении с показателями 90 сут созревания 65 сут хранения), *Lb. bulgaricus* – в 4,6 раза, микроорганизмов вида *Lcb. rhamnosus* и *Lcb. casei* – в 3,4 раза.

Полученные результаты согласуются с выводами предыдущего этапа: несмотря на то, что развитие молочнокислых микроорганизмов в контрольных сырах

на начальных сроках созревания происходит более интенсивно, в безлактозных сырах обеспечивается их большая выживаемость на конец срока годности.

Завершающим этапом работы явилась оценка показателей безопасности безлактозных сыров согласно разработанной программы испытаний на протяжении периода ответственного хранения. Исследовалось содержание в образцах сыров БГКП (колиформ), патогенных микроорганизмов, в том числе сальмонелл, *Staphylococcus aureus* и *Listeria monocytogenes*. Установлено, что на протяжении всего срока ответственного хранения (288 суток) микробиологические показатели безопасности безлактозных сыров опытно-промышленных партий соответствуют требованиям ТР ТС 021 и ТУ ВУ 100098867.628-2023.

**Заключение.** Изучено влияние гидролиза на количество молочнокислых микроорганизмов на различных стадиях созревания и хранения сыров. В ходе опытно-промышленного производства сыров (вырка №9, №10, №8) было установлено, что к моменту завершения обсушки сырного зерна (начало формовки) некоторые виды заквасочных микроорганизмов, такие как лактококки и микроорганизмы вида *Lb. helveticus*, развиваются более активно на негидролизованной молочной смеси. Однако на стадии созревания микробиологические показатели, в частности количество палочковидных молочнокислых микроорганизмов, термофильного стрептококка и лактококков в опытных образцах практически сравнялись с контрольным образцом. Это может быть связано с тем, что в опытных образцах после 60 суток созревания сыра заквасочная микрофлора продолжает развиваться, в то время как в контрольном образце часть микроорганизмов, вероятно, уже находится в некультивируемом состоянии и не определяется методами прямого посева.

После 90 суток созревания и 65 суток хранения количество микроорганизмов *Lb. helveticus* во всех исследуемых образцах немного увеличивается (в 1,5–3,3 раза). Количество видов *Lcb. rhamnosus* + *Lcb. casei*, напротив, постепенно снижается примерно в 2 раза в опытном варианте №10 и более чем в 4 раза в контрольном варианте. Количество термофильных стрептококков в опытном образце партии №10 практически такое же, как и в контрольном. В опытном варианте №9 значение этого показателя почти на порядок ниже, чем в двух других вариантах, что по сравнению со значением через 81 день созревания этого варианта предположительно объясняется технической погрешностью при проведении разведений для микробиологических посевов микроорганизмов. Оценка микробиологических показателей сыров после 90 суток созревания и 65 суток хранения показала, что уже через месяц после предыдущего испытания в исследуемых сырах начали происходить кардинальные изменения в видовых соотношениях заквасок: уменьшились все виды микрофлоры, особенно количество палочковидных микроорганизмов.

Завершающим этапом работы является оценка показателей безопасности сыров согласно разработанной программы испытаний на протяжении периода ответственного хранения (288 сут). Показатели микробиологической безопасности безлактозных сыров опытных партий в течение всего срока ответственного хранения соответствуют требованиям ТР ТС 021 и ТУ ВУ 100098867.628-2023.

### Список использованных источников

1. Больше, чем молоко. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.savushkin.by/press-center/news/675.html>. – Дата доступа: 19.11.2024.

2. Арсеньева, Т. П. К чему приводит лактазная недостаточность/ Т. П. Арсеньева// Молочная

1. More than milk. [Electronic resource]. - Mode of access: <http://www.savushkin.by/press-center/news/675.html>. – Date of access: 19.11.2024.

2. Arsenieva, T. P. What lactase insufficiency leads to / T. P. Arsenieva // Dairy Industry. –

- промышленность. – 2010. – №7 – с.28–30.
3. Безлактозные сыры – миф или реальность? [Электронный ресурс] – 19 декабря 2023 – Режим доступа: <http://moloprom.ru/2017/10/bezlaktozny-e-sy-ry-mif-ili-real-nost-2/f>. – Дата доступа: 19.11.2024.
4. Березин, Й.В. Основы физической химии ферментативного катализа/ Й.В. Березин, К. Мартинек //М., Высшая школа, 1997. – 279 с.
5. Biochemistry of cheese ripening. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/313258453>. – Дата доступа: 20.11.2024.
6. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology под ред. P.F Fox, P.L.H. McSweeney, T.M. Cogan, T.P Guinee, p. 361.
7. Хамагаева, И.С. Теоретическое обоснование и разработка технологии кисломолочных продуктов на основе использования  $\beta$ -галактозидазы и бифидобактерий: автореф. дис. д-ра техн. наук. – М. 1989. – 34 с.
8. Сборник методов технологического контроля для обеспечения заданных качественных характеристик молочных продуктов / Е. В. Беспалова, Т. М. Смоляк, Т.В. Сенченко, Е. В. Ефимова, О. Л. Сороко. – Минск: РУП «Институт мясо-молочной промышленности», 2022. – 50 с.
2010. – №7 – с.28-30.
3. Lactose-free cheeses – myth or re-reality? [Electronic resource] - December 19, 2023 – Mode of access: <http://moloprom.ru/2017/10/bezlaktozny-e-sy-ry-mif-ili-real-nost-2/f>. – Date of access: 19.11.2024.
4. Berezin, J.V. Fundamentals of physical chemistry of enzymatic catalysis / J.V. Berezin, K. Martinek //M., Vysshaya Shkola, 1997. – 279 с.
5. Biochemistry of cheese ripening. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/313258453>. – Дата доступа: 20.11.2024.
6. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology под ред. P.F Fox, P.L.H. McSweeney, T.M. Cogan, T.P Guinee, p. 361.
7. Khamagaeva, I.S. Theoretical substantiation and development of technology of sour-milk products based on the use of  $\beta$ -galactosidase and bifidobacteria: Ph. D. thesis. – M. 1989. – 34 с.
8. Collection of methods of technological control to ensure the specified quality characteristics of dairy products / E. V. Bepalova, T. M. Smolyak, T. V. Senchenko, E. V. Efimova, O. L. Soroko. – Minsk: RUE “Institute of meat and dairy industry”, 2022. – 50 с.