

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)	Н-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 pH				
	1 сутки	7 суток	14 суток	21 сутки	Δ pH
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. pH для образцов молока, ферментированного галактозаположительными штаммами, и в диапазоне 4,28–4,47 ед. pH 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 pH				
	1 сутки	7 суток	14 суток	21 сутки	Δ pH
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. pH, и в образцах молока, ферментированных галактозаотрицательными штаммами – в пределах 4,16–4,33 ед. pH.

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 ($\Delta pH = 0,39$) зарегистрировано в молоке, ферментированном штаммом 1865 М-А, максимальное ($\Delta pH = 0,70$) – 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. pH 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 pH в течение первых 10–14 суток хранения ($\Delta pH = 0,7$ 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. pH. 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. pH соответственно).

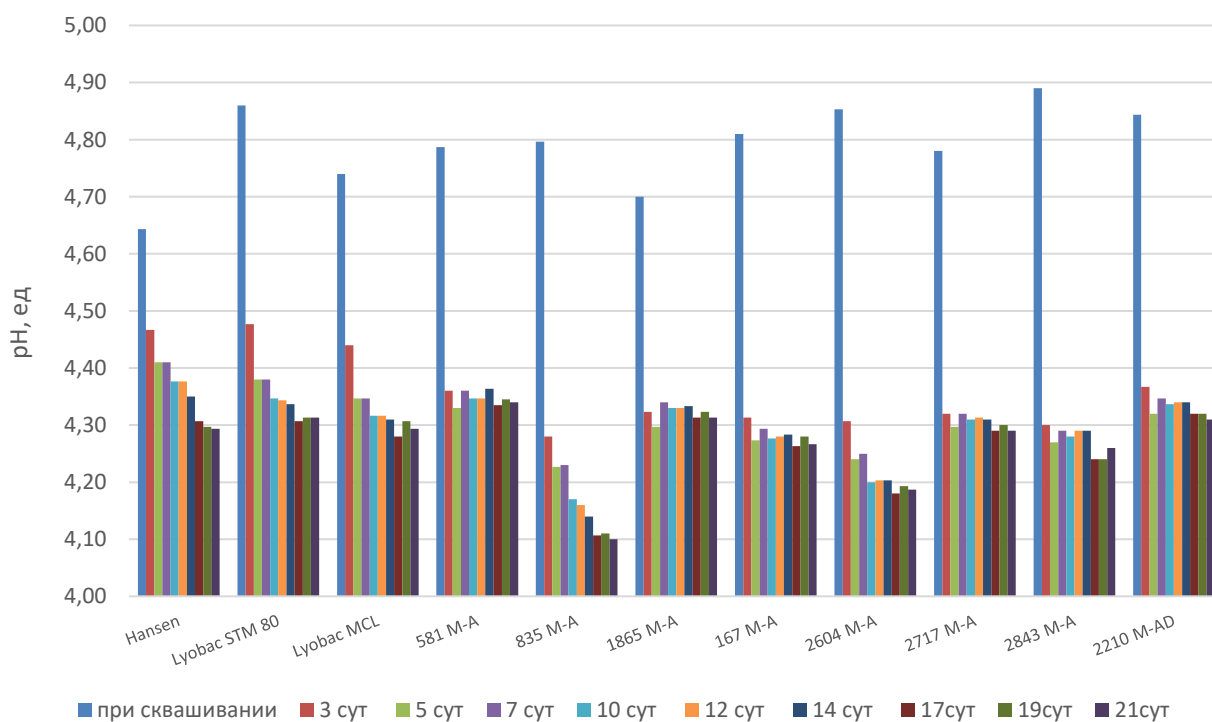


Рисунок 1 – Изменение активной кислотности образцов ферментированного молока в процессе хранения при 12°C.

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. pH 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 : yayavleno 30.05.2006 : opubl. 27.06.2011 / Dryuen A., Garo P., Fori Zh-M., Liko N.; zayavitel 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 funktsionalnyh 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.