



Научная статья

4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)

УДК 637.3

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.02.018



БЕТУЛИН – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ИНГРЕДИЕНТ ДЛЯ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ольга Николаевна Мусина ¹, Дарья Андреевна Усатюк ²,
Нина Ивановна Бондаренко ³

¹ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Барнаул, Россия,

^{2,3} ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агrobiотехнологий», г. Барнаул, Россия,

¹ musinaolga@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4938-8136>

² d_usatyuk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7852-1680>

³ bni-22@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9045-6834>

Аннотация. При хранении молока жировая фаза первой претерпевает нежелательные изменения в результате разрушения мембран жировых шариков. Предложено использовать бетулин для замедления этого явления. Бетулин получают из бересты березы, это сырье богато тритерпеновыми соединениями, которые являются важнейшим классом биологически активных веществ. Изучено влияние бетулина на состояние жира в неомогенизированном цельном молоке: в контроле жировые шарики крупные, неправильной округлой формы, отмечено наличие крупных капель жира, в образцах молока с бетулином преобладают жировые шарики одного размера, с утолщенными стенками, правильной округлой формы. Установлено положительное влияние бетулина на состояние молочного жира: бетулин позволяет получить в молочной смеси правильные жировые шарики с прочной оболочкой без необходимости гомогенизации молока, что способствует лучшей сохранности молочного жира и защите молока от порчи. Исследована динамика активной и титруемой кислотности образцов неомогенизированного молока в процессе их хранения в течение 20 суток при температуре 4 °С. Установлено, что бетулин оказывает достоверное положительное влияние на хранимостепособность образцов. В образцах с бетулином на протяжении всего срока хранения титруемая кислотность ниже, а активная кислотность выше, чем в контроле. Увеличение содержания бетулина в образцах молока имеет при хранении отрицательную корреляцию с их титруемой кислотностью и положительную корреляцию с активной кислотностью. В контрольном образце молока признаки порчи отмечены по истечении 10-ти суток хранения, а в образцах с бетулином – к 20 суткам хранения. Данные по кислотности коррелируют с данными по органолептическим показателям образцов. Бетулин может быть рекомендован для комбинирования с молоком и молочными продуктами, в качестве компонента, который обогащает продукт биологически активными веществами, играет роль эмульгатора и позволяет увеличить срок годности продукции. Бетулин в виде 10-го водного раствора можно вносить в охлажденное молоко, а сухой бетулин рекомендовано вносить при температуре выше 40 °С.

Ключевые слова: молоко, бетулин, тритерпеновые соединения, жировые шарики, микроструктура, хранимостепособность, активная кислотность, титруемая кислотность.

Для цитирования: Мусина О. Н., Усатюк Д. А., Бондаренко Н. И. Бетулин – перспективный ингредиент для молочной промышленности // Ползуновский вестник. 2025. № 2, С. 121–126. doi: 10.25712/ASTU. 2072-8921.2025.02.018. EDN: <https://elibrary.ru/KVQFDF>.

Original article

BETULIN IS A PROMISING INGREDIENT FOR DAIRY INDUSTRY

Olga N. Musina ¹, Daria A. Usatyuk ², Nina I. Bondarenko ³

¹ Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia,

^{2,3} Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies, Barnaul, Russia,

¹ musinaolga@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4938-8136>

² d_usatyuk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7852-1680>

³ bni-22@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9045-6834>

Abstract. During milk storage, the fat phase undergoes undesirable changes due to the destruction of the membranes of fat globules, leading to a deterioration in its quality. To slow down this process, it is proposed to use betulin, which is extracted from birch bark. Betulin contains triterpene compounds, a class of biologically active substances that have been shown to have a positive effect on the state of milk fat. In a study, the effect of betulin on fat in inhomogeneous whole milk was investigated. In the con-

© Мусина О. Н., Усатюк Д. А., Бондаренко Н. И., 2025

trol samples, fat globules were large and irregularly rounded. Large fat droplets were also present. In contrast, milk samples treated with betulin contained fat globules that were smaller, with thicker walls and a more regular, rounded shape. The results of the study indicate that betulin has a positive effect on milk fat, allowing for the production of uniform fat globules with strong shells in the milk mix without the need for homogenization. This helps to preserve milk fat better and protect it from spoilage. The study aimed to investigate the dynamics of active and titrated acidity in inhomogeneous milk samples during storage for 20 days at 4 °C. Betulin was found to have a significant positive impact on the shelf life of samples, as samples with betulin had lower recommended acidity and higher active acidity than the control throughout the entire storage period. An increase in betulin content was negatively correlated with titrated acidity but positively correlated with active acidity. Signs of spoilage in the control sample were observed after 10 days, while samples with betulin remained fresh until 20 days. The findings on acidity are consistent with the organoleptic characteristics of the samples. Betulin can be recommended as a combination with milk and dairy products. It serves as a biologically active substance, emulsifier, and helps to extend the shelf life of the products. Betulin, in the form of a 10% aqueous solution, can be added to chilled milk. Dry betulin, on the other hand, is best applied at temperatures above 40°C.

Keywords: milk, milk fat, betulin, triterpene-containing raw materials, combined product, microstructure, experimental samples, storage ability, active acidity.

Forcitation: Musina, O.N., Usatiuk, D.A. & Bondarenko, N.I. (2025). Betulin is a promising ingredient for the dairy industry. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 121-126. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2025.02.018. EDN: <https://elibrary.ru/KVQFDF>.

ВВЕДЕНИЕ

Молоко и молочные продукты являются важнейшими продуктами питания, которые употребляют ежедневно, и входят в состав рационов всех категорий населения.

Молоко – многокомпонентная система, в состав которой входят белки, липиды, углеводы и другие компоненты. Самыми крупными и нестойкими в хранении являются липиды молока в виде жировых шариков, наполненных жидким молочным жиром. Мембрана жировых шариков неустойчива к механическим и температурным воздействиям при хранении молока. При длительном и неправильном хранении молока первым претерпевает нежелательные изменения жидкий жир молока в результате разрушения мембран жировых шариков. Жидкий жир подвергается липолизу и окислению.

В отраслевых организациях постоянно ведутся исследования по совершенствованию молочных продуктов, одним из давно и активно используемых направлений является комбинирование сырья, в том числе с растительными ингредиентами [1].

В рамках выполнения научно-исследовательской работы № 0534-2021-0010 «Повышение эффективности переработки молока, создании технологий новых сыров и другой безопасной и качественной ферментированной продукции на основе современных достижений техники, технологии, биохимии и микробиологии» авторским коллективом исследована перспектива создания обогащенных молочных продуктов с повышенной хранимостью за счет комбинирования молочной основы с тритерпеносодержащим сырьем. Сотрудниками лаборатории научно-прикладных и технологических разработок «Сибирского НИИ сыроделия» ФАНЦА в качестве перспективного растительного тритерпеносодержащего ингредиента выбран «Бетулин» по ТУ 10.89.15-003-32227225-2024. Бетулин получают из бересты березы, это сырье богато тритерпеновыми соединениями, которые являются важнейшим классом биологически активных веществ. Бетулин может сыграть роль антиокислителя и эмульгатора, что важно для замедления порчи жиров при хранении молока.

Бетулин является распространенным природным тритерпеном. Обычно его выделяют из березовой бересты [2]. Береста (внешний слой коры) является рекордсменом среди растительного сырья по содержанию биологически активных тритерпеновых соединений. В составе тритерпенов бересты преобладает бетулин, содержание которого составляет 30–

40 %. Из видов, растущих в России, максимальное содержание бетулина наблюдается в коре берёзы пушистой (*Betula pubescens*) – до 44 %. Бетулин стал объектом тщательного исследования медиков, биологов, фармацевтов почти в 40 странах мира. Интерес к этому веществу в наши дни возрос, поскольку взамен устаревающим и неточным оценкам приходят современные методы физико-химических и фармакологических исследований [3, 4].

Бетулин – это белый (иногда с кремоватым оттенком), не имеющий запаха растворимый в жирах тритерпеновый двухатомный спирт ряда лупана ($C_{30}H_{50}O_2$, бетуленол), который является хорошим эмульгатором и обладает антиоксидантными, антимикробными, противогрибковыми и дезинфицирующими свойствами. Таким образом, бетулин и его производные, например, бетулиновая кислота, проявляют высокую биологическую активность [5], и на их основе разрабатываются новые препараты. Бетулин и бетулиновая кислота представляют интерес для медицины в качестве основы для разработки новых противовирусных агентов. Повышенный интерес к тритерпеноидам объясняется их широким спектром биологической активности и широкой распространенностью в растительном мире: бетулин обнаружен в хурме, коре орешника, календуле, солодке, почечном чае и во многих других растениях [6]. Установлено, что экстракт бересты не обладает общетоксическим действием, неиммунотоксичен, немутагенен, не обладает репродуктивной токсичностью и аллергизирующими свойствами [7]. Проведенными исследованиями также доказана высокая биологическая активность экстракта [8, 9]. Антиоксидантная активность экстракта бересты связана не только с непосредственным связыванием им активных форм кислорода, но и с регулирующим влиянием на ферменты антиоксидантной защиты самого организма (каталазу, глутатионредуктазу, глутатионпероксидазу). Подобный механизм антиоксидантного действия более эффективен и безопасен.

Бетулин широко используется в фармакологии и фармацевтике, востребован в косметологии, перспективно его использование в пищевой промышленности, поскольку он обогащает продукт биологически активными веществами, обладает ярко выраженным консервирующим свойством и увеличивает стойкость продуктов к окислению, что позволяет увеличить срок их хранения. Также бетулин используется в ветеринарии и в кормовых добавках.

Высокая температура плавления бетулина (240–

260 °C), стабильная формула, инертные свойства молекулы, обеспечивают длительные сроки хранения без изменения свойств. Бетулин растворим в органических растворителях, обладает эмульгирующими и структурообразующими свойствами, образует масложировую эмульсию. Такие технологические свойства обуславливают привлекательность бетулина для производителя [10].

Возможность применения бетулина для консервирования молока и молочных продуктов определяется тем, что молоко и молочные продукты являются жировыми эмульсиями, в которых растворяется бетулин, при этом при растворении бетулин образует структуры, аналогичные структурам входящих в состав молока аминокислот, и подобно аминокислотам обладает стабилизирующими свойствами [3].

В настоящее время бетулин включен в список биологически активных добавок к пище, рекомендованных для оптимизации питания и улучшения здоровья населения, уровень потребления которой составляет от 40 до 80 мг/сутки [11–13].

МЕТОДЫ

Все исследования проводились на коровьем молоке, соответствующем требованиям ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия».

В качестве тритерпеносодержащего сырья использован экстракт бересты березы «Бетулин» в соответствии с ТУ 10.89.15-003-32227225-2024 от ООО «Сады Алтая Агро». Согласно техническим условиям, «Бетулин» представляет собой комплекс продуктов природного происхождения, преимущественно бетулина и лупинола, а также иных биологически активных веществ, выделенных из бересты березы (*Betula*) методом экстракции органическим растворителем с последующей очисткой и сушкой. При производстве экстракта бересты не производится химическая модификация его компонентов. Экстракт бересты предназначен для использования в пищевой промышленности (в качестве сырьевого компонента при производстве биологически активной добавки к пище и обогащения пищевых продуктов), косметической промышленности, ветеринарии, производстве кормов, средствах защиты растений.

Активная кислотность измерялась поверенным pH-метром марки «Testo 206» с погрешностью $\pm 0,2$ pH, номер в Госреестре средств измерений РФ ФГИС АРШИН 30759-05 (компания «Testo», Германия).

Органолептические и физико-химические показатели молока определялись по стандартным методикам. Органолептические показатели оценивались в соответствии с ГОСТ 28283-2015 «Молоко коровье. Метод органолептической оценки вкуса и запаха».

Оценка структуры бетулина и молока проводилась при помощи цифрового микроскопа марки Bresser LCD 50x-2000x (Германия), в котором вместо окуляра используется цифровая камера 5 Мпикс с максимальным разрешением 3264x2448 пикс. Кратность окуляра с монитором составляет 10x. Все исследования проводились с максимальным увеличением (10x), что соответствует увеличению в 100 раз, при этом 1 миллиметр образца соответствовал 100 миллиметрам на ЖК-дисплее.

Статистическая обработка данных проведена с помощью Microsoft Excel (Microsoft Corporation, США). Для количественных переменных результаты представлены в виде среднего арифметического с указанием среднеквадратического отклонения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По литературным данным, бетулин хорошо растворяется в жировых эмульсиях [14]. В связи с этим актуальной является оценка влияния бетулина на молоко, его структуру, и, главным образом, на вид и состояние молочного жира.

Бетулин использован как в виде водного 10%-го раствора, так и в сухом виде. В соответствии с данными патента о способе консервирования молока и молочных продуктов [14] бетулин вводят в молоко или подлежащий консервированию продукт в количестве от $0,8 \cdot 10^{-3}$ г до $3,5 \cdot 10^{-3}$ г на 1 г жировой составляющей молока или молочного продукта. В представленной работе изучена дозировка бетулина, предложенная патентом [14]. Исследуемое молоко-сырье имело следующие физико-химические показатели: массовая доля жира (МДЖ) – 4,37 %; массовая доля белка (МДБ) – 3,1 %; сухой обезжиренный молочный остаток (СОМО) – 8,48 %; плотность – 28,26 г/см³; активная кислотность – 6,70 ед. pH; титруемая кислотность – 17°Т. В расчетах использована МДЖ 4,37%, что соответствует 4,37 г жира в 100 мл исследуемого молока.

Исследуемое молоко было очищено и пастеризовано при температуре 74–75 °C в течение 20–25 с и охлаждено до температуры хранения 4–6 °C. Кроме того, часть молока была подвергнута гомогенизации. Расчетное количество бетулина в виде раствора и в сухом виде было внесено перед пастеризацией при постоянном помешивании. Бетулин в пересчете на сухое вещество введен в молоко (гомогенизированное и негомогенизированное) в количестве от $0,8 \cdot 10^{-3}$ г до $3,3 \cdot 10^{-3}$ г с шагом $0,5 \cdot 10^{-3}$ г. Исследуемые дозировки бетулина приведены в таблице 1. Объем каждого образца составлял 100 мл.

Таблица 1 – Экспериментальные образцы пастеризованного цельного молока с бетулином

Table 1 – Experimental samples of pasteurized whole milk with betulin

Образец	Количество бетулина в %	Количество бетулина в г на 1 г жира	Количество бетулина в г на 4,37 г жира	Количество 10%-го раствора бетулина, мл
Контроль	0	0	0	0
1	0,003	0,0008	0,003	0,03
2	0,006	0,0013	0,006	0,06
3	0,008	0,0018	0,008	0,08
4	0,010	0,0023	0,010	0,10
5	0,012	0,0028	0,012	0,12
6	0,014	0,0033	0,014	0,14

Структура 10%-го раствора бетулина под микроскопом приведена на рисунке 1. Визуальное представление о микроструктуре растительного компонента необходимо для возможности его обнаружения в комбинированном продукте (молоко с бетулином).

Как видно из рисунка 1, частицы бетулина представляют собой небольшие крупинки разной величины, формы и прозрачности.

На рисунках 2 и 3 представлена типичная микроструктура экспериментальных образцов пастеризованного цельного гомогенизированного и негомогенизированного молока с бетулином и без него. Микроскопирование образцов осуществлялось после их высушивания на предметном стекле.

Анализ микрофотографий (рис. 2, 3), показывает значительную разницу структуры гомогенизированных и негомогенизированных образцов. Именно в образцах, не прошедших процесс гомогенизации, возможно наиболее полно изучить влияние вносимой растительной добавки на структуру компонентов молока, а именно молочного жира.

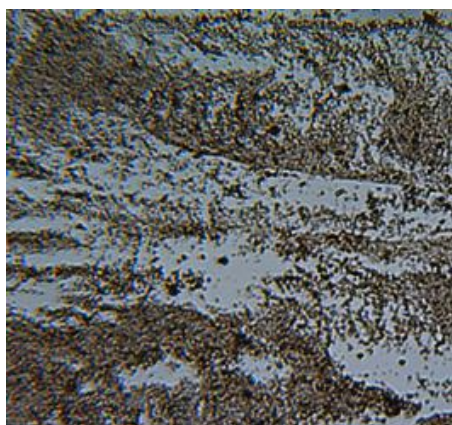
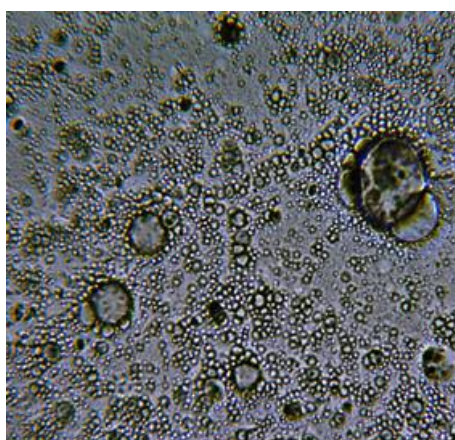
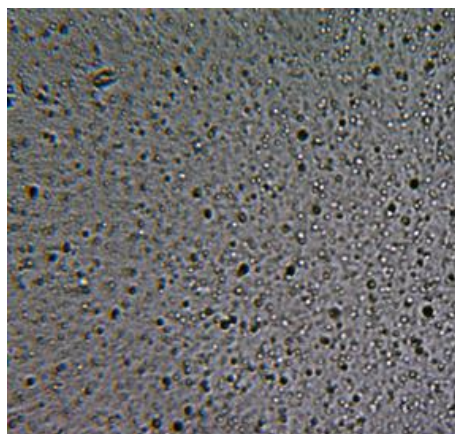


Рисунок 1 – Микроструктура раствора бетулина
Figure 1 – Microstructure of betulin solution



негомогенизированное молоко



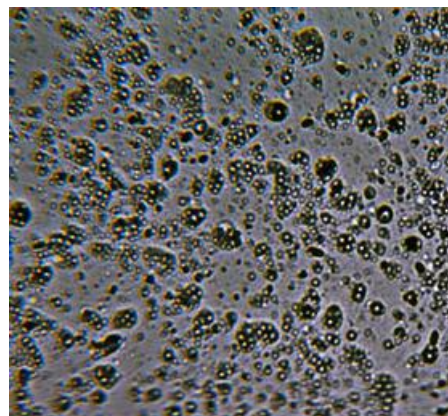
гомогенизированное молоко

Рисунок 2 – Микроструктура образцов пастеризованного цельного молока без бетулина

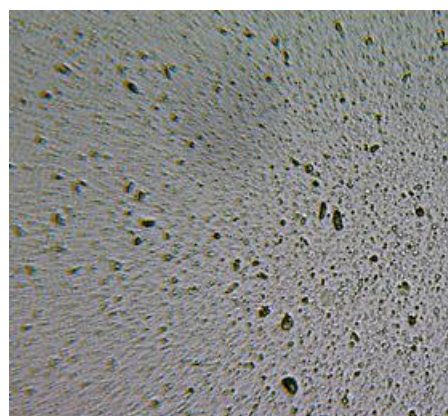
Figure 2 – Microstructure of pasteurized whole milk samples without betulin

При изучении структуры негомогенизированных образцов (рис. 2, 3) выявлено значительное влияние бетулина на физическое состояние молочного жира. В контрольном образце без добавления бетулина жировые шарики в основном крупные неправильной округлой формы, а также отмечено наличие крупных капель жира. В образце молока с бетулином основная масса жировых шариков одного размера с утолщенными стенками правильной округлой формы без

крупных жировых капель. Данные по микроскопированию структуры цельного молока с бетулином и без него позволяют сделать вывод о положительном влиянии бетулина на физическое состояние молочного жира, позволяя получать в продукте правильные жировые шарики без осуществления процесса гомогенизации с хорошей прочной оболочкой, что способствует лучшей сохранности жидкого молочного жира и защите его от порчи во время хранения.



негомогенизированное молоко



гомогенизированное молоко

Рисунок 3 – Микроструктура образцов пастеризованного цельного молока с бетулином (0,0018 г бетулина на 1 г жира молока)

Figure 3 – Microstructure of pasteurized whole milk samples with betulin (0.0018 g of betulin per 1 g of milk fat)

Бетулин в виде 10-го водного раствора и в сухом виде одинаково хорошо распределялся в массе продукта. Однако при дальнейшем хранении отмечено незначительное осаждение частиц растительного компонента на дне упаковки, как при использовании водного раствора бетулина, так и при использовании его в сухом виде. Необходимо отметить, что при легком встряхивании упаковки частицы бетулина вновь возвращались в основную массу продукта. Физико-химические показатели продукта как с раствором бетулина, так и с сухим бетулином после его внесения в продукт были одинаковы. Отличием является температура внесения растительной добавки – раствор бетулина возможно вносить в холодное молоко (распределяется хорошо), а сухой бетулин вносить предпочтительно при температуре выше температуры плавления молочного жира, а именно при температуре выше 40 °C, что необходимо для лучшей смачиваемости сухих частиц растительной добавки расплавленным молочным жиром и вовлечением их в структуру продукта.

БЕТУЛИН – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ИНГРЕДИЕНТ ДЛЯ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Образцы из неомогенизированного молока были заложены на хранение при температуре 4 °С для изучения их хранимостпособности. В соответствии с ГОСТ 31450-2013 «Молоко питьевое. Технические условия» срок годности питьевого пастеризованного молока с момента окончания технологического процесса устанавливает изготовитель с учетом требований нормативных правовых актов в области безопасности пищевой продукции. В среднем пастеризованное молоко может

Таблица 2 – Активная кислотность экспериментальных образцов пастеризованного неомогенизированного цельного молока с бетулином и контроля в процессе хранения

Table 2 – Active acidity of experimental samples of pasteurized, non-homogenized whole milk with betulin and control sample during storage

Образец	Активная кислотность, ед. pH				
	1-ые сутки	5-ые сутки	10-ые сутки	15-ые сутки	20-ые сутки
Контроль	6,63±0,03	6,65±0,05	6,71±0,02	6,56±0,04	6,49±0,05
1	6,64±0,02	6,71±0,04	6,73±0,05	6,62±0,02	6,55±0,02
2	6,64±0,03	6,73±0,03	6,74±0,04	6,70±0,02	6,58±0,03
3	6,65±0,05	6,75±0,03	6,75±0,05	6,70±0,05	6,61±0,04
4	6,66±0,02	6,75±0,02	6,76±0,07	6,72±0,03	6,62±0,05
5	6,69±0,03	6,80±0,03	6,78±0,02	6,73±0,05	6,63±0,02
6	6,70±0,02	6,83±0,04	6,78±0,05	6,75±0,04	6,66±0,02

Таблица 3 – Титруемая кислотность экспериментальных образцов пастеризованного неомогенизированного цельного молока с бетулином и контроля в процессе хранения

Table 3 – Titrated acidity of experimental samples of pasteurized, non-homogenized whole milk with betulin and control sample during storage

Образец	Титруемая кислотность, °Т				
	1-ые сутки	5-ые сутки	10-ые сутки	15-ые сутки	20-ые сутки
Контроль	21,0±0,9	20,0±0,7	21,5±0,5	23,5±0,7	27,5±0,8
1	21,0±0,4	19,5±0,7	19,5±0,9	21,0±0,3	24,5±0,7
2	20,5±0,5	19,5±0,6	19,0±0,4	20,0±0,8	24,0±0,8
3	20,5±0,7	18,0±0,5	18,5±0,4	20,0±0,8	24,0±0,4
4	20,5±0,5	18,0±0,8	18,5±0,4	20,0±0,5	23,0±0,8
5	19,0±0,4	18,0±0,8	18,0±0,7	19,0±0,5	23,0±0,4
6	19,0±0,6	17,0±0,9	18,0±0,8	19,0±0,7	23,0±0,5

Анализ полученных данных (табл. 2, 3) подтвердил гипотезу о том, что растительная добавка бетулин оказывает достоверное положительное влияние на динамику кислотности экспериментальных образцов в процессе хранения. Динамика изменения кислотности контрольного образца отлична от динамики изменения кислотности образцов с различной дозировкой бетулина. Титруемая кислотность (табл. 3) в образцах с бетулином на протяжении всего хранения меньше, чем в контроле. Причем, чем больше содержание бетулина в образцах по отношению к массовой доле жира молока, тем меньше титруемая кислотность.

На рисунке 4 приведен график зависимости активной кислотности от количества бетулина в образце (номера образцов на рисунке соответствуют номерам образцов таблиц 1, 2 и 3). Приведенный ниже график (рис. 4) наглядно демонстрирует динамику изменения активной кислотности экспериментальных образцов в течение хранения.

Данные графика, представленного на рисунке 4, позволяют сделать вывод о положительном влиянии бетулина на динамику активной кислотности образцов молока во время хранения. Образцы с бетулином характеризуются большим значением активной кислотности по сравнению с контрольным образцом.

После внесения бетулина отмечена тенденция к незначительному повышению pH, что положительно сказывается на дальнейшей хранимостспособности об-

храняться от 5 до 10 суток. Хранимостспособностью экспериментальных образцов оценивали по изменению активной и титруемой кислотности, а также контролируя органолептические показатели.

Изучена динамика активной и титруемой кислотности контрольного образца и экспериментальных образцов в течение 20 суток хранения (табл. 2, 3). Активная кислотность вносимого раствора бетулина составляла 7,57 ед. pH.

разцов. И чем больше доза бетулина в образце, тем выше pH. В контрольном образце по истечении 10 суток хранения активная кислотность резко падала, что свидетельствовало о порче образца. Активная кислотность образцов с бетулином по истечении 15 суток находилась на требуемом уровне, и только по достижении 20 суток появлялись признаки порчи.

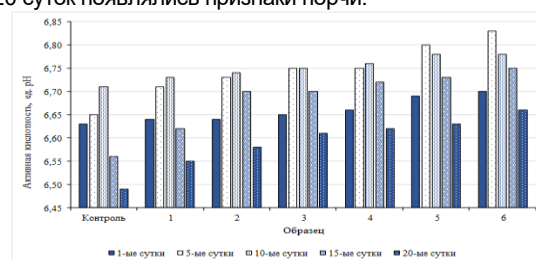


Рисунок 4 – График зависимости активной кислотности экспериментальных образцов пастеризованного неомогенизированного молока с бетулином и без него

Figure 4 – Graph of the dependence of the active acidity of experimental samples of pasteurized non-homogenized milk with and without betulin

Данные по кислотности коррелируют с данными по органолептическим показателям. Контрольный образец по истечении 10 суток хранения характеризовался легкой кислинкой и едва определяемой горечью, что свидетельствует об окончании его срока годности. Образцы с бетулином на протяжении 15 суток хранения отличались чистым молочным вкусом и запахом с легким послевкусием растительного компонента, и только на 20 сутки хранения была отмечена в образцах кислинка без горечи, а консистенция характеризовалась незначительным белковым осадком, что позволяло судить о начале процесса порчи продукта.

Таким образом, экспериментально установлено, что использование бетулина позволяет увеличить хранимостспособностью пастеризованного неомогенизированного молока. Благодаря способности бетулина связываться с жировыми шариками молока, бетулин возможно использовать в качестве эмульгатора в молочных продуктах различной жирности. Кроме того, бетулин способствует улучшению органолептических свойств молока, придавая ему легкий привкус и запах бересты, который отлично сочетается с молочным вкусом и запахом.

Принимая во внимание полученные данные, бетулин может быть рекомендован как перспективный растительный компонент для комбинирования с молоком и молочными продуктами.

ВЫВОДЫ

Экспериментально подтверждена перспективность комбинирования тритерпеносодержащего сырья бетулина с цельным неомогенизированным молоком.

Изучено влияние бетулина на состояние жира в цельном неомогенизированном молоке: в контрольном образце жировые шарики крупные, неправильной округлой формы, отмечено наличие крупных капель жира, в образцах молока с бетулином преобладают жировые шарики одного размера, с утолщенными стенками, правильной округлой формы, крупные жировые капли отсутствуют. Установлено положительное влияние бетулина на состояние молочного жира: бетулин позволяет получить в молочной смеси правильные жировые шарики с прочной оболочкой без необходимости гомогенизации молока, что способствует лучшей сохранности молочного жира и защите молока от порчи при хранении.

Исследована динамика активной и титруемой кислотности образцов неомогенизированного молока (контроль и с бетулином) в процессе их хранения в течение 20 суток при температуре 4 °С. Установлено, что бетулин оказывает достоверное положительное влияние на хранимособность образцов. Титруемая кислотность в образцах с бетулином на протяжении всего срока хранения меньше, чем в контроле. Активная кислотность в образцах с бетулином на протяжении всего срока хранения больше, чем в контроле. Увеличение содержания бетулина в образцах молока имеет при хранении отрицательную корреляцию с их титруемой кислотностью и положительную корреляцию с их активной кислотностью. В контрольном образце молока признаки порчи отмечены по истечении 10 суток хранения, а в образцах с бетулином – только к 20 суткам хранения. Данные по кислотности коррелируют с данными по органолептическим показателям образцов. Таким образом, подтверждено, что использование бетулина позволяет увеличить хранимособность цельного пастеризованного неомогенизированного молока.

Бетулин может быть рекомендован для комбинирования с молоком и молочными продуктами, в качестве компонента, который играет роль эмульгатора и позволяет увеличить срок годности продукции. Бетулин в виде 10-го водного раствора можно вносить в охлажденное молоко, а сухой бетулин рекомендовано вносить при температуре выше температуры плавления молочного жира (выше 40 °С).

Полученные данные открывают перспективы по дальнейшему расширению ассортимента функциональных молочных продуктов с бетулином как источником биологически активных веществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Мусина О.Н. Современное состояние биотехнологии комбинированных молочных продуктов (обзор). 1. Предпосылки и принципы создания комбинированных молочных продуктов // Хранение и переработка сельхозсырья. 2008. № 3. С. 59–63.
2. Глицерризиновая кислота / Г.А. Толстиков [и др.] // Биоорганическая химия. 1997. Т. 23. № 9. С. 691–709.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 23 августа 2024; одобрена после рецензирования 20 мая 2025; принята к публикации 26 мая 2025.

The article was received by the editorial board on 23 Aug 2024; approved after editing on 20 May 2025; accepted for publication on 26 May 2025.

3. Белякова А.Ю., Погребняк А.В., Погребняк Л.В. Физико-химические и биологические свойства компонентов внешней коры березы // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2 (часть 2). С. 492.

4. Ботаника. Энциклопедия «Все растения мира»: пер. с англ. / Под ред. Д. Григорьева [и др.]. М.: Könemann, 2006. 1020 с.

5. Бетулин и его производные. URL: https://knowledge.allbest.ru/chemistry/2c0a65625b2ad68a4d53a89421216c37_0.html. (дата обращения 10.04.2025).

6. Pasich J., Pojda M. Naturaline i polsyntetyczne tenzydy. Cz. VII. Prosty sposob otrzymywania betuliny // Farmas pol. 1974. Vol. 30. № 8. Р. 771–772.

7. Преснова Г.А., Тюрина Н.А. Новая натуральная добавка – бетулинсодержащий экстракт бересты // Переработка молока. 2010. № 6. С. 10–11.

8. Похило Н.Д., Уварова Н.И. Изопреноиды различных видов рода Betula // Химия природных соединений. 1988. № 3. С. 325–341.

9. Изучение состава и антиоксидантных свойств гексанового и этанольного экстрактов бересты / С.А. Кузнецова [и др.] // Вестник Красноярского государственного университета, Естественные науки. 2005. № 2. С. 113–118.

10. Бетулин. Полезные свойства и применение бетулина. URL : <https://birchworld.ru/betulin-poleznye-svoystva-i-priemienie-betulina> (дата обращения 10.04.2025).

11. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). URL : <https://docs.cntd.ru/document/902249109> (дата обращения 10.04.2025).

12. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ : Методические рекомендации. М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 46 с.

13. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). URL : <http://www.tsouz.ru/db/techregulation/sanmeri/Documents/Pi shevayaCennost-1.pdf>. (дата обращения 10.04.2025).

14. Патент РФ № 2308837 A23C 3/08. Способ консервирования молока и молочных продуктов / Ткаченко Ю.А., Клабукова И.Н., Кислицын А.Н., Трофимов А.Н. ; опубл. 27.10.2007.

Информация об авторах

О. Н. Мусина – д-р техн. наук, проф. кафедры технологии продуктов питания, гл. науч. сотр. ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

Д. А. Усатюк – науч. сотр. лаб. научно-прикладных технологических разработок «Сибирского НИИ сыроделия» ФГБНУ ФАНЦА.

Н. И. Бондаренко – зав. лаб. научно-прикладных и технологических разработок «Сибирского НИИ сыроделия» ФГБНУ ФАНЦА.

Information about the authors

O.N. Musina - D.Sc., Professor of the Institute for Biotechnology, Food and Chemical Engineering, Chief Researcher, Polzunov Altai State Technical University.

D.A. Usatiuk - research scientist, lab. of scientific and applied technological developments of the "Siberian Research Institute of Cheese-Making", FASCA.

N.I. Bondarenko - Head of the lab. of scientific and applied technological developments of the "Siberian Research Institute of Cheese-Making", FASCA.