

ВЕСТНИК

БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ПИЩЕВЫХ И ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Научно-методический журнал

Издается два раза в год

№ 1 (38), 2025

*Учредитель: Белорусский государственный университет
пищевых и химических технологий*

СОДЕРЖАНИЕ

ПИЩЕВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

<i>Ю. Ю. Чеканова, З. В. Василенко, М. А. Глушаков, А. В. Кобель</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАХТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НИЗКОЛАКТОЗНОГО МЯГКОГО СЫРА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА СПОСОБОМ ТЕРМОКИСЛОТНОЙ КОАГУЛЯЦИИ БЕЛКОВ.....	3
<i>С. Л. Масанский, Н. О. Пусовская</i> СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИЙ ЦЕЛЬНО- ЗЕРНОВОЙ ЯЧМЕННОЙ МУКИ И ЯБЛОЧНОГО ПЮРЕ КАК ОСНОВЫ В РЕЦЕПТУРАХ ДЕСЕРТОВ.....	13
<i>Д. С. Лозовская, О. В. Дымар</i> ОЦЕНКА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОЗИВА В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....	24
<i>О. И. Купцова, А. А. Демьянец</i> РАЗРАБОТКА СПОСОБА ТЕРМОПЛАСТИФИКАЦИИ СЫРНОГО ПЛАСТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЗЛАКТОЗНОГО СЫРА МОЦАРЕЛЛА С УЛУЧШЕННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ.....	38
<i>Л. В. Рукшан, Л. Н. Евдохова, В. А. Шаршунов</i> РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЯЧМЕННОЙ МУКИ.....	48
<i>Д. С. Лозовская, О. В. Дымар</i> ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ МОЛОЗИВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ПАРАМЕТРОВ.....	61

Е. А. Цед, С. В. Волкова, В. А. Новикова, Ю. В. Ивчина, Ж. В. Цынгалева

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПОЛУЧЕНИЯ ДИСТИЛЛЯТОВ.....	76
---	----

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Е. З. Ловкис

ДОСТИЖЕНИЕ КАЧЕСТВА И КОНКУРЕНТОУСТОЙЧИВОСТИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ТОВАРОВ.....	87
---	----

Д. В. Ерофеев

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ЭТАПА ПЕРЕХОДА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ К УСТОЙЧИВОМУ ПРОИЗВОДСТВУ ОРГАНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ.....	92
---	----

ПИЩЕВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 637.1

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАХТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НИЗКОЛАКТОЗНОГО МЯГКОГО СЫРА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА СПОСОБОМ ТЕРМОКИСЛОТНОЙ КОАГУЛЯЦИИ БЕЛКОВ

Ю. Ю. Чеканова¹, З. В. Василенко¹, М. А. Глушаков², А. В. Кобель¹

¹Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь

²ООО «Техносолекс-Проект», Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Расширение ассортимента термокислотных видов мягкого сыра с пониженным содержанием лактозы на сегодняшний день является актуальным. Общая научная задача – обосновать эффективность использования пахты для получения низколактозного мягкого сыра и технологические параметры его производства методом термокислотной коагуляции белков на основе оценки влияния сырьевого молочного ресурса пахты и процесса гидролиза лактозы в ней на показатели качества продукта.

Материалы и методы. Применяли стандартные и общепринятые методы исследований. В качестве контрольного образца выступал мягкий сыр на основе термокислотной коагуляции белков, выработанный из цельного молока и пахты, не подвергнутых гидролизу лактозы в сырье. В качестве опытного – мягкий сыр на основе термокислотной коагуляции белков пахты с пониженным содержанием молочного сахара.

Результаты. Установлено влияние вторичного молочного сырьевого компонента пахты и гидролиза лактозы в ней на показатели качества мягкого сыра, что выражалось в получении продукта с пониженным содержанием лактозы до 1 %, массовой долей жира в сухом веществе не более 36 % и влаги не более 71 %, стабильными физико-химическими свойствами в процессе хранения и улучшенными органолептическими показателями, более сливочным вкусом и ароматом, с наличием сладковатого привкуса, что не уступает существующим традиционным термокислотным сырам. Разработаны технологические параметры производства мягкого сыра из пахты – продолжительность гидролиза сырья должна составлять не менее 9 ч при температуре (4 ± 2) °С, температурные режимы термокислотной коагуляции – не ниже 85 °С в течение 3–5 мин, что в совокупности позволит получить высококачественный продукт со степенью гидролиза молочного сахара не ниже 80 %.

Заключение. Использование пахты в качестве сырьевого ресурса для получения низколактозного мягкого сыра позволяет обеспечить его высокую пищевую ценность. Установленные технологические параметры производства сыра способом термокислотной коагуляции белков рекомендуются для практического применения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мягкий сыр; пахта; сырьевой ресурс; здоровое питание; лактоза; гидролиз лактозы; термокислотная коагуляция.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Чеканова, Ю. Ю. Эффективность использования пахты для получения низколактозного мягкого сыра и технологические параметры его производства способом термокислотной коагуляции белков / Ю. Ю. Чеканова, З. В. Василенко, М. А. Глушаков, А. В. Кобель // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2025. – № 1 (38). – С. 3–12.

EFFICIENCY OF USING BUTTERMILK FOR THE PRODUCTION OF LOW-LACTOSE SOFT CHEESE AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF ITS MANUFACTURE USING THE HEAT-ACID COAGULATION PROCESS OF PROTEINS

Y. Y. Chekanowa¹, Z. V. Vasilenko¹, M. A. Glushakov², A. V. Kobel¹

¹Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Republic of Belarus

²ООО «Technosolecs-Proect», Republic of Belarus

ABSTRACT

Introduction. The expansion of the range of heat-acid types of soft cheese with reduced lactose content is currently a relevant issue. The general scientific objective is to substantiate the efficiency of using buttermilk for the production of low-lactose soft cheese and the technological parameters of its production using the method of heat-acid coagulation of proteins, based on the evaluation of the influence of the raw milk resource of buttermilk and the process of lactose hydrolysis in it on the quality indicators of the product.

Materials and methods. Standard and widely accepted research methods were employed. The control samples were soft cheese produced by heat-acid coagulation of proteins from whole milk and buttermilk, not subjected to lactose hydrolysis in the raw material. The experimental samples were soft cheese based on heat-acid coagulation of buttermilk proteins with reduced milk sugar content.

Results. The influence of the secondary milk raw material component of buttermilk and lactose hydrolysis in it on the quality indicators of soft cheese has been established, which resulted in a product with reduced lactose content of up to 1 %, mass fraction of fat in dry matter not exceeding 36 %, and moisture content in dry matter not exceeding 71 %. The product had stable physicochemical properties during storage, improved organoleptic properties, more creamy taste, and aroma with a sweetish note, which is comparable to existing traditional heat-acid cheeses. Technological parameters for the production of soft cheese from buttermilk were developed – the duration of raw material hydrolysis should be at least 9 hours at a temperature of (4 ± 2) °C, and the temperature modes of heat-acid coagulation should be no lower than 85 °C for 3–5 minutes. In combination, these parameters allow for the production of a high-quality product with a milk sugar hydrolysis degree of no lower than 80 %.

Conclusions. The use of buttermilk as a raw material for the production of low-lactose soft cheese ensures its high nutritional value. The established technological parameters for cheese production via heat-acid protein coagulation are recommended for practical implementation.

KEY WORDS: *soft cheese; buttermilk; raw material resource; healthy eating; lactose; hydrolysis of lactose; heat- acid coagulation.*

FOR CITATION: Chekanowa, Y. Y. Efficiency of using buttermilk for the production of low-lactose soft cheese and technological parameters of its manufacture by method of heat-acid coagulation/ Y. Y. Chekanowa, Z. V. Vasilenko, M. A. Glushakov, A. V. Kobel // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2025. – № 1 (38). – P. 3–12.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире основополагающим фактором продолжительной жизнедеятельности является здоровое питание, обусловленное рациональным и сбалансированным пищевым рационом по нутриентному составу и незаменимым компонентам пищи и энергии. При этом особое значение для людей всех возрастных категорий имеют молочные продукты, которые являются основой здоровья ввиду высокой пищевой и биологической ценности, перевариваемости и усвояемости.

Молоко и молочные продукты в достаточном количестве для удовлетворения суточной потребности человека в питательных веществах содержат белки, жиры, углеводы, водо- и жирорастворимые витамины, минеральные вещества, что в совокупности позволяет нормализовать работу всех внутренних органов и обеспечить профилактику многих заболеваний. Стоит отметить особую ценность молочных белков для здорового питания. Белки выполняют многочисленные биологические функции – структурную, транспортную, защитную, гормональную и др. [1]. Наиболее богаты белком творог и творожные продукты, сыры, ассортимент которых в довольно широком спектре представлен в Республике

Беларусь [2]. Наибольший интерес представляют мягкие сыры, полученные термокислотным способом, который характеризуется высокой степенью извлечения из сырья белков молока за счет осаждения сывороточных белков и казеина, при этом степень использования белковых компонентов составляет до 98 %, что значительно повышает пищевую и биологическую ценность продукции [3, 4]. Известными мягкими сырами из термокислотной группы в Республике Беларусь и Российской Федерации являются «Рикотта» и «Адыгейский» [3, 5]. Однако в Беларуси мягкие сыры типа «Адыгейский» представлены в ограниченном количестве.

Изготовление термокислотных сыров является экономически целесообразным для предприятий молочной отрасли, что обусловлено, в первую очередь, применяемым сырьем, к составу и качеству которого не предъявляются высокие требования [3, 6]. На сегодняшний день известны технологии производства сыров, полученных термокислотным способом, с применением в качестве основного молочного сырья молока цельного, обезжиренного, восстановленного, или пахты, а также их смесей [3, 7, 8]. В Республике Беларусь изготовление мягкого сыра основано на применении в основном цельного молока, или нормализованного обезжиренным молоком. Стоит отметить перспективность применения биологически ценного сырьевого ресурса пахты для получения мягкого сыра. Однако считается, что пахта в силу своих невысоких коагуляционных свойств может оказывать негативное влияние на структуру термокислотного сыра [7, 9]. Вместе с тем ее использование может позволить существенно повысить пищевую и биологическую ценность готовой продукции за счет обогащения ценными компонентами молочного жира, в частности фосфолипидами, и другими биологически активными веществами [10–12].

Известно, что часть населения (около 60 %) не может употреблять в пищу молочные продукты вследствие непереносимости лактозы, которая является одним из основных компонентов молока [13, 14]. В результате неспособности организма усваивать молочный сахар могут наблюдаться боли в животе, метеоризм, вздутие живота, головная боль, общая слабость, озноб, аритмия, ухудшение памяти, боли в мышцах и суставах, проявление аллергии и язвы слизистых оболочек [15, 16]. В связи с чем для повышения качества жизни населения актуальным является коррекция лактазной интолерантности при производстве молочных продуктов. В настоящее время известны различные способы снижения содержания лактозы в молочной продукции [17]. При этом самым перспективным методом является применение активных ферментных препаратов β -галактозидазы бактериального происхождения, которые расщепляют лактозу в молоке на глюкозу и галактозу и могут способствовать получению продуктов с заданными органолептическими и физико-химическими свойствами [13, 16–18].

Согласно проведенному литературному анализу источников научного характера, исследования, направленные на возможность производства низколактозного термокислотного мягкого сыра из пахты, ранее не проводились. Поэтому актуальным является расширение ассортимента мягких сыров с пониженным содержанием лактозы, полученных термокислотным способом коагуляции белков пахты.

Цель работы – установить эффективность применения пахты при изготовлении низколактозного мягкого сыра и технологические параметры его производства для расширения ассортимента термокислотных видов сыров с пониженным содержанием лактозы.

Общая научная задача – обосновать эффективность использования пахты для получения низколактозного мягкого сыра и технологические параметры его производства способом термокислотной коагуляции белков на основе оценки влияния сырьевого молочного ресурса пахты и процесса гидролиза лактозы в ней на показатели качества продукта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для производства образцов мягкого сыра в качестве молочного сырья применяли пахту, полученную от производства сладкосливочного масла способом сбивания сливок, с массовой долей жира (далее м.д.ж.) 0,4–0,7 %, белка – не менее 2,8 %, сухого обезжиренного молочного остатка – не менее 8,5 %, титруемой кислотностью не более 19 °Т, плотностью не менее 1027 кг/м³; цельное молоко с м.д.ж. не более 3,6 %, белка – не менее 3,2 %, сухого обезжиренного молочного остатка – не менее 8,2 %, кислотностью – 16–18 °Т, плотностью – не менее 1027 кг/м³. При этом изготовление контрольных образцов мягкого сыра было основано на использовании сырья, которое не подвергали процессу гидролиза (контроль 1 – сыр на основе цельного молока, контроль 2 – сыр на основе пахты), а для получения опытных образцов – проводили ферментативное расщепление молочного сахара в пахте (опыт – сыр на основе гидролизованной пахты).

Мягкий сыр вырабатывали по промышленной технологии сыра «Адыгейский», адаптированной к лабораторным условиям и основанной на термокислотной коагуляции белков молока. Мягкий сыр вырабатывали по следующей технологической схеме: для достижения минимального значения лактозы в опытных образцах мягкого сыра пахту подвергали процессу ферментативного гидролиза лактозы с применением ферментного препарата β -галактозидазы NolaFit 5500, производитель Chr.Hansen (Дания), микроорганизм-продуцент *Kluyveromyces lactis*, активность 5500 BLU/мл. Процесс пастеризации гидролизованной пахты и негидролизованного молочного сырья осуществляли при температуре 80–95 °С в течение 3–5 мин с последующей термокислотной коагуляцией белков сырьевых компонентов при этой же температуре путем внесения кислой творожной сыворотки титруемой кислотностью 65–80 °Т в количестве 10 % от массы смесей. Образующийся после термокислотной коагуляции белков хлопьевидный сгусток выдерживали при температуре 80–95 °С в течение 3–5 мин. После выдержки проводили формование и самопрессование в течение 10–15 мин. За это время продукт один раз переворачивали. Затем образцы упаковывали в потребительскую тару путем вакуумирования и направляли на доохлаждение и хранение в холодильную камеру при температуре (4±2) °С.

На первом этапе работы изучена эффективность применения пахты при создании низколактозного мягкого сыра, изготовленного термокислотным способом.

На втором этапе работы исследован процесс гидролиза лактозы пахты и установлены его параметры при производстве низколактозного термокислотного мягкого сыра.

Процесс гидролиза лактозы в пахте проводили в хладостатной камере при температуре (4±2) °С в течение 1; 3; 6; 9 и 12 ч для установления оптимальных технологических параметров расщепления молочного сахара.

На третьем этапе работы исследованы особенности процессов термокислотной коагуляции белков пахты в технологии производства мягкого сыра с пониженным содержанием лактозы.

Основное отличие термокислотного способа свертывания – использование высоких температур порядка 80–95 °С. Это способствует тому, что скорости взаимодействия компонентов молока очень сильно возрастают, в частности, происходит совместная коагуляция казеинов и сывороточных белков. Возможно, что на фоне деструктуризации воды при температурах выше 80 °С «сухие» компоненты молока отторгаются и группируются в отдельные конгломераты, что, в свою очередь, может оказать влияние на структуру сгустка на основе пахты [19].

Температура является одним из важнейших факторов для производства мягких термокислотных сыров, поэтому рациональный подбор температурных режимов будет способствовать повышению полноты осаждения отдельных белковых фракций. Коагуляцию исследуемых образцов из пахты проводили при (80±1); (85±1) и (90±1) °С.

При проведении исследований в молочном сырье определяли термоустойчивость по

ГОСТ 25228, титруемую кислотность по ГОСТ 3624, массовую долю лактозы йодометрическим методом и степень гидролиза молочного сахара.

В свежеприготовленных образцах низколактозного мягкого сыра контролировали органолептические показатели сенсорным методом, активную кислотность по ГОСТ 3624, массовую долю влаги по ГОСТ 3626, массовую долю жира в сухом веществе по ГОСТ 5867. Исследования органолептических показателей, титруемой и активной кислотности в экспериментальных образцах осуществляли на 0; 7; 15-е сутки хранения в стандартном температурном режиме (4 ± 2) °C.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе работы изучена эффективность применения пахты при создании низколактозного мягкого сыра, изготовленного термокислотным способом. Ферментативный гидролиз лактозы в молочном сырье осуществляли при температуре (4 ± 2) °C в течение 12 ч. Хранили продукт при температуре (4 ± 2) °C в течение 15-ти суток.

Первоначально определили физико-химические и технологические показатели молочного сырья, применяемого для производства термокислотного сыра (таблица 1).

Согласно таблице 1, анализ физико-химических и технологических показателей молочного сырья, применяемого для производства термокислотного сыра, в том числе гидролизованной пахты, показал, что все образцы характеризовались показателями титруемой кислотности, соответствующими значениям согласно ТНПА, группой термоустойчивости не ниже первой, что свидетельствует о способности белковых компонентов выдерживать последующую высокотемпературную обработку при термокислотной коагуляции. Кроме того, установлено, что применение гидролиза лактозы в пахте способствовало снижению молочного сахара в ней до количества, не превышающем 1 %, что соответствует низколактозной группе продукции. При этом степень гидролиза молочного сахара в пахте составила до 90 %, что, в свою очередь, является оптимальным решением в непереносимости и усвояемости лактозы.

Табл. 1. Физико-химические и технологические показатели молочного сырья

Table 1. Physical, chemical and technological indicators of dairy raw materials

Показатели	Цельное молоко	Пахта до гидролиза	Гидролизованная пахта
Титруемая кислотность, °Т, ($\pm 0,5$ %)	17,50	18,00	17,00
Термоустойчивость, группа, не ниже	I		
Лактоза, %, ($\pm 0,1$ %)	4,70	4,80	0,59
Степень гидролиза лактозы, %	—	—	88,00

Результаты определения массовой доли жира в сухом веществе мягкого сыра, массовой доли влаги и органолептических показателей в процессе хранения в течение 15-ти суток при температуре (4 ± 2) °C представлены в таблице 2.

Анализируя полученные результаты, представленные в таблице 2, установлено, что применение в качестве основного молочного сырья пахты без применения гидролиза (контроль 2) и с ферментативным расщеплением молочного сахара в ней (опыт) способствовало получению термокислотного мягкого сыра с более низкой массовой долей жира в сухом веществе по сравнению с контрольными образцами на основе цельного молока (контроль 1), что обусловлено пониженной жирностью пахты, которая, в свою очередь, является диетическим сырьевым компонентом в технологии производства молочных продуктов. Кроме того, установлено, что контрольные и опытные образцы мягкого сыра, для производства которых применяли пахту, характеризовались более высокими показателями массовой доли влаги по сравнению с контрольными образцами на основе цельного молока,

что можно обосновать хорошей влагоудерживающей и термопластифицирующей способностью вторичного молочного сырья [8].

Анализ органолептических показателей качества готовых продуктов (таблица 2) показал, что все исследуемые образцы мягкого сыра, независимо от сырьевого состава, характеризовались высокими вкусовыми и ароматическими показателями, хорошей консистенцией, внешним видом и цветом, соответствующие данной видовой группе термокислотных сыров. Вместе с тем установлено, что применение пахты при получении сыра способствовало проявлению более сливочного вкуса в готовом продукте относительно термокислотного мягкого сыра из цельного молока, а использование гидролизованной пахты – наличие еще и сладковатого вкуса и аромата, обусловленных расщеплением молочного сахара на глюкозу и галактозу, характеризующихся более высоким индексом сладости по сравнению с лактозой.

Табл. 2. Физико-химические и органолептические показатели мягкого сыра

Table 2. Physicochemical and organoleptic parameters of soft cheese

Показатели	Исследуемые образцы		
	Контроль 1 (сыр на основе цельного молока)	Контроль 2 (сыр на основе пахты)	Опыт (сыр на основе гидролизованной пахты)
Массовая доля жира в сухом веществе, %, не более	56±0,5	35±0,5	35±0,5
Массовая доля влаги, %, не более	65,3±0,5	71,5±0,5	70,6±0,5
Активная кислотность, ед. рН, не более	6,3±0,1	6,24±0,1	6,1±0,1
Вкус и запах	Вкус сырный, характерный для термокислотного сыра	Вкус сырный, характерный для термокислотно го сыра, в меру сливочный	Вкус сырный, характерный для термокислотного сыра, в меру сливочный, сладковатый вкус и аромат
Консистенция	Мягкая, в меру плотная, слегка крошащаяся	Мягкая, более нежная, слегка крошащаяся	
Внешний вид и цвет	Внешний вид произвольный, цвет белый, равномерный по всей массе		

При этом в процессе хранения в течение 15-ти суток при температуре (4±2) °С активная кислотность изменялась незначительно, органолептические показатели качества исследуемых опытных и контрольных образцов мягкого сыра соответствовали свежеприготовленному продукту. В связи с чем на первом этапе исследовательской работы научно обоснована возможность применения пахты в качестве основного молочного компонента в технологии производства термокислотного мягкого сыра с пониженным содержанием молочного сахара.

На втором этапе работы исследован процесс гидролиза лактозы пахты при температуре (4±2) °С в течение от 1 до 12 ч и установлены его параметры при производстве низколактозного термокислотного мягкого сыра.

Результаты исследований зависимости гидролиза лактозы пахты от продолжительности процесса ферментативного расщепления молочного сахара в сырье представлены в таблице 3.

Установлено (таблица 3), что с увеличением продолжительности гидролиза лактозы в пахте при температуре (4±2) °С количество молочного сахара в сырье снижалось.

Проведение процесса гидролиза лактозы в пахте в течение 9 и 12 ч способствовало получению мягкого сыра с содержанием молочного сахара в количестве $(0,9 \pm 0,1)$ и $(0,59 \pm 0,1)$ % соответственно, что в полной мере будет удовлетворять потребностям людей, страдающих непереносимостью лактозы в употреблении низколактозных продуктов. При этом степень гидролиза лактозы в пахте составила 81 и 88 % соответственно. Степень гидролиза лактозы в молочном вторичном сырье при проведении процесса ферментативного гидролиза молочного сахара в пахте в течение 1–6 ч находилась в диапазоне 2–56 %.

Табл. 3. Зависимость гидролиза лактозы пахты от его продолжительности

Table 3. Dependence of buttermilk lactose hydrolysis on its duration

Показатели	Исследуемые образцы пахты					
	Продолжительность гидролиза лактозы в пахте, ч					
	Без гидролиза	1	3	6	9	12
Лактоза, %, ($\pm 0,1$ %)	4,8	4,7	4,0	2,1	0,9	0,59
Степень гидролиза лактозы, %	–	2	17	56	81	88

Проведение гидролиза лактозы в молочном сырье сопровождается образованием глюкозы и галактозы, наличие которых значительно увеличивает скорость реакции Майяра с выделением меланоидинов, обладающих антиоксидантными свойствами и усиливающих цвет и вкусовые показатели готовых продуктов [17]. Выявлено, что проведение процесса гидролиза молочного сахара в пахте в течение 1–6 ч не оказало существенного влияния на изменение вкусовых и ароматических характеристик мягкого сыра. В свою очередь, мягкий сыр, при получении которого молочное сырье подвергалось гидролизу лактозы в течение 9 и 12 ч, характеризовался более выраженным сладковатым вкусом, который усиливался с увеличением продолжительности гидролиза молочного сахара.

Согласно результатам, полученным в ходе второго этапа работы, определено, что при производстве мягкого сыра из пахты снижение лактозы в готовом продукте до 1 % и ниже возможно достигнуть путем проведения ферментативного гидролиза молочного сахара в сырье при температуре (4 ± 2) °C в течение не менее 9 ч, при этом степень гидролиза лактозы будет составлять не менее 80 %.

На третьем этапе работы исследованы особенности процессов термокислотной коагуляции белков пахты в технологии производства мягкого сыра с пониженным содержанием лактозы. Ферментативный процесс расщепления молочного сахара в сырье осуществляли при температуре (4 ± 2) °C в течение 12 ч. Хранили продукт при температуре (4 ± 2) °C в течение 15-ти суток.

Результаты изучения физико-химических показателей низколактозного мягкого сыра в зависимости от технологических параметров термокислотной коагуляции белков молочного сырья в процессе хранения представлены в таблице 4.

Согласно данным, представленным в таблице 4, выявлено, что, независимо от температуры термокислотной коагуляции белков молочного сырья, все исследуемые образцы мягкого сыра характеризовались показателями активной кислотности, не имеющими существенных отличий. Кроме того, титруемая кислотность термокислотной молочной сыворотки, полученной в процессе коагуляции, составляла не более 26 °T.

Установлено (таблица 4), что с увеличением температуры термокислотной коагуляции белковых компонентов и применением пахты в качестве основного сырья (контроль 2), в том числе гидролизованной (опыт), массовая доля влаги в мягком сыре увеличивалась. Это может свидетельствовать о том, что с увеличением температуры коагуляции будет происходить повышение степени перехода сывороточных белков в готовый продукт.

Табл. 4. Физико-химические показатели мягкого сыра в процессе хранения

Table 4. Physicochemical parameters of soft cheese

Показатели	Исследуемые образцы		
	Контроль 1 (сыр на основе цельного молока)	Контроль 2 (сыр на основе пахты)	Опыт (сыр на основе гидролизованной пахты)
Температура термокислотной коагуляции (80 ± 1) °C в течение 3–5 мин			
Активная кислотность, ед. pH, ($\pm 0,05$ ед. pH)	6,23	6,27	6,14
Массовая доля влаги, %, ($\pm 0,05$ %)	65,30	71,70	70,60
Температура термокислотной коагуляции (85 ± 1) °C в течение 3–5 мин			
Активная кислотность, ед. pH, ($\pm 0,05$ ед. pH)	6,30	6,26	6,16
Массовая доля влаги, %, ($\pm 0,05$ %)	70,20	73,70	72,20
Температура термокислотной коагуляции (90 ± 1) °C в течение 3–5 мин			
Активная кислотность, ед. pH, ($\pm 0,05$ ед. pH)	6,28	6,26	6,16
Массовая доля влаги, %, ($\pm 0,05$ %)	75,60	75,30	74,70

Кроме того, определено, что наибольший выход готового продукта был характерен для низколактозного мягкого сыра, при производстве которого применяли температуру коагуляции белков свыше $85\text{ }^{\circ}\text{C}$, и составил 16–18 %. При нагревании ниже $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ или выше $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ наблюдалось снижение выхода готовой продукции до 10–12 %.

Анализ органолептических показателей качества готовых продуктов показал, что, независимо от компонентного сырьевого состава мягкого сыра с пониженным содержанием лактозы, применение температурных режимов термокислотной коагуляции белков молочно-пахтовых смесей (85 ± 1) и (90 ± 1) °C в течение 3–5 мин способствовало получению готового продукта с хорошими вкусовыми и ароматическими характеристиками, сладковатым вкусом за счет гидролиза молочного сахара (для опытных образцов), мягкой, в меру плотной, слегка крошащейся консистенцией. При этом использование пахты (контроль 2), в том числе гидролизованной (опыт), позволило получить продукт с более сливочным вкусом и ароматом относительно образцов на основе цельного молока (контроль 1), что обусловлено компонентным составом молочного жира пахты. Вместе с тем выявлено, что с увеличением температуры коагуляции вкусовые и ароматические показатели белковых продуктов улучшались и наблюдалось усиление сладкого вкуса. Напротив, использование температуры коагуляции (80 ± 1) °C способствовало формированию невыраженных вкусовых и ароматических показателей и значительного отделения сыворотки при хранении продукта в упаковке.

Исходя из представленных исследований, полученных в ходе третьего этапа, установлено, что наиболее оптимальными технологическими параметрами проведения процесса термокислотной коагуляции белков молочного сырья явилась температура в диапазоне $85\text{--}90\text{ }^{\circ}\text{C}$, что способствует получению низколактозного мягкого сыра с высокими органолептическими характеристиками, хорошим влагоудержанием и стабильными физико-химическими показателями в процессе хранения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлена и научно обоснована эффективность применения пахты при изготовлении низколактозного мягкого сыра и технологические параметры его производства для расширения ассортимента термокислотных видов сыров с пониженным содержанием лактозы.

Получен мягкий сыр с пониженным содержанием лактозы до 1 %, массовой долей жира в сухом веществе не более 36 % и влаги не более 71 %, стабильными физико-химическими свойствами в процессе хранения и улучшенными органолептическими показателями, более

сливочным вкусом и ароматом, с наличием сладковатого привкуса, что не уступает существующим традиционным термокислотным сырам на основе цельного молока или пахты.

Исследован процесс гидролиза лактозы пахты и установлены его параметры при производстве низколактозного мягкого сыра на основе термокислотной коагуляции белковых компонентов. Научно обоснована продолжительность гидролиза лактозы пахты, которая составила не менее 9 ч при температуре $(4\pm 2)^\circ\text{C}$, при этом наиболее эффективным явилось проведение процесса ферментативного расщепления молочного сахара в сырье в течение 12 ч при температуре $(4\pm 2)^\circ\text{C}$, что способствует повышению степени гидролиза лактозы не ниже 80 % и формированию в продукте высоких и органолептических характеристик с проявлением сладковатого привкуса.

Изучены особенности и установлены оптимальные параметры проведения процесса термокислотной коагуляции белков молочного сырья в технологии производства низколактозного мягкого сыра. Установлено, что для получения мягкого сыра из пахты с пониженным содержанием лактозы необходимо применять температурные режимы термокислотной коагуляции белков не ниже 85°C в течение 3–5 мин, что способствует более полному осаждению белково-жировой фракции пахтовой смеси и получению готового продукта с высокими органолептическими характеристиками, хорошим влагоудержанием и стабильными физико-химическими показателями в процессе хранения.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Зобкова, З. С. Выбор белковых ингредиентов, обогащающих и модифицирующих структуру кисломолочных напитков / З. С. Зобкова, Т. П. Фурсова, Д. В. Зенина // Актуальные вопросы индустрии напитков. – 2018. – В. 2. – С. 64–69.
- 2 Шингарева, Т. И. Применение микропартикулята сывороточных белков в технологии мягких сыров без созревания / Т. И. Шингарева [и др.] // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2022. – № 1 (32). – С. 3–16.
- 3 Мироненко, И. М. Особенности технологии производства термокислотных натуральных сычужных сыров / И. М. Мироненко // Наука и техника Казахстана. – 2021. – № 2. – С. 101–108.
- 4 Купцова, О.И. Изучение эффективности применения пахты при создании низколактозного мягкого сыра геронтологической направленности / О. И. Купцова, Ю. Ю. Чеканова, А. В. Кобель // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья: сб. науч. тр., 2023 / РУП «Институт мясо-молочной промышленности»; редкол.: Г. В. Гусаков (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2024. – № 18. – С. 165–174.
- 5 Мироненко, И. М. Особенности выработки термокислотных сыров / И. М. Мироненко // Сыроделие и маслоделие. – 2014. – № 3. – С. 52–54.
- 6 Вистовская, В. П. Влияние различных коагулянтов и температуры на показатели подсырной сыворотки, полученной термокислотным способом / В. П. Вистовская, С. А. Вахрушева, И. М. Мироненко // Известия АлтГУ. – 2013. – № 3 (79). – С. 23–26.
- 7 Ефимова, Е. В. Технологические особенности использования сухих микропартикулированных белков для производства белковых продуктов из пахты / Е. В. Ефимова, С. И. Вырина, М. М. Шлемен, Е. М. Дмитрук // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2017. – № 12. – С. 77–85.
- 8 Валялкина, Е. М. Использование пахты для производства мягких сыров / Е. М. Валялкина, Е. В. Ефимова, М. Т. Серебрянская // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2007. – № 2. – С. 61–67.
- 9 Валялкина, Е. М. Влияние гранулометрического состава и текстуры белков молока в микропартикулированной форме на их свойства / Е. М. Валялкина, Н. А. Прокопьев // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2011. – № 6. – С. 138–146.
- 10 Купцова, О. И. Пахта – биологически ценный сырьевой компонент в технологии сметаны / О. И. Купцова, Ю. Ю. Чеканова, Н. А. Павлистова, А. А. Павлюковец // Сыроделие и маслоделие. – 2022. – № 6. – С. 46–48.
- 11 Василькевич, А. И. Аспекты выделения и использования фосфолипидов пахты / А. И. Василькевич, О. В. Дымар // Пищевая промышленность: Наука и технологии. – 2020. – № 2. – С. 69–77.
- 12 Абделлатиф, С. С. Пахта: один из источников молочных минорных компонентов / С. С. Абделлатиф, Н. А. Тихомирова // Пищевые ингредиенты России 2019: сб. науч. тр. / ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН; под ред. С. В. Юрьевич [и др.]. СПб., 2019. – С. 6–9.
- 13 Мохаммед Эль Амин Хелеф. Безлактозные молочные продукты: перспективы производств / Мохаммед Эль Амин Хелеф, Ю. В. Голубцова, С. А. Иванова // Новые технологии. – 2022. – Т. 18. – № 3. – С. 94–105.
- 14 Oak, S. J. The effects of probiotics in lactose intolerance: A systematic review / S. J. Oak, R. Jha // Critical reviews

in food science and nutrition. – 2019. – № 59 (11). – P. 1675–1683.

15 Богданова, Н. М. Лактазная недостаточность и непереносимость лактозы: основные факторы развития и принципы диетотерапии / Н. М. Богданова // Медицина: теория и практика. – 2020. – Т. 4. – № 1. – С. 62–70.

16 Фефилова, Г. А. Исследование ферментативного гидролиза лактозы молока / Г. А. Фефилова, М. В. Харина // Материалы VI Международной научно-практической конференции. – Екатеринбург, 2019. – С. 144–147.

17 Дымар, О. В. Перспективы использования гидролиза лактозы при производстве молочных продуктов / О. В. Дымар, И. Н. Скакун // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2010. – № 4. – С. 114–124.

18 Panseri, S. Determination of Carbohydrates in Lactose-Free / S. Panseri, R. Pavlovic, M. Castrica [et al.] // Dairy Products to Support Food Labelling. Foods. – 2021. – № 10 (6). – P. 1219.

19 Мироненко, И. М. Особенности выработки термокислотных сыров / И. М. Мироненко // Сыроделие и маслоделие. – 2014. – № 3. – С. 52–54.

Поступила в редакцию 11.05.2025 г.

ОБ АВТОРАХ:

Юлия Юрьевна Чеканова, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии молока и молочных продуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: chekanowa_07@mail.ru.

Зоя Васильевна Василенко, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, профессор кафедры технологии продукции общественного питания и мясопродуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: vzv0003@rambler.ru.

Михаил Александрович Глушаков, кандидат технических наук, доцент, директор ООО «Техносолекс-Проект», e-mail: glushakov_m_a@mail.ru.

Анастасия Васильевна Кобель, студент, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: kobel16@bk.ru.

ABOUT AUTHORS:

Yuliya Y. Chekanowa, PhD (Technical Sciences), Senior Lecturer, Department of Milk and Dairy Products, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: chekanowa_07@mail.ru.

Zoja V. Vasilenko, Doctor of Technocal Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of the Republic of Belarus, Professor of the Department of the Technology of Food Processing and Meat Products, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: vzv0003@rambler.ru.

Mikhail A. Glushakov, PhD (Technical Sciences), Associate Professor, Director ООО “Technosolex-Project” e-mail: glushakov_m_a@mail.ru.

Anastasia V. Kobel, student, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, email: kobel16@bk.ru.

УДК 641.56

СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИЙ ЦЕЛЬНОЗЕРНОВОЙ ЯЧМЕННОЙ МУКИ И ЯБЛОЧНОГО ПЮРЕ КАК ОСНОВЫ В РЕЦЕПТУРАХ ДЕСЕРТОВ

С. Л. Масанский, Н. О. Пусовская

*Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь***АННОТАЦИЯ**

Введение. Потребительские свойства десертов на основе рецептурных композиций цельнозерновой ячменной муки и яблочного пюре ранее не исследовались, их ассортимент не разработан. Цель работы – формирование ассортимента низкокалорийных десертов для школьного питания с заданными эргономическими свойствами. Структурно-механические свойства десертов являются определяющими факторами их потребительской привлекательности. Научная задача – установление закономерностей проявления структурно-механических свойств рецептурных композиций из цельнозерновой ячменной муки и яблочного пюре при разных их соотношениях.

Материалы и методы. Цельнозерновая ячменная мука, стерилизованное яблочное пюре без добавления сахара, свежие яблоки. Структурно-механические показатели – ротационный вискозиметр «VT6/7 PLUS»; анализатор текстуры – СТЗ-4500 Brookfield; активность воды (A_w) – прибор «Гигрометр Hygrolab C1-Set-40»; раствороудерживающая способность муки – анализатор Chopin SRC-CHOPIN. Общепринятые методы определения физико-химических показателей.

Результаты. Постепенное увеличение доли муки (до 10 %) при высоком содержании яблочного пюре в смеси характеризуется вязкопластическими свойствами, при этом доля муки увеличивается линейно до точки, где характер ее увеличения меняется и становится нелинейный, но не резко экспоненциальным (среднее содержание муки 50–60 %). Дальнейшее постоянное преобладание муки (70–80 %) обуславливает появление в системе свойств характеризующихся низкой влажностью, высокой хрупкостью и твердостью, в результате чего наблюдается экспоненциальный рост вязкости и твердости.

Заключение. Формирование ассортимента десертов для школьного питания с заданными структурно-механическими свойствами (консистенцией) возможно при следующих рецептурных соотношениях в них цельнозерновой ячменной муки и яблочного пюре (%): 70:30 – 80:20 – для изделий типа печенья; 50:50 – 60:40 – для изделий типа маффинов и кексов; 0:100 – 10:90 – для железированных блюд в виде муссов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *структурно-механические свойства; низкокалорийные десерты; цельнозерновая ячменная мука; яблочное пюре; β -глюканы; пектины; активность воды; влагопоглощение.*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Масанский, С. Л. Структурно-механические свойства композиций цельнозерновой ячменной муки и яблочного пюре как основы в рецептурах десертов/ С. Л. Масанский, Н. О. Пусовская // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2025. – №. 1 (38) – С. 13–23.

STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITIONS USED IN DESSERT RECIEPIES BASED ON WHOLE GRAIN BARLEY FLOUR AND APPLE PUREE

S. L. Masanskiy, N. O. Pusovskaya

*Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Republic of Belarus***ABSTRACT**

Introduction. Structural and mechanical properties of desserts are the determining factors of their consumer appeal. However, the consumer properties of desserts from combination of whole grain barley flour and apple puree have not been previously investigated, and the product range remains undeveloped. The

objective of this research is to develop a range of low-calorie desserts with predetermined ergonomic properties for school nutrition. The scientific task is to establish patterns of structural and mechanical properties in recipe compositions of whole-grain barley flour and apple puree at various ratios.

Materials and methods. The study utilized whole grain barley flour, sterilized apple puree without added sugar, and fresh apples. Structural and mechanical parameters were assessed using a rotational viscometer “VT6/7 PLUS”, and a texture analyzer – CT3-4500 Brookfield. Water activity (A_w) was measured with a device “Hygrolab C1-Set-40 Hygrometer”, and solvent retention capacity of the flour was determined using the Chopin SRC-CHOPIN analyzer. Standardized methods for the determination of physicochemical parameters were employed.

Results. A gradual increase in the proportion of flour (up to 10 %) in mixtures with high apple puree content is characterized by viscoplastic properties, with the flour proportion increasing linearly up to a threshold, after which the increase becomes nonlinear but not sharply exponential (average flour content 50–60 %). Further dominance of the flour component (70–80 %) results in the mixture exhibiting properties characterized by low moisture content, high brittleness, and hardness, while viscosity and firmness increase exponentially.

Conclusions. The development of a range of desserts for school nutrition with specified structural and mechanical properties (consistency) is possible using the following recipe ratios of whole grain barley flour to apple puree (%): 70:30 – 80:20 for cookie-type products; 50:50 – 60:40 for muffin and cupcake-type products; and 0:100 – 10:90 for jellied dishes in the form of mousses.

KEY WORDS: *structural and mechanical properties; low-calorie desserts; whole grain barley flour; apple puree; β -glucans; pectins; water activity, moisture absorption.*

FOR CITATION: Masansky, S. L. Structural and mechanical properties of compositions used in desserts recipes based on whole grain barley flour and apple puree / S. L. Masansky, N. O. Pusovskaya // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2025. – №. 1 (38) – P. 13–23.

ВВЕДЕНИЕ

Формирование ассортимента и потребительских свойств десертов для школьного питания представляет научный и практический интерес, учитывая возрастающую значимость концепции здорового питания [1]. Структурно-механические свойства (консистенция) десертов, относящиеся к группе эргономических свойств, являются определяющими факторами их потребительской привлекательности, оказывают существенное влияние на достижение целевых текстур и общем восприятии пищевых продуктов. Они определяют такие характеристики, как твердость, вязкость, способность сохранять форму, которые напрямую влияют на потребительские предпочтения. Детерминация этих свойств происходит под влиянием внешних факторов, включая состав ингредиентов, их взаимодействие и особенности технологического процесса [2–6].

Понимание структурно-механических свойств десертов позволяет целенаправленно модифицировать их текстуру для достижения желаемых характеристик, например, создания низкокалорийных продуктов с приемлемыми текстурными свойствами [7, 8].

Применительно к мучным изделиям, таким как маффины и печенье, исследуются структурно-механические свойства взаимодействия между ингредиентами, такими как мука, жир, сахар и влага. Жир необходим для рассыпчатой текстуры печенья, покрытия гранул муки и, как следствие, развития клейковины. В маффинах жир способствует подъему, нежности и созданию более тонких крошек. Муссы представляют собой совершенно другую систему, где текстура основана на стабилизированной воздушной или газовой фазе в жидкой матрице, часто стабилизированной белками или гидроколлоидами [9].

Замена жира и сахара в выпечке изменяет текстуру готовых изделий, приводя к таким нежелательным характеристикам, как рассыпчатость, сухость и плохой вкус [9]. Однако использование цельнозерновой ячменной муки и яблочного пюре представляет собой перспективное направление создания низкокалорийных маффинов, печенья и муссов с

улучшенными структурно-механическими характеристиками. Яблочное пюре обладает потенциалом для использования в качестве заменителя жира и сахара, что связано с его значительным содержанием пищевых волокон (пектина). Это позволяет формировать желаемую структуру и влиять на текстурные свойства мучных кондитерских изделий. Согласно литературным данным, яблочное пюре может быть эффективно использовано для частичного замещения сахара и жира в рецептурах маффинов, что отражается на их текстурных и физических показателях. Введение ячменной муки также рассматривается как перспективное направление для создания более функциональных продуктов с улучшенными текстурными характеристиками [10].

Маффины представляют собой высокопористые изделия, характеризующиеся мягкой и эластичной структурой. Для них типична умеренная твердость и выраженная упругость, проявляющаяся в частичном восстановлении исходной формы после механического воздействия. Наблюдается значительная пористость, обусловленная формированием газовых включений в процессе термообработки, а также мягкая и нежная структура мякиша, обеспечивающая легкое разделение без чрезмерного крошения. При органолептической оценке выявляется приятная текстура, лишенная выраженной сухости или избыточной влажности [10–14].

Печенье характеризуется повышенной твердостью и хрупкостью, проявляющейся в низком сопротивлении изгибу и компрессии, приводящем к легкому разрушению или крошению. Типичны сухость, рассыпчатость и склонность к крошению. Песочное печенье, как правило, обладает более низкой пористостью, в то время как сахарное печенье имеет более рыхлую структуру [15–18].

Муссы характеризуются пластичностью и стабильной нежной текстурой. Им присуща четко выраженная кремообразная, аэрированная структура со значительным содержанием мелкодисперсных газовых включений. Муссы проявляют выраженную пластичность и способность быстро принимать заданную форму, не обнаруживая при этом признаков рассыпания или текучести. Значимым свойством является эффект "тающего" ощущения в ротовой полости, обусловленный быстрым растворением продукта без необходимости интенсивного механического воздействия. Данные характеристики достигаются за счет использования взбитых сливок, белков или гидроколлоидов (например, желатина), формирующих стабильную пенную структуру, которая обеспечивает устойчивость десерта [19, 20].

Анализ существующей научной информации показывает, что применение композиции цельнозерновой ячменной муки и яблочного пюре в составе кондитерских изделий и сладких блюд ранее не исследовалось, соответственно, структурно-механические свойства не изучены.

Объект исследования – потребительские свойства низкокалорийных десертов заданного для школьного питания ассортимента.

Предмет исследования – структурно-механические свойства композиций из цельнозерновой ячменной муки и яблочного пюре в качестве основы для десертов.

Цель работы – формирование ассортимента низкокалорийных десертов для школьного питания с заданными эргономическими свойствами.

Научная задача – установление закономерностей проявления структурно-механических свойств рецептурных композиций из цельнозерновой ячменной муки и яблочного пюре при разных их соотношениях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения экспериментальных исследований использовали цельнозерновую ячменную муку (торговая марка «Черный хлеб», Россия), стерилизованное яблочное пюре без добавления сахара (торговая марка «АВС», Беларусь), свежие яблоки (СТБ 2288-2012

Яблоки свежие ранних сроков созревания).

Рецептурные композиции готовились с различными соотношениями цельнозерновой ячменной муки и яблочного пюре в массовом отношении: 10/90; 20/80; 30/70; 40/60; 50/50 и 60/40 % соответственно. Для исследования влияния дополнительных ингредиентов вводились соль, сахар, сода и сухое молоко.

Структурно-механические показатели – ротационный вискозиметр «VT6/7 PLUS», анализатор текстуры СТ3-4500 Brookfield.

Определение активности воды (A_w) – прибор «Гигрометр Hygrolab C1-Set-40».

Раствороудерживающая способность муки – анализатор Chopin SRC-CHOPIN.

Анализ водородного показателя pH раствора – pH-метр HI 5221-02 «Hanna Instruments».

Физико-химические показатели определялись с использованием общепринятых методов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследовали композиции цельнозерновой ячменной муки и яблочного пюре при различных их рецептурных соотношениях: 10 % муки / 90 % пюре; 20 % муки / 80 % пюре; 30 % муки / 70 % пюре; 40 % муки / 60 % пюре; 50 % муки / 50 % пюре; 60 % муки / 40 % пюре.

Эффективную вязкость теста определяли при комнатной температуре (20 ± 2) °C в трехкратной повторности. Проведенный статистический анализ показал, что отклонение от среднего значения составило $\bar{x} \pm 2-3$ %. Результаты измерений представлены на рисунках 1–2.

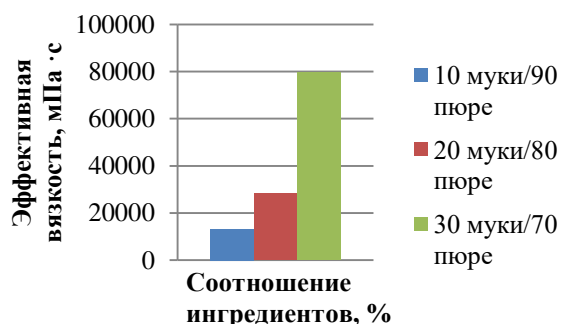


Рис. 1. Зависимость эффективной вязкости от соотношения муки и пюре

Fig. 1. Effective viscosity as a function of flour to puree ratio

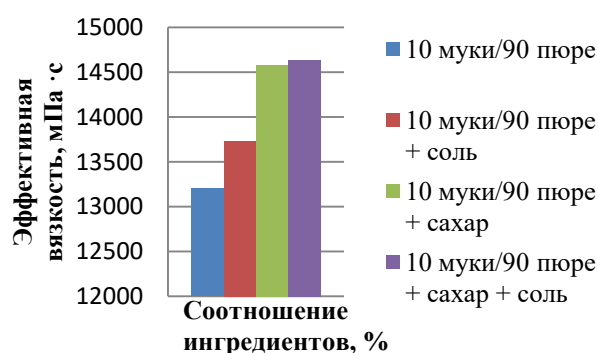


Рис. 2. Влияние добавления соли и сахара на эффективную вязкость

Fig. 2. Effect of adding salt and sugar on effective viscosity

С увеличением доли муки в смеси эффективная вязкость возрастает по экспоненциальной зависимости. При соотношении 70 % муки / 30 % пюре смесь теряет текучесть. Мука является основным фактором, определяющим вязкость данной системы, β -глюканы, содержащиеся в муке обладают способностью поглощать и удерживать воду, образуя гелеобразную структуру, увеличивающую вязкость теста [21, 22]. Добавление соли и/или сахара незначительно увеличивает вязкость по сравнению с контрольным образцом (10 % муки / 90 % пюре). Эффект сахара более выражен, чем эффект соли.

В таблице 1 представлены результаты испытаний тестовых полуфабрикатов на сжатие. Анализ проводили на анализаторе текстуры СТ3-4500 Brookfield. Данные представлены по результатам трехкратных измерений (отклонение от средних значений $\bar{x} \pm 10$ %).

Образец 1 в таблице 1 представляет собой тестовые полуфабрикаты, состоящие только из муки и пюре, без добавления других рецептурных ингредиентов.

Другие соотношения (50 % муки / 50 % пюре и 20 % муки / 80 % пюре) не исследовались

данным методом. Образец с соотношением 50 % муки и 50 % пюре оказался слишком твердым для проведения испытаний на анализаторе текстуры СТЗ-4500 Brookfield. Образец с соотношением 20 % муки и 80 % пюре оказался недостаточно структурированным с низкой устойчивостью к деформации для проведения испытаний тем же методом.

Табл. 1. Нормальное напряжение теста при сжатии

Table 1. Normal test stress under compression

Соотношение муки / пюре, %	Нормальное напряжение, σ , кПа	
	Образец 1: мука/пюре	Образец 2: мука/пюре + добавки
50 / 50	–	–
40 / 60	30,5	17,8
30 / 70	20,8	8,5
20 / 80	–	–

Образец 2 в таблице 1 включает тестовые полуфабрикаты из муки и пюре с добавлением рецептурных ингредиентов. Эти добавки состояли из сахара, соли, соды и сухого молока, взятые в усредненных от традиционных для кондитерских изделий пропорциях (сахар – 27 % от массы муки для маффинов, 40 % для печенья; соль – 1,25 % от массы муки, сода – 0,75 % от массы муки, сухое молоко – 6 % от массы муки).

С увеличением доли муки в образце (от 30 до 40 %) нормальное напряжение при сжатии значительно возрастает как без добавок, так и с добавлением других рецептурных ингредиентов (сахар, соль, сода, сухое молоко). Мука значительно увеличивает твердость образца. Это может быть объяснено тем, что β -глюканы образуют трехмерную сетку, придающую тесту большую упругость и сопротивление деформации, что увеличивает твердость образца [23, 24]. Добавление сопутствующих ингредиентов (соль, сахар, сода, сухое молоко) существенно (в 1,7 раза для образца 40:60 и в 2,4 раза для образца 30:70) снижает нормальное напряжение при сжатии, что может быть связано с их влиянием на структуру и влагоудерживающую способность теста.

На рисунке 3 и в таблице 2 представлены результаты определения адгезионного напряжения тестовых полуфабрикатов на анализаторе текстуры СТЗ-4500 Brookfield. Данные представлены по результатам трехкратных измерений (отклонение от среднего значения $\bar{P}_{\text{среднее}} \pm 8 \%$).

Табл. 2. Влияние добавок на адгезионное напряжение теста

Table 2. Effect of additives on the adhesive stress of the sample

Соотношение ингредиентов	Адгезионное напряжение адг, Па
50 / 50 + сода	0,22
50 / 50 + сухое молоко	0,41
50 / 50	0,51
50 / 50 + соль	0,64
50 / 50 + сахар	0,88
50 / 50 + соль + сахар	0,89

Адгезионное напряжение существенно зависит как от соотношения муки и пюре, так и от добавления различных ингредиентов. Увеличение доли яблочного пюре и добавление сахара в наибольшей степени способствует повышению адгезии. Это может быть связано с пектином, содержащимся в пюре, который обладает высокой адгезионной способностью, а также связано с его влиянием на взаимодействие между β -глюканами и пектином. β -глюканы

могут способствовать умеренному увеличению адгезии теста, что важно для формирования структуры конечного продукта [25–27].

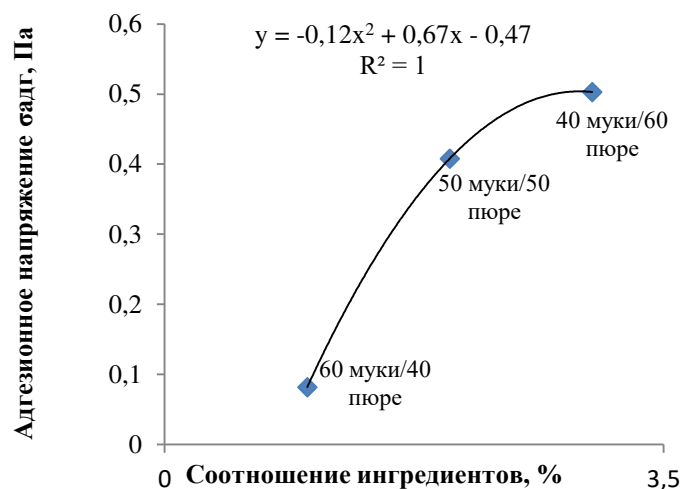


Рис. 3. Зависимость адгезионного напряжения от соотношения муки и пюре в тесте

Fig. 3. Dependence of adhesive tension on the ratio of flour and puree

Варьирование количества муки и пюре в рецептуре, а также введение дополнительных ингредиентов, позволяет целенаправленно модифицировать структурно-механические свойства теста и получать продукты с заданными характеристиками.

Соотношение цельнозерновой ячменной муки и яблочного пюре в смеси – ключевой фактор, определяющий уровень pH раствора и, следовательно, кислотность продукта. Цельнозерновая ячменная мука (100 %) имеет pH 5,75, что ближе к слабокислой или почти нейтральной реакции раствора. С увеличением доли яблочного пюре в смеси pH раствора последовательно снижается (таблица 3). Данная зависимость имеет нелинейный характер.

Табл. 3. Анализ водородного показателя pH раствора исследуемых видов теста

Table 3. Analysis of the pH value of the solution of the studied types of dough

Образец: мука / пюре, %	pH смеси
90 / 10	5,57
80 / 20	5,39
70 / 30	5,28
60 / 40	5,19
50 / 50	5,10
40 / 60	4,73
30 / 70	4,38
20 / 80	4,10
10 / 90	3,65
100 % яблочное пюре	3,20

Оптимальный баланс для создания теста с приемлемым pH для хлебопекарных или десертных изделий может быть найден в пределах от 60 % муки / 40 % пюре до 80 % муки / 20 % пюре, где pH находится в диапазоне 5,2–5,4, что соответствует умеренной кислотности, способствующей определённым технологическим и органолептическим свойствам [28, 29]. При низком pH (в диапазоне от 3 до 4,5), характерном для высоких концентраций в рецептурной смеси яблочного пюре, пектин сохраняет свою способность формировать гели и обладает более устойчивой структурой [30].

В таблице 4 представлены результаты проведённых измерений, позволяющие оценить, как изменяется способность смеси из цельнозерновой ячменной муки и яблочного пюре удерживать влагу в зависимости от соотношения данных ингредиентов.

Табл. 4. Изменение влагопоглощения в зависимости от содержания муки и пюре

Table 4. Change in moisture absorption depending on the percentage of components in the mixture

Соотношение ингредиентов: мука / пюре, %	Масса до центрифугирования, г	Масса после центрифугирования, г	Влагопоглощение, %
10 / 90	32,9	13,5	41,60
20 / 80	32,9	19,3	58,80
30 / 70	32,9	23,9	72,50
40 / 60	32,9	31,3	95,09
50 / 50	32,9	32,9	100,00
Мука 100 %	5,20	10,3	100,60
Пюре 100 %	32,9	16,6	51,20

Влагопоглощение увеличивается с увеличением доли муки и соответственно снижается при повышении содержания яблочного пюре в смеси. Цельнозерновая мука характеризуется высокими значениями влагопоглощения – 100,6 %, яблочное пюре – 51,2 %. Вместе с тем, в смеси при низкой концентрации муки 10 % влагопоглощение составило 41,6 %. Данная закономерность, где влагопоглощение смеси с 10 % муки оказывается ниже, чем у чистого яблочного пюре, объясняется сложным взаимодействием компонентов в многокомпонентной системе, включающем возможное перераспределение воды, эффект "разбавления" или "затенения" связывающих центров, а также изменение общей микроструктуры системы при смешивании [31]. С увеличением доли муки влагопоглощение растет практически линейно до соотношения 50 % муки / 50 % пюре, где достигает 100 % и в дальнейшем не увеличивается. В диапазоне от 10 % муки / 90 % пюре до 50 % муки / 50 % пюре увеличение доли муки на 10 % приводит к росту влагопоглощения примерно на 14–15 %.

Влагопоглощение смеси увеличивается практически линейно с увеличением доли муки в ней до 50 % (рисунок 4). Дальнейшее увеличение доли муки практически не сказывается на водопоглощении, что указывает на насыщение системы и ее стабилизацию.

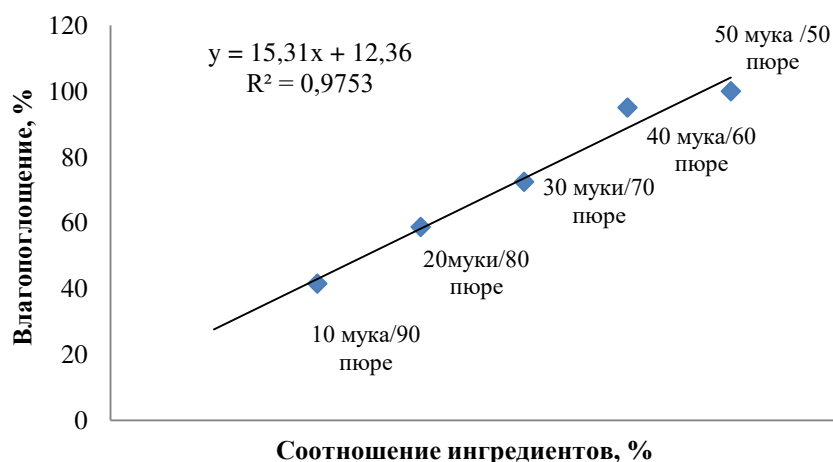


Рис. 4. Зависимость влагопоглощения от соотношения муки и пюре в смеси

Fig. 4. Dependence of moisture absorption on the ratio of flour and puree in the sample

Для определения свободной и связанной влаги в исследуемых образцах измеряли показатель активности воды (A_w). Цельнозерновая ячменная мука характеризуется значениями данного показателя в диапазоне 0,456–0,470 безразмерных единиц, что говорит о высокой стабильности продукта и низкой вероятности развития микроорганизмов. С увеличением доли яблочного пюре наблюдается значительное увеличение A_w . Данные представлены в таблице 5.

Табл. 5. Измерение показателя активности воды в исследуемых образцах

Table 5. Measuring the water activity index in the studied samples

Соотношение ингредиентов: мука / пюре, %	Показатель активности воды (A_w)
90 / 10	0,810–0,820
80 / 20	0,903–0,911
70 / 30	0,931–0,941
60 / 40	0,915–0,934
50 / 50	0,962–0,964
40 / 60	0,935–0,946
30 / 70	0,939–0,948
20 / 80	0,918–0,926
10 / 90	0,926–0,931

Это обеспечивает длительный срок хранения муки. Активность воды влияет на текстуру теста, его вязкость и способность к гелеобразованию. Высокая A_w может приводить к более мягкой и влажной текстуре. Слишком высокая активность воды может негативно сказаться на текстуре готовых изделий – мякиш плохо пропечённый, консистенция липкая [32].

В таблице 6 представлена зависимость влияния соотношения ингредиентов в рецептурной смеси на их влажность.

Табл. 6. Результаты измерений показателя влажности

Table 6. Results of humidity measurement

Соотношение ингредиентов: мука / пюре, %	Влажность, %
100 / 0	10,0
90 / 10	16,7
80 / 20	23,2
70 / 30	30,4
60 / 40	38,8
50 / 50	47,4
40 / 60	53,8
30 / 70	58,9
20 / 80	65,1
10 / 90	77,2
0 / 100	87,3

Очевидно, что влажность увеличивается практически линейно с увеличением доли яблочного пюре в смеси. Цельнозерновая ячменная мука характеризуется низкой влажностью, что делает её хорошим компонентом для снижения общей влажности продукта. Яблочное пюре, наоборот, значительно повышает влажность смеси, что следует учитывать при разработке рецептур.

Как отмечалось во введении, в доступных литературных источниках отсутствуют конкретные данные, характеризующие структурно-механические свойства продуктов, полученных на основе комбинации цельнозерновой ячменной муки и яблочного пюре.

Вместе с тем, проведенный анализ приведенных в данной статье публикаций позволил выявить сходные тенденции в изменении структурно-механических свойств продуктов, содержащих в составе пшеничную муку и фруктовые пюре. Это дает возможность обосновать использование композиций цельнозерновой ячменной муки и яблочного пюре в разных их соотношениях для получения продуктов разных товароведных групп. Для получения продуктов, характеризующихся низкой влажностью, активностью воды, адгезией, высокой хрупкостью и твердостью (например, сухое печенье) рецептурный состав характеризуется высоким содержанием муки и минимальным содержанием яблочного пюре. С увеличением содержания яблочного пюре в рецептуре возможно получение изделий, характеризующихся мягкой и нежной текстурой, например, влажные кексы или маффины. Для продуктов с высокой влажностью, обладающих вязкопластичными свойствами (например, муссы), необходимо максимально увеличивать рецептурное содержание яблочного пюре.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Формирование ассортимента и заданных потребительских свойств, в т. ч. структурно-механических (консистенции), десертов для школьного питания в виде мучных изделий и железированных блюд возможно при следующих рецептурных соотношениях в них цельнозерновой ячменной муки и яблочного пюре (%): 70:30 – 80:20 – для изделий типа печенья; 50:50 – 60:40 – для изделий типа маффинов и кексов; 0:100 – 10:90 – для железированных блюд в виде муссов.

Введение в рецептуру десертов дополнительных ингредиентов, таких как сахар и соль, сухое молоко оказывает существенное влияние на их структурно-механические свойства, модифицируя эффективную вязкость, твердость, адгезионное напряжение, эластичность и влагоудерживающую способность, что в совокупности также определяет общую консистенцию продукта.

Разработаны рецептуры и технологии новых изделий типа маффины, подана заявка на выдачу патента Республики Беларусь.

Результаты данного исследования расширяют существующую базу данных о свойствах мучных кондитерских изделий и сладких железированных блюд из нетрадиционного сырья и могут служить основой для дальнейшего прогнозирования и формирования свойств низкокалорийных десертов на основе цельнозерновой ячменной муки и яблочного пюре.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Масанский, С. Л. Низкокалорийные десерты в школьном питании как фактор устойчивого здорового питания: контент-анализ источников научной информации / С. Л. Масанский, Н. О. Пусовская // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2024. – С. 120–131.
- 2 Пилипенко, Т. В. Изучение реологических характеристик кексов с использованием «Структурометра ст-2» / Т. В. Пилипенко, Т. Д. Старцева // Национальный форум молодых исследователей: сборник статей Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 25 декабря 2019 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская Ирина Игоревна), 2019. – С. 7–11. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42394891>. – Дата обращения: 02.05.2025.
- 3 Лаптенко, Н. С. Влияние сахара на структурно-механические свойства хлебобулочных изделий из муки пшеничной первого сорта. / Н. С. Лаптенко, А. Н. Дударева, Л. И. Севастей // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2022. – Том 15 (3). – С. 62–68.
- 4 Баскаков, А. В. Влияние различных типов муки на структурно-механические характеристики кексов [Электронный ресурс] / А. В. Баскаков // Товаровед продовольственных товаров. – 2025. – № 1. – Режим доступа: <https://panor.ru/articles/vliyanie-razlichnykh-tipov-muki-na-strukturno-mekhanicheskie-kharakteristiki-keksov/109523.html#>. – Дата доступа: 01.05.2025.
- 5 Cerqueira, M. A. Structural and mechanical properties of organogels: Role of oil and gelator molecular structure / M. A. Cerqueira, L. H. Fasolin, C. S. F. Picone [et al.] // Food Res Int. – 2017. – Vol. 96. – P. 161–170. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28528095/> (date of access: 06.05.2025).
- 6 Clark, A. H. Structural and mechanical properties of agar/gelatin co-gels. Small-deformation studies / A. H. Clark,

- R. K. Richardson, S. B. Ross-Murphy, J. M. Stubbs // *Macromolecules*. – 1983. – Vol. 16, Iss. 8. – P. 1367–1374. – URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ma00242a019> (date of access: 06.05.2025).
- 7 Syed, A. Influence of Particle Size Reduction on Structural and Mechanical Properties of Extruded Rye Bran / A. Syed // *Food and Bioprocess Technology*. – 2014. – Vol. 7. – P. 2121–2133. – URL: https://www.academia.edu/29433572/Influence_of_Particle_Size_Reduction_on_Structural_and_Mechanical_Properties_of_Extruded_Rye_Bran (date of access: 07.05.2025).
- 8 Bonnaillie, L. Casein films: effects of formulation, environmental conditions, and addition of citric pectin on the structure and mechanical properties / L. Bonnaillie, H. Zhang, S. Y. Akkurt, M. T. Kit // *Polymers*. – 2014. – Vol. 6. – P. 2018–2036. – URL: <https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=299512> (date of access: 04.05.2025).
- 9 Colla, K. Fat Replacers in Baked Food / K. Colla, A. Costanzo, S. Gamlath // *Products. Foods*. – 2018. – № 7 (12). – URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6306729/> (date of access: 07.05.2025).
- 10 Huțu, D. Effect of Apple Puree as a Substitute for Fat and Sugar on the Texture and Physical Properties of Muffins / D. Huțu, S. Amariei // *Appl. Sci.* – 2024. – Vol. 14 (19). – URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/19/9009> (date of access: 07.05.2025).
- 11 Acosta, K. Sensory and Physical Properties of Myffins Made with Waxy Whole Wheat Flour / K. Acosta, G. A. Cavender, W. L. Kerr // *Journal of Food Quality*. – 2011. – Vol. 34 (5). – P. 343–351. – URL: https://www.researchgate.net/publication/260706357_Sensory_and_Physical_Properties_of_Muffins_Made_with_Waxy_Whole_Wheat_Flour (date of access: 02.05.2025).
- 12 Acosta, K. Sensory and physical properties of muffins made with waxy whole wheat flour / K. Acosta, G. Cavender, W. L. Kerr // *Journal of Food Quality*. – 2011. – Vol. 34, Iss. 5. – P. 343–351. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-4557.2011.00401.x> (date of access: 02.05.2025).
- 13 Niza Cristina Otero-Guzmán Influence of different types of baking powder on quality properties of muffins. Influencia de diferentes tipos de polvo para hornear en las propiedades de calidad de muffins / Niza Cristina Otero-Guzmán, Eduardo Rodríguez-Sandoval, Jorge Alexander Tabares-Londoño // *DYNA*. – 2020. – Vol. 87. – P. 9–16. – URL: <https://www.redalyc.org/journal/496/49666177001/html/> (date of access: 06.05.2025).
- 14 Influence of Soy Protein Hydrolysates on Thermo-Mechanical Properties of Gluten-Free Flour and Muffin Quality / Mihaela Brumă, Iuliana Banu, Ina Vasilean [et al.] // *Appl. Sci.* – 2024. – Vol. 14 (9). – URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/9/3640> (date of access: 04.05.2025).
- 15 The influence of inulin on the structural and mechanical properties of dough for the gluten-free biscuit / I. Krasina, A. Strelkova, N. Duishenbek, E. Filippova // *International Conference on Advances in Agrobusiness and Biotechnology research (ABR 2021)* – 2021. – Vol. 285. – URL: https://www.researchgate.net/publication/353065302The_influence_of_inulin_on_the_structural_and_mechanical_properties_of_dough_for_the_gluten-free_biscuit (date of access: 05.05.2025).
- 16 Mamat, H. Effect of fat types on the structural and textural properties of dough and semi-sweet biscuit / H. Mamat, S. E. Hill // *J Food Sci Technol.* – 2014. – Vol. 51 (9). – P. 1998–2005. – URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4152542/> (date of access: 03.05.2025).
- 17 Raquel, P. F. Guiné Textural Properties of Bakery Products: A Review of Instrumental and Sensory Evaluation Studies / Raquel P. F. Guiné // *Appl. Sci.* – 2022. – Vol. 12 (17). – P. 8628. – URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/17/8628> (date of access: 04.05.2025).
- 18 The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties Bram Pareyt, Faisal Talhaoui, Greet Kerckhofs [et al.] // *Journal of Food Engineering*. – 2009. – Vol. 90. – P. 400–408. – URL: https://www.academia.edu/24142542/The_role_of_sugar_and_fat_in_sugar_snap_cookies_Structural_and_textural_properties (date of access: 04.05.2025).
- 19 Kalugina, I. Structural and mechanical properties of feijoa mousse / I. Kalugina, S. Poplavskaya // *Bulletin of the National Technical University «KhPI» Series New solutions in modern technologies*. – 2024. – № 1 (19). – P. 49–57. – URL: https://www.researchgate.net/publication/387260347_STRUCTURAL_AND_MECHANICAL_PROPERTIES_OF_FEIJOA_MOUSSE (date of access: 29.04.2025).
- 20 Improving the technology of aeration of the food system of mousse at horeca enterprises / N. Dzyuba, M. Oliinyk, I. Kalugina [et al.] // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2023. – Vol. 2, № 11 (122). – P. 74–82. – URL: <https://journals.urau.ua/eejet/article/view/275615> (date of access: 22.04.2025).
- 21 Гематдинова, В. М. Потенциальные возможности промышленного производства и перспективы расширения ассортимента продуктов питания, обогащённых β-глюканом [Электронный ресурс] / В. М. Гематдинова, З. А. Канарская, А. В. Канарский // *Вестник ПГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование*. – 2021. – № 2 (50). – С. 82–100.
- 22 Berga, M. A vegetable fibre compound for emulsifying and thickening [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.cossma.com/fileadmin/all/cossma/Archiv/ProductInfo/COS1304_14_ProdInfoBergaMuls.pdf. – Дата обращения: 02.05.2025.
- 23 Golisch, B. Configured for the Human Gut Microbiota: Molecular Mechanisms of Dietary β-Glucan Utilization / B. Golisch, Z. Lei, K. Tamura, H. Brumer // *ACS Chem Biol*. – 2021. – Vol. 16, № 11. – P. 2087–2102. – DOI: 10.1021/acscchembio.1c00563. – PMID: 34709792

- 24 Ho, I. H. Use of viscous fibres in beverages for appetite control: a review of studies / I. H. Ho, L. Matia-Merino, L. M. Huffman // *Int J Food Sci Nutr.* – 2015. – Vol. 66, № 5. – P. 479–490. – DOI: 10.3109/09637486.2015.1034252.
- 25 Бета-глюкан на страже вашего здоровья [Электронный ресурс] // МАКФА: сайт. – 2019. – 10 сент. – Режим доступа: <https://www.makfa.ru/tasty/beta-glyukan/>. – Дата доступа: 05.05.2025.
- 26 Wanders, A. J. Pectin is not pectin: a randomized trial on the effect of different physicochemical properties of dietary fiber on appetite and energy intake / A. J. Wanders [et al.] // *Physiol Behav.* – 2014. – Vol. 128. – P. 212–219. – DOI: 10.1016/j.physbeh.2014.02.007.
- 27 Sepehri, H. Beta-glucan and pectin derivatives stimulate prolactin secretion from hypophysis in vitro / H. Sepehri, C. Renard, L. M. Houdebine // *Proc Soc Exp Biol Med.* – 1990. – Vol. 194, № 3. – P. 193–197. – DOI: 10.3181/00379727-194-43077.
- 28 Воробьев, В. И. Применение растительного сырья с рыбным коллагеном при производстве мелкоштучных хлебобулочных изделий / В. И. Воробьев, О. П. Чернега // *Известия КГТУ.* 2022. № 66. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-rastitelnogo-syrya-s-rybnym-kollagenom-pri-proizvodstvemelkoshtuchnyh-hlebobulochnyh-izdeliy> (дата обращения: 09.05.2025).
- 29 Першина, О. Н. Разработка технологии термостабильных фруктовых начинок / О. Н. Першина, Т. Ф. Киселева // *Пищевая промышленность.* 2014. – № 11. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-tehnologii-termostabilnyh-fruktovyh-nachinok> (дата обращения: 09.05.2025).
- 30 E440 – Pectin [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.atamanchemicals.com/e440-pectin_u33376/?lang=RU (дата обращения: 09.05.2024).
- 31 Belitz, H. D. Food Chemistry / H. D. Belitz, W. Grosch, P. Schieberle. – Berlin; Heidelberg: Springer. – 2009. – 921 p.
- 32 Об утверждении санитарных норм, правил и гигиенических нормативов [Электронный ресурс]: постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 1 сентября 2010 г., №119//Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://mart.gov.by/> – Дата доступа: 10.05.2025.

Поступила в редакцию 20.06.2025 г.

ОБ АВТОРАХ:

Сергей Леонидович Масанский, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры товароведения и организации торговли, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: tot505@yandex.ru.

Наталья Олеговна Пусовская, аспирант, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: pusovskaya_nataliya@mail.ru.

ABOUT AUTHORS:

Sergey L. Masansky, PhD (Engineering), Associate Professor, Professor of the Department of Commodity Science and Trade Organization, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: tot505@yandex.ru.

Natalia O. Pusovskaya, post-graduate student, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: pusovskaya_nataliya@mail.ru.

УДК 637.123:658.8(476)

ОЦЕНКА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОЗИВА В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Д. С. Лозовская¹, О. В. Дымар²

¹Гродненский государственный аграрный университет, Республика Беларусь

²Представительство АО «МЕГА» (Чешская Республика), Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Цель исследования – вовлечение в промышленный оборот коровьего молозива как нетрадиционного пищевого сырья, обладающего уникальным составом и свойствами. Вместе с тем, отсутствуют соответствующие оценки экономической целесообразности и эффективности его переработки в условиях Республики Беларусь, что определило научную задачу исследования.

Материалы и методы. Данные по химическому составу молозива-сырья, объемам его получения, нормам скормливания молодняку сельскохозяйственных животных, цены и надбавки на молоко цельное коровье. Использованы стандартные методы математического анализа, а также расчета экономических показателей.

Результаты. Общий годовой ресурсный потенциал молозива в Республике Беларусь составляет 199,77–234,95 тыс. т/год, оцениваемый в денежном эквиваленте в размере 204,51–247,06 млн руб., и позволяет получать при вовлечении в переработку: из молозива 1-й и 2-й технологических групп 2,30–3,39 тыс. т белкового концентрата, 0,84–1,18 тыс. т лактозы и 1,66–2,35 тыс. т жира; из молозива 3-й технологической группы – 16,19–18,27 тыс. т пищевого продукта по технологии мягкого сыра или 164,00–185,07 тыс. т ферментированных продуктов.

Заключение. Молозиво является значимым резервом для получения дополнительной прибыли отечественными сельскохозяйственными организациями, а также предприятиями по переработке молока.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: молозиво; объем; масса; технологическая группа; себестоимость; рентабельность; цена; продукт.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Лозовская, Д. С. Оценка ресурсного потенциала и экономической эффективности промышленной переработки молозива в условиях Республики Беларусь / Д. С. Лозовская, О. В. Дымар // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2025. – № 1 (38). – С. 24–37.

ASSESSMENT OF RESOURCE POTENTIAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF INDUSTRIAL PROCESSING OF BOVINE COLOSTRUM IN THE REPUBLIC OF BELARUS

D. S. Lozovskaya¹, O. V. Dymar²

¹Grodno State Agrarian University, Republic of Belarus

²Representative Office of JSC MEGA (Czech Republic), Republic of Belarus

ABSTRACT

Introduction. The aim of this research is to integrate bovine colostrum, a non-traditional food raw material with a unique composition and properties, into the industrial turnover. However, there are no relevant assessments of the economic feasibility and efficiency of its processing in the Republic of Belarus, which determined the scientific objective of this study.

Materials and methods. The paper uses data on the chemical composition of raw bovine colostrum, its collection volumes, feeding standards for young farm animals, prices and overhead prices for whole cow's milk. Standard methods of mathematical analysis and calculation of economic indicators have been applied.

Results. The total annual resource potential of bovine colostrum in the Republic of Belarus is 199,77–234,95 kt/y, estimated at 204,51–247,06 mln RUB. When processed, bovine colostrum from the 1st and 2nd technological groups yields 2,30–3,39 kt of protein concentrate, 0,84–1,18 kt of lactose, and

1,66–2,35 kt of fat. Colostrum from the 3d technological group can be used to produce 16,19–18,27 kt of food product using soft cheese technology, or 164,00–185,07 kt of fermented products.

Conclusions. Bovine colostrum represents a significant reserve for generating additional profit for domestic agricultural organizations and dairy processing enterprises.

KEY WORDS: *bovine colostrum; volume; weight; technological group; cost; profitability; price; product.*

FOR CITATION: Lozovskaya, D. S. Assessment resource potential and economic efficiency of industrial processing of bovine colostrum in the Republic of Belarus / D. S. Lozovskaya, O. V. Dymar // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2025. – №. 1 (38). – P. 24–37.

ВВЕДЕНИЕ

Традиционно для производства молочной продукции используется цельное коровье молоко, полученное с 8 по 277–285 день лактации [1]. Считается, что именно это молоко является наиболее приемлемым для технологической переработки. Вместе с тем, высокую значимость для производства продуктов повышенной пищевой и биологической ценности, ориентированных на отдельные группы потребителей, приобретает коровье молозиво – секрет молочной железы коровы, полученное в первые 7 дней после отела.

Исследования отечественных и зарубежных авторов также подтверждают его высокие пищевые достоинства – повышенное содержание практически всех компонентов, присутствующих в молоке, специфический ферментный и гормональный состав.

Содержание сухих веществ в молозиве колеблется от 18–25 %, из них 10–12 % приходится на белок, 6,5 % – на жир [2, 3]. В первые дни после отела в молозиве по сравнению с обычным молоком в 1,5 раза выше содержание жира и минеральных веществ (в золе): кальция – 0,15 %, магния – 0,013 %, калия – 0,145 %, натрия – 0,05 %, фосфора – 0,137 %, хлоридов – 0,102 %. Также в нем содержится больше каротина – 100 мкг %, витамина А – 50–52 мкг %, витаминов группы В, D, E, C, пантотеновой кислоты – 198 мкг %, никотиновой кислоты – 77 мкг % [4, 5]. Жирнокислотный состав молозива включает примерно 65–75 % насыщенных, 24–28 % мононенасыщенных и 4–5 % полиненасыщенных жирных кислот. Мембраны жировых глобул характеризуются высоким содержанием аспарагиновой и глутаминовой кислот, лейцина.

Fox и Kleinsmith в 2010 году и другие исследователи подчеркивали особую значимость молозива как биологически полноценного сырья и говорили о возможности его использования в медицине или питании человека [6–8]. При этом авторы выделили три группы биологически активных веществ молозива:

1) иммунные факторы:

- тимозин (альфа- и бета-цепи), богатый пролином пептид, тимулин, цитокины и лимфокины;
- вещества, осуществляющие защитную функцию в желудочно-кишечном тракте (иммуноглобулины, факторы переноса, т.е. осуществляющие транспортную функцию – трансферрин, лактоферрин);
- ферменты – лактопероксидаза, ксантиноксидаза;
- лейкоциты, олигосахариды и глюкоконъюгаты [6];

2) ростовые факторы: гормон роста, инсулин, инсулиноподобные факторы роста, а также группа белков, связывающих инсулиноподобные факторы роста, включающая трансформирующие факторы роста альфа и бета, фактор роста эпителия, фактор роста фибробластов, тромбоцитарный фактор роста [6];

3) метаболические факторы: лептин, инсулин, витаминсвязывающие белки, жирорастворимые витамины, белки, связывающие минеральные вещества, циклический АМФ, ингибиторы ферментов [6, 9].

Физиологическая ценность молозива в первую очередь заключается в его иммунологическом действии благодаря наличию большого количества иммуноглобулинов [10–13]. Они являются важной частью специфического гуморального иммунитета и представляют собой особый вид белков, которые находятся на поверхности β -клеток. Иммуноглобулины (Ig) молозива представлены классами IgG₁, IgG₂, IgA и IgM [14].

В молозиве присутствует более 80 видов антител к болезням человека, вызываемым бактериями, в частности *E. coli*, *S. typhimurium*, *H. pylori* и др. [15]. Клинические испытания коммерческих продуктов из молозива подтвердили их положительный эффект в лечении желудочно-кишечных заболеваний, обусловленных СПИДом, и в лечении хронической диареи. При этом наблюдается повышение пищевого и иммунологического статуса пациентов [16]. Все это в совокупности обуславливает особое значение самого молозива, а также полученных на его основе продуктов в рационе питания различных групп населения.

В настоящее время получаемые объемы молозива в сельскохозяйственных организациях страны используются, главным образом, для скормливания молодняку, а излишки направляются на корм взрослым особям или утилизируются. Таким образом, появляется возможность технологической переработки молозива, а также экстрагирования из него составных компонентов для производства обогащенных пищевых продуктов для различных социально-демографических групп населения. С учетом биологической ценности белков молозива, а также значимых объемов их получения, можно сделать вывод, что молозиво, как сырьевой ресурс, имеет перспективы для использования его в промышленных масштабах, а отсутствие объективной оценки фактически имеющихся «свободных» объемов молозива затрудняет оценку его потенциала как сырья для промышленной переработки.

В связи с этим, целью исследований явились расчет ресурсного потенциала получения молозива, оценка экономических аспектов реализации и промышленной переработки молозива-сырья.

Научная задача – обоснование возможности реализации молозива-сырья сельскохозяйственными организациями и производство молозивных продуктов перерабатывающими предприятиями, обеспечивающими получение прибыли от их реализации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследований явились годовое возможное к получению в Республике Беларусь количество общего молозива-сырья, количество молозива-сырья в зависимости от времени его получения по технологическим группам, годовое количество пищевых ингредиентов и ферментированных продуктов из молозива, себестоимость 1 тонны молозива-сырья каждой технологической группы, 1 тонны ферментированных напитков и продукта пищевого по технологии мягкого сыра, потенциальная выручка от реализации молозива-сырья и продуктов на его основе.

Расчет экономических показателей проводился с использованием стандартных формул экономического анализа. Оптово-отпускная цена за единицу продукции (1 тонна) в рублях без НДС рассчитывалась по формуле (1) [17]:

$$Ц = С \times \left(1 + \frac{Н}{100}\right), \quad (1)$$

где Ц – цена на новый вид продукции, руб.;

С – полная себестоимость единицы продукции, руб.;

Н – норма прибыли, % (принимается в размерах, соответствующих аналогичным продуктам, вырабатываемым из цельного молока).

Полная прибыль с единицы продукции в рублях определялась по формуле (2) [17]:

$$П = Ц - С. \quad (2)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Возможность получения молозива в достаточном для промышленной переработки количестве обусловлена тем, что новорожденные телята не могут потребить весь получаемый от новотельных коров объем, так как его количество значительно превышает потребности теленка: на подсосе или при ручной выпойке он получает в течение первых суток 4–7 л молозива при среднесуточном удое в первые дни после отела, равном 15–20 л. Большие порции молозива, особенно у телят старших возрастных групп, плохо обрабатываются пищеварительными соками, что приводит к частым расстройствам пищеварения [12]. Рекомендуемые нормы скармливания молозива телятам в первый день после рождения с учетом содержания в нем иммуноглобулинов (Ig) приведены в таблице 1 [18].

Табл. 1. Нормы скармливания молозива телятам в первый день после рождения с учетом содержания в нем иммуноглобулинов (Ig) (л)

Table 1. Norms for feeding colostrum to calves on the first day after birth, taking into account the content of immunoglobulins (Ig) (l)

Время после рождения, ч	Объем молозива с концентрацией Ig			
	25 г/л	50 г/л	75 г/л	100 г/л
1	4,0	2,0	1,3	1,0
3	–	2,5	1,6	1,3
6	–	2,9	1,9	1,5
9	–	–	2,2	1,7
12	–	–	2,5	1,9
15	–	–	2,8	2,2
18	–	–	–	2,4

На 1 февраля 2024 г. в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь насчитывалось 4,1 млн голов крупного рогатого скота, в том числе коров – 1477,9 тысяч голов [19]. По данным, предоставленным УО СПК «Путришки», установлен объем получения молозива-сырья от тельных коров в течение 7 суток после отела, который приведен в таблице 2.

Таким образом, данные, приведенные в таблице 2, показывают, что средний объем получаемого молозива в течение первых двух суток составляет от 10 до 22 л от одной коровы. В последующие дни наблюдается линейный рост количества получаемого молозива с выходом на 7-е сутки, соответствующим средней продуктивности – 20 л/сут [20].

Табл. 2. Средний объем получения молозива-сырья от одной коровы в течение 7 суток после отела

Table 2. Average volume of raw bovine colostrum obtained from one cow within 7 days after calving

Время после отела, сут.	Объем получения молозива-сырья, л
1	10–15
2	18–22
3	20–25
4	23–25
5	25–27
6	28–29
7	28–32

Исходя из имеющихся данных, а также с учетом предельно-допустимой нормы выпойки телятам в возрасте до 30 суток молозива, рассчитан ресурсный потенциал его получения по суткам в течение

начального периода лактации. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Анализ данных, представленных в таблице 3, свидетельствует о том, что общий годовой объем получаемого в Республике Беларусь молозива в расчете на 1 477 900 коров составляет от 224 640,8 тыс. л до 258 632,5 тыс. л. Остаточный годовой объем молозива, который является потенциальным сырьем для молокоперерабатывающей промышленности, может достигать 193 604,9–227 596,6 тыс. л в год.

Основываясь на данных собственных исследований о компонентном составе молозива и его физических свойствах, рассчитано возможное к получению из него путем мембранной фильтрации годовое количество белкового компонента. Результаты расчетов приведены в таблице 4.

Табл. 3. Оценка количества получаемого молозива-сырья в течение начального периода лактации

Table 3. Evaluation of the amount of raw colostrum obtained during the initial period of lactation

Время после отела, сут.	Количество коров, гол.	Объем получаемого молозива за сутки от одной коровы, л	Общий годовой объем получаемого молозива от всего поголовья, тыс. л	Норма выпойки молозива телятам в возрасте до 30 сут. (3 л/гол), тыс. л	Остаточный годовой объем молозива, тыс. л
1	1477900,0	10,0–15,0	14779,0–22168,5	4433,7	10345,3–17734,8
2	1477900,0	18,0–22,0	26602,2–32513,8	4433,7	22168,5–28080,1
3	1477900,0	20,0–25,0	29558,0–36947,5	4433,7	25124,3–32513,8
4	1477900,0	23,0–25,0	33991,7–36947,5	4433,7	29558,0–32513,8
5	1477900,0	25,0–27,0	36947,5–39903,3	4433,7	32513,8–35469,6
6	1477900,0	28,0–29,0	41381,2–42859,1	4433,7	36947,5–38425,4
7	1477900,0	28,0–32,0	41381,2–47292,8	4433,7	36947,5–42859,1
ИТОГО	-	-	224640,8–258632,5	-	193604,9–227596,6

Табл. 4. Оценка расчетного количества получаемого из молозива-сырья годового количества белкового компонента

Table 4. Estimation of the annual amount of protein component obtained from raw colostrum

Время после отела, сут.	Плотность молозива, кг/м ³	Массовая доля белка в молозиве, %	Массовая доля сывороточного белков в молозиве, %	Массовая доля казеина в молозиве, %	Остаточный годовой объем молозива, тыс. л	Остаточная годовая масса молозива, тыс. т	Годовое количество общего белка, тыс. т.	Годовое количество сывороточного белка, тыс. т.	Годовое количество казеина, тыс. т
1	1047,0 ±0,07	12,03 ±2,29	4,58 ±0,86	7,08 ±1,47	10345,3– 17734,8	10,83– 18,57	1,30–2,23	0,50– 0,85	0,77– 1,31
2	1036,0 ±0,03	4,88 ±0,46	1,52 ±0,04	3,01 ±0,39	22168,5– 28080,1	22,97– 29,09	1,12–1,42	0,35– 0,44	0,69– 0,88
3	1031,0 ±0,05	4,07 ±0,28	1,32 ±0,08	2,46 ±0,27	25124,3– 32513,8	25,9– 33,52	1,05–1,36	0,34– 0,44	0,64– 0,82
4	1030,0 ±0,06	3,57 ±0,33	0,95±0,14	2,34 ±0,09	29558,0– 32513,8	30,44– 33,49	1,09–1,20	0,29– 0,32	0,71– 0,78
5	1032,0 ±0,04	3,52 ±0,21	0,64±0,05	2,28 ±0,12	32513,8– 35469,6	33,55– 36,60	1,18–1,29	0,21– 0,23	0,76– 0,83

Продолжение табл. 4.

6	1030,0 ±0,04	3,48 ±0,18	0,71±0,07	2,21 ±0,07	36947,5– 38425,4	38,06– 39,58	1,32–1,38	0,27– 0,28	0,84– 0,87
7	1029,0 ±0,03	3,41 ±0,36	0,52±0,02	2,26 ±0,08	36947,5– 42859,1	38,02– 44,10	1,3–1,5	0,20– 0,23	0,86– 1,00
ИТОГО	-	-	-	-	193604,9– 227596,6	199,77– 234,95	8,36– 10,38	2,16– 2,79	5,27– 6,49

Анализируя данные таблицы 4, можно отметить, что потенциальная годовая масса молозива-сырья в размере 199,77–234,95 тыс. т позволит получать порядка 8,36–10,38 тыс. т общего белка, 2,16–2,79 тыс. т сывороточных белков и 5,27–6,49 тыс. т казеина.

Данные ранее проведенных исследований состава и свойств молозива обусловили необходимость его разделения на технологические группы и определения к ним требований при приемке на перерабатывающие предприятия, которые представлены в таблице 5.

Табл. 5. Требования к качественным показателям молозива-сырья по технологическим группам**Table 5.** Requirements for quality of colostrum raw material indicators by technological groups

Наименование показателя	Характеристика показателя		
	время после отела, ч		
	1-я группа –до 24	2-я группа – от 24 до 72	3-я группа – от 72 до 168
Внешний вид и консистенция	Однородная, густая, вязкая, непрозрачная жидкость без осадка, сгустков, хлопьев белка	Однородная, вязкая, непрозрачная жидкость без осадка, сгустков, хлопьев белка	Однородная, в меру вязкая, непрозрачная жидкость без осадка, сгустков, хлопьев белка
Вкус и запах	Специфический запах, излишне соленый вкус	Специфический запах, солоноватый вкус	Чистые, без посторонних привкусов и запахов
Цвет	От светло-коричневого до темно-желтого, равномерный по всей массе	От темно-желтого до желтого, равномерный по всей массе	Белый со слегка желтоватым или кремовым оттенком, равномерный по всей массе
Массовая доля жира, %, не менее	4,5	4,5	3,6
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	17,0	13,5	12,5
Массовая доля общего белка, %, не менее	8,5	4,5	3,3
Кислотность, °Т, не более	61,0	31,0	22,0
Плотность, г/см ³ , не менее	1,040	1,036	1,029
Термоустойчивость по алкогольной пробе, класс, не менее	-	-	II

Продолжение табл. 5.

Общая бактериальная обсемененность, тыс. КОЕ/см ³ , не более	2,8×10 ⁴	6,2×10 ⁴	2,6×10 ⁵
Количество соматических клеток в 1 см ³ , не более	13,2×10 ⁵	11,5×10 ⁵	8,2×10 ⁵

В связи с высокой биологической ценностью молозива первой и второй групп и низкой термоустойчивостью белкового компонента наиболее рациональным способом переработки является выделение из них значимых пищевых составляющих с использованием методов мембранной фильтрации. Молозиво-сырье 3 группы целесообразно направлять на получение ферментированных продуктов, производимых по технологиям аналогичных продуктов из цельного молока, с учетом технологических и органолептических особенностей молозива-сырья.

Данные по ресурсному потенциалу молозива, имеющемуся в Республике Беларусь, приведенные в таблице 3, позволяют рассчитать фактически доступное в год для переработки количество молозива-сырья по технологическим группам. Данные расчетов приведены в таблице 6.

Табл. 6. Годовое количество молозива-сырья по технологическим группам

Table 6. Annual amount of colostrum raw material by technological groups

Технологическая группа молозива	Оценка годовой массы молозива с учетом нормы выпойки, тыс. т
1 (от 1 до 24 ч после отела)	5,42–9,38
2 (от 24 до 72 ч после отела)	28,38–38,38
3 (от 72 до 168 ч после отела)	165,97–187,29
ИТОГО	199,77–234,95

Исходя из показателей состава молозива, приведенных в таблице 4, было рассчитано предполагаемое к получению из первой и второй технологических групп количество биологически значимых компонентов. Результаты расчетов приведены в таблице 7.

Данные таблицы 7 показывают, что переработка молозива первых двух групп позволяет получать значительные объемы ценных пищевых компонентов. Особенно значимым является выделение из молозива белкового компонента, годовая возможная к получению масса которого составляет 2,30–3,39 тыс. т. С учетом аминокислотного состава его белков, он представляет собой ценный функциональный компонент для производства пищевых продуктов повышенной биологической ценности. Жировая фракция, получаемая при микрофильтрации и последующей сушке концентрата, позволит получить 1,66–2,35 тыс. т жира.

Проведенные выработки продукта пищевого из молозива по технологии мягкого сыра позволили установить среднюю норму расхода сырья на 1 тонну готового продукта. Это, в свою очередь, позволяет провести расчет предполагаемого к получению годового его количества из молозива третьей технологической группы. Также, исходя из нормы расхода сырья на производство 1 тонны ферментированных напитков из молока, можно рассчитать предполагаемую к получению годовую массу данных напитков из молозива. Данные расчетов приведены в таблице 8.

Табл. 7. Расчеты масс компонентов, возможных к получению из молозива с использованием методов мембранной фильтрации

Table 7. Calculations of the masses of components that can be obtained from colostrum using membrane filtration methods

Технологическая группа молозива	Остаточная годовая масса молозива с учетом нормы выпойки, тыс. т	Массовая доля белка, % (среднее значение по группе)	Массовая доля лактозы, % (среднее значение по группе)	Массовая доля жира, % (среднее значение по группе)	Предполагаемая к получению масса, тыс. т		
					белкового концентрата	лактозы	жира
1 (от 1 до 24 ч после отела)	5,42–9,38	13,49	1,86	5,34	0,73–1,27	0,10–0,18	0,29–0,50
2 (от 24 до 72 после отела)	28,38–38,38	5,53	2,60	4,82	1,57–2,12	0,74–1,00	1,37–1,85
ИТОГО	33,8–47,76	-	-	-	2,30–3,39	0,84–1,18	1,66–2,35

Данные таблицы 8 показывают, что из молозива, полученного в период с 72 до 168 часов после отела, можно получать от 16,19 до 18,27 тыс. т. продукта пищевого по технологии мягкого сыра или 164,00–185,07 тыс. т ферментированных напитков. Учитывая, что молозиво данной группы также характеризуется повышенной массовой долей белка в сравнении с цельным молоком, данные продукты будут являться дополнительным источником незаменимых аминокислот для организма.

Табл. 8. Расчет массы возможных к получению пищевого продукта по технологии мягкого сыра и ферментированных напитков из молозива 3 технологической группы

Table 8. Calculation of the mass of possible food products to be obtained using the technology of soft cheese and fermented drinks from colostrum of the 3rd technological group

Наименование продукта	Годовая масса молозива 3 группы, тыс. т.	Норма расхода молозива на 1 т., т/т	Предполагаемая к получению масса продукта, тыс. т.
Пищевой продукт из молозива по технологии мягкого сыра	165,97–187,29	10,25	16,19–18,27
Ферментированные напитки		1,012	164,00–185,07

Расчет потенциальной годовой выручки сельскохозяйственных организаций от реализации молозива-сырья

Так как сельскохозяйственные организации Республики Беларусь не осуществляют реализацию молозива, то отсутствуют объективные данные о стоимости 1 тонны данного вида сырья. Ввиду данных обстоятельств, но с учетом фактического наличия затрат на получение молозива, принимаем стоимость 1 тонны данного сырья, равной стоимости 1 тонны молока 1 сорта по СТБ 1598, которая составляет 840,00 руб. Данные по закупочным ценам на молоко коровье от 2 апреля 2024 года, а также по надбавкам (скидкам) взяты из отчетной документации УО СПК «Путришки» Гродненского района.

Исходя из данных расчетов возможного к получению в Республике Беларусь годового количества молозива-сырья по технологическим группам, приведенным в таблице 6, а также с учетом требований к ним (таблица 5), рассчитаем предполагаемую к получению годовую выручку от его реализации перерабатывающим предприятиям с учетом пересчета на

базисную жирность, равную 3,6 %, а также надбавки за превышение базисной массовой доли белка, равной 3,0 %. Результаты расчетов приведены в таблице 9.

Полученные расчетные данные позволяют сделать вывод, что наибольшей стоимостью за 1 тонну при закупке характеризуется молозиво, относящееся к 1 технологической группе, так как именно для нее по причине превышения базисной нормы по массовой доле белка на 5,5 % приходится максимальный размер надбавки – 1320 руб. на 1 т. Это в конечном счете определяет годовую выручку от реализации данной группы в размере 13,12-22,24 млн руб. Надбавка для 2 технологической группы ниже почти в 4 раза, чем для 1, а для третьей – более чем в 18 раз. Это объясняется резким снижением массовой доли белка в сырье до 4,5 и 3,0 % соответственно. Вместе с тем, по причине больших объемов получения указанных групп (2 и 3) годовая выручка от их реализации составит соответственно 40,02-54,01 млн руб. и 151,37–170,81 млн руб., что значительно выше, чем для первой группы.

Реализация предполагаемой к получению массы молозива-сырья позволит сельскохозяйственным организациям республики получать годовую выручку в размере 204,51–247,06 млн руб. С учетом того, что в настоящее время данный вид сырья не является объектом торговли с перерабатывающими предприятиями, а его излишки используются для кормления скота, это может стать дополнительным источником дохода и значимым фактором повышения экономической эффективности деятельности сельскохозяйственных организаций.

Расчет экономической эффективности промышленного производства ферментированных продуктов из молозива

Ферментированные продукты предполагается производить из молозива 3 технологической группы, т.е. собранного в период от 72 до 168 часов после отела. Предыдущие расчеты показывают, что стоимость 1 тонны молозива 3 технологической группы составляет 912 руб., что позволяет определить стоимость сырья для производства 1 тонны продукции из него, а также сравнительный расчет для аналогичных продуктов из цельного молока. Данные о стоимости сырья для производства ферментированных продуктов из молозива и цельного молока представлены в таблицах 10–12.

Табл. 9. Расчет годовой выручки от реализации сельскохозяйственными организациями молозива-сырья с учетом пересчета на базисную жирность и белок

Table 9. Calculation of annual revenue from the sale of colostrum raw materials by agricultural organizations, taking into account the conversion to basic fat content and protein

Технологическая группа	Остаточная годовая масса молозива, тыс. т	Массовая доля жира, % (согласно табл. 4)	Массовая доля белка, % (согласно табл. 4)	Принимаемая закупочная цена 1 т молозива, руб.	Надбавка на 1 т молозива за белок, руб.	Годовая масса молозива в пересчете на базисную жирность (3,6 %), тыс. т	Годовая выручка за массу сдаваемого молозива в пересчете на базисную жирность, тыс. руб.	Надбавка к закупочной цене за отклонение содержания белка от базисной нормы, тыс. руб., в расчете на физическую массу молозива	Общая годовая выручка от реализации молозива, млн руб.
1 – от 1 до 24 ч	5,42–9,38	4,50	8,50	840,0	1320,0	6,78–11,73	5695,20–9853,20	7154,40–12381,60	13,12–22,24
2 – от 24 до 72 ч	28,38–38,38	4,50	4,50		360,0	35,48–47,85	29803,20–40194,00	10216,80–13816,80	40,02–54,01

Продолжение табл. 9.

3 – от 72 до 168 ч	165,97 – 187,29	3,60	3,30		72,0	165,97– 187,29	139414,8 0– 157323,6 0	11949,84– 13484,88	151,37 – 170,81
ИТОГО	199,77 – 234,95	-	-	-	-	208,23– 246,87	174913,2 – 207370,8	-	204,51 – 247,06

Табл. 10. Стоимость сырья для производства 1000 кг напитка, ферментированного из молозива и из цельного молока с использованием кефирной закваски

Table 10. Cost of raw materials for the production of 1000 kg of a drink fermented from colostrum and whole milk using kefir starter

Наименование сырья	Количество сырья, кг	Стоимость сырья за единицу (кг), руб.	Стоимость сырья в пересчете на его массу, руб.
<i>Ферментированный напиток из молозива с использованием кефирной закваски</i>			
Молозиво-сырье	970,00	0,912	884,64
Кефирная закваска	30,00	6,52	195,60
ИТОГО	1000,00	7,432	1080,24
<i>Ферментированный напиток из цельного молока с использованием кефирной закваски</i>			
Молоко цельное сорта экстра базисной жирности	970,00	1,05	1018,50
Кефирная закваска	30,00	6,52	195,60
ИТОГО	1000,00	7,57	1214,10

Табл. 11. Стоимость сырья для производства 1000 кг напитка, ферментированного из молозива и из цельного молока с использованием комплексной закваски лактококков и термофильного стрептококка

Table 11. Cost of raw materials for the production of 1000 kg of a drink fermented from colostrum and whole milk using a complex starter culture of lactococcus and thermophilus streptococcus

Наименование сырья	Количество сырья, кг	Стоимость сырья за единицу (кг), руб.	Стоимость сырья в пересчете на его массу, руб.
<i>Ферментированный напиток из молозива с использованием комплексной закваски лактококков и термофильного стрептококка</i>			
Молозиво-сырье	999,50	0,912	911,54
Закваска прямого внесения	0,50	75,31	37,66
ИТОГО	1000,00	76,222	949,20
<i>Ферментированный напиток из цельного молока с использованием комплексной закваски лактококков и термофильного стрептококка</i>			
Молоко цельное сорта экстра базисной жирности	999,50	1,05	1049,48
Закваска прямого внесения	0,50	75,31	37,66
ИТОГО	1000,00	76,36	1087,14

Расчетные данные показывают, что стоимость сырья для производства 1 тонны продукции из молозива ниже, чем аналогичной из цельного молока. Так, для напитка, ферментированного из молозива, приготовленного с использованием кефирной закваски, затраты на сырье ниже, чем для цельного молока, на 133,86 руб.; для напитка, выработанного с использованием комплексной закваски лактококков и термофильного стрептококка – на

137,94 руб. Полученные различия связаны с меньшей закупочной ценой молозива (0,912 руб. против 1,05 руб.). Для продукта пищевого из молозива по технологии мягкого сыра разница в цене, равная 2289,7 руб., дополнительно обусловлена более низкой нормой расхода сырья на 1 т готовой продукции, что связано с повышенной массовой долей белка, в частности, казеина в молозиве.

Табл. 12. Стоимость сырья для производства 1000 кг пищевого продукта по технологии мягкого сыра из молозива и мягкого сыра из цельного молока

Table 12. Cost of raw material for the production of 1000 kg of food product using the technology of soft cheese from colostrum, and soft cheese from whole milk

Наименование сырья	Количество сырья, кг	Стоимость сырья за единицу (кг), руб.	Стоимость сырья в пересчете на его массу, руб.
Пищевой продукт из молозива по технологии мягкого сыра			
Молозиво-сырье	10250,00	0,912	9348,00
Закваска прямого внесения	5,13	75,31	386,34
Сычужный фермент «Kalase»	0,19	476	90,44
Хлористый кальций (40 % раствор)	9,33	11,49	107,20
ИТОГО	10264,65	563,712	9931,98
Мягкий сыр из цельного молока			
Молоко цельное сорта экстра базисной жирности	11083,52	1,05	11 637,70
Закваска прямого внесения	5,13	75,31	386,34
Сычужный фермент «Kalase»	0,19	476,00	90,44
Хлористый кальций (40 % раствор)	9,33	11,49	107,20
ИТОГО	1000,00	563,85	12 221,68

В таблице 13 представлен расчет себестоимости 1 тонны пищевых продуктов из молозива и цельного молока.

Табл. 13. Калькуляция затрат для производства пищевых продуктов из молозива и цельного молока

Table 13. Cost calculation for the production of food products from bovine colostrum and whole milk

Калькуляция себестоимости единицы продукции	Сумма, руб.					
	ферментированный продукт из молозива с использованием закваски на кефирных грибах	ферментированный продукт из молозива с использованием закваски лактококков+термофильных стрептококков	пищевой продукт из молозива по технологии мягкого сыра	ферментированный продукт из молока с использованием закваски на кефирных грибах	ферментированный продукт из молока с использованием закваски лактококков+термофильных стрептококков	мягкий сыр из цельного молока
Сырье и материалы	1080,24	949,2	9931,98	1214,1	1087,14	12221,68
Вспомогательные материалы	48,61	42,71	446,94	54,63	48,92	549,98

Продолжение табл. 13.

Транспортные расходы	37,81	93,97	983,27	120,20	107,63	1209,95
Топливо, холод, энергия	99,38	87,33	1807,62	220,97	197,86	2224,35
Общехозяйственные расходы	60,49	53,16	1152,11	140,84	126,11	1417,71
Прочие производственные расходы	2,27	1,99	20,86	2,55	2,28	25,67
Основная зарплата	105,86	93,02	5968,13	729,55	653,26	7344,01
Социальное страхование	42,35	37,21	2387,25	291,82	261,30	2937,60
Итого производственная себестоимость	1477,01	1358,59	22698,16	2774,66	2484,5	27930,95
Общепроизводственные расходы	81,24	74,72	1248,40	152,61	136,65	1536,20
Коммерческие расходы	14,77	13,59	226,98	27,75	24,85	279,31
Содержание оборудования	47,26	43,47	726,34	88,79	79,50	893,79
Внепроизводственные расходы	42,83	39,40	658,25	80,47	72,05	810,00
Полная себестоимость	1663,11	1529,77	25558,13	3124,28	2797,55	31450,25
Средняя плановая рентабельность, %	7,12	6,27	8,54	7,12	6,27	8,54

Сравнительные экономические показатели продуктов из молозива и цельного молока приведены в таблице 14.

Табл. 14. Сравнительные экономические показатели продуктов пищевых из молозива и цельного молока

Table 14. Comparative economic indicators for food products from bovine colostrum and milk

Показатели	Значение показателя		
	себестоимость единицы продукции, руб.	оптово-отпускная цена за единицу продукции без НДС, руб.	полная прибыль с единицы продукции, руб.
Продукты из молозива			
Ферментированный напиток с использованием закваски, приготовленной на кефирных грибах	1663,11	1781,52	118,41
Ферментированный напиток с использованием закваски лактококков+термофильных стрептококков	1529,77	1625,69	95,92
Пищевой продукт по технологии мягкого сыра	25558,13	27740,79	2182,66

Продолжение табл. 14.

<i>Продукты из цельного молока</i>			
Ферментированный напиток с использованием закваски, приготовленной на кефирных грибах	3124,28	3346,73	222,45
Ферментированный напиток с использованием закваски лактококков+термофильных стрептококков	2797,55	2972,96	175,41
Мягкий сыр	31450,25	34136,10	2685,85

Расчетные данные показывают, что оптово-отпускные цены на продукты из молозива ниже, чем на аналогичные из цельного молока, что обусловлено меньшими затратами на сырье для их производства (таблица 13). Наиболее экономически выгодным является переработка молозива в пищевой продукт по технологии мягкого сыра, так как именно от реализации этой категории продукции можно получить прибыль с 1 тонны практически соответствующую размерам прибыли, получаемой от продажи мягкого сыра из цельного молока, – 2182,66 руб. против 2685,85 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Коровье молозиво, исходя из его состава, представляет собой ценный сырьевой ресурс для современной перерабатывающей промышленности, который позволит предприятиям не только расширить ассортимент готовой продукции за счет выпуска наименований повышенной пищевой и биологической ценности, но и обеспечит им дополнительные экономические преимущества.

Реализация молозива-сырья сельскохозяйственными организациями республики позволит им получать дополнительную годовую выручку в размере 204,51–247,06 млн руб. Установлено, что из молозива 1 и 2 технологических групп в год потенциально можно получить 2,30–3,39 тыс. т белкового концентрата, 0,84–1,18 тыс. т. лактозы и 1,66–2,35 тыс. т. жира. 3 технологическая группа молозива может быть переработана в 16,19–18,27 тыс. т пищевого продукта по технологии мягкого сыра или 164,00–185,07 тыс. т ферментированных напитков. С экономической точки зрения наиболее выгодным для перерабатывающих предприятий является производство из молозива пищевого продукта по технологии мягкого сыра, что обеспечивает получение прибыли с 1 тонны готового продукта в размере 2182,66 руб., что практически соответствует данному показателю для сыров из цельного молока.

ЛИТЕРАТУРА

- Горбатова, К. К. Химия и физика молока и молочных продуктов: учебник / К. К. Горбатова, П. И. Гунькова; под общ. ред. К. К. Горбатовой. – СПб.: ГИОРД, 2012. – 336 с.
- Влияние сублимационного обезвоживания на свойства лиофилизированного молозива при хранении / Н. А. Ерофеева [и др.] // Ветеринарно-санитарные аспекты качества и безопасности сельскохозяйственной продукции: материалы I-й Междунар. конф., Воронеж, 26–27 нояб. 2015 г. / Воронеж. гос. аграр. ун-т; редкол.: А. В. Аристов [и др.]. – Воронеж, 2015. – С. 238–240.
- Мишанин, Ю. Ф. Молозиво как возможный компонент для геродиетического и детского питания / Ю. Ф. Мишанин, В. В. Запашный, А. Ю. Мишанин // Изв. высш. учеб. заведений. Сер. Пищевая технология. – 2004. – № 2–3. – С. 128.
- Инихов, Г. С. Химия и бактериология молока и молочных продуктов / Г. С. Инихов, С. А. Королев. – Вологда: Северосоюз, 1923. – 144 с. – (Справочник по вопросам молочного хозяйства; вып. 1).
- Зайковский, Я. С. Химия и физика молока и молочных продуктов: учеб. пособие / Я. С. Зайковский. – 2-е изд., испр. и доп. – М.; Л.: Пищепромиздат, 1938. – 420 с.
- Fox, A. Scientific and medical research related to bovine colostrum: its relationship and use in the treatment of disease in humans [Electronic resource]: selected published abstr. / A. Fox, A. Kleinsmith // Ishita Pharma. – Mode of access: <http://www.ishitapharma.com/COLOSTRUM%20RESEARCH1.pdf>. – Date of access: 17.10.2023.

- 7 Linehan, K. Bovine colostrum for veterinary and human health applications: a critical review / K. Linehan, R. P. Ross, C. Stanton // Annu. Rev. of Food Science a Technology. – 2023. – Vol. 14, № 1. – P. 387–410.
- 8 Quality of colostrum in dairy and dual purpose cow breeds depending on the duration of calving cycle periods / S. V. Karamayev [et al.] // IOP Conf. Ser.: Earth a. Environmental Science. – 2020. – Vol. 422. – Art. 012047.
- 9 Scammell, A. W. Production and uses of colostrum / A. W. Scammell // Austral. J. of Dairy Technology. – 2001. – Vol. 56, № 2. – P. 74–82.
- 10 Georgiev, I. P. Differences in chemical composition between cow colostrum and milk / I. P. Georgiev // Bulg. J. of Veterinary Medicine. – 2008. – Vol. 11, № 1. – P. 3–12.
- 11 Самбуrow, Н. В. Молозиво коров, его состав и биологические свойства / Н. В. Самбуrow, И. Л. Палаус // Вестн. Кур. гос. с.-х. акад. – 2014. – № 4. – С. 59–61.
- 12 Карпуть, В. А. Молозиво (состав, биологические свойства, рациональное использование) / В. А. Карпуть, А. А. Москалев, А. Ф. Трофимов. – Гродно: ГГАУ, 2014. – 152 с.
- 13 Ростова, Н. Ю. Физико-химические свойства молозива новотельных коров разных генотипов / Н. Ю. Ростова, А. П. Жуков // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. – 2012. – № 1. – С. 106–109.
- 14 Gala Gen Inc. Expands Functional Foods Agreement with Land O'Lakes [Electronic resource] // Food Online: safe processing a. packaging. – Mode of access: <https://www.foodonline.com/doc/galagen-inc-expands-functional-foods-agreemen-0001>. – Date of access: 13.09.2023.
- 15 Молозиво коров – перспективное сырье для производства пищевых продуктов / С. А. Леонтьева [и др.] // Индустрия питания. – 2021. – Т. 6, № 2. – С. 23–33.
- 16 Elfstrand, L. Management of chronic diarrhea in HIV-infected patients: current treatment options, challenges and future directions / L. Elfstrand, C. H. Florén // HIV/AIDS. – 2010. – Vol. 2. – P. 219–224.
- 17 Нешитая, Г. Ф. Экономическая часть дипломного проекта: методические указания / Г. Ф. Нешитая, И. А. Дешко, – Гродно: Гродн. гос. аграр. ун-т., 2016. – 22 с.
- 18 Писаренко, Н. А. Молозиво, его состав, свойства и значение для новорожденных телят: метод. пособие / Н. А. Писаренко. – Ставрополь: [б. и.], 2004. – 19 с.
- 19 Производство сельхозпродукции в Беларуси в январе увеличилось на 4,3 % [Электронный ресурс] // БЕЛТА. – Режим доступа: <https://www.belta.by/economics/view/proizvodstvo-selhozproduktii-v-belarusi-v-janvare-velichilos-na-43-615557-2024/>. – Дата доступа: 23.11.2023.
- 20 В Беларуси в 2023 году возросло число районов и хозяйств с надоем на корову более 7 тыс. кг [Электронный ресурс] // БЕЛТА. – Режим доступа: <https://www.belta.by/society/view/v-belarusi-v-2023-godu-vozroslo-chislo-rajonov-i-hozjajstv-s-nadoem-na-korovu-bolee-7-tys-kg-612570-2024/>. – Дата доступа: 23.11.2023.

Поступила в редакцию 17.05.2025 г.

ОБ АВТОРАХ:

Диана Сергеевна Лозовская, старший преподаватель кафедры технологии хранения и переработки животного сырья, Гродненский государственный аграрный университет, e-mail: diana.lozovskaya.89@mail.ru.

Олег Викторович Дымар, доктор технических наук, профессор, технический директор представительства АО «МЕГА» (Чешская Республика), Республика Беларусь, e-mail: dymarov@tut.by.

ABOUT AUTHORS:

Diana S. Lozovskaya, Senior Lecturer, Department of Technology of Storage and Processing of Animal Raw Materials, Grodno State Agrarian University (GGAU), e-mail: diana.lozovskaya.89@mail.ru.

Oleg V. Dymar, Doctor of Technical Sciences, Professor, Technical Director of the Representative Office of MEGA JSC (Czech Republic), Republic of Belarus, e-mail: dymarov@tut.by.

УДК 637.1

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ТЕРМОПЛАСТИФИКАЦИИ СЫРНОГО ПЛАСТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЗЛАКТОЗНОГО СЫРА МОЦАРЕЛЛА С УЛУЧШЕННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

О. И. Купцова, А. А. Демьянец

Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Сыры Моцарелла обладают универсальным набором технологических параметров и могут быть реализованы как для розничной торговли, так и для сегмента HoReCa. Основным требованием, предъявляемым к сырам для запекания на пицце, является наличие минимальной тенденции к образованию «блистеров», образованных белками и лактозой молока в результате реакции карамелизации, что может быть связано с наличием молочного сахара в значительном количестве и отсутствием зафиксированного pH в продукте. Научная задача исследования состоит в улучшении технологических свойств безлактозных сыров Моцарелла при запекании с минимальным протеканием реакции карамелизации за счет совершенствования параметров процесса термопластификации сырного пласта.

Материалы и методы. Молочное сырьё, доставленное с предприятия Управляющая компания холдинга «Могилевская молочная компания «Бабушкина крынка», бактериальная закваска ST TH (производитель Biotec, Италия), фермент Clerichi 80/20 активностью 150 IMCU/мл, фермент β -галактозидазы NolaFit 5500, бактериальная закваска пропионовокислых микроорганизмов PS-50 (производитель Chr. Hansen, Дания), водные растворы лимонной и молочной кислот с уровнем pH = (5,9–6,0) ед. pH. Общепринятые для данной предметной области методы исследования.

Результаты. Разработан способ проведения процесса термопластификации сырного пласта, отличающийся применением в качестве греющей среды водных растворов пищевых кислот, что позволило улучшить способность сыра выдерживать высокотемпературный нагрев при запекании без образования точек карамелизации молочного сахара и горелых пятен с получением мягкой консистенции после остывания сыра на поверхности блюда.

Заключение. Снизить интенсивность протекания реакции карамелизации при запекании безлактозных сыров Моцарелла на пиццах на 99 % возможно совершенствованием процесса термопластификации сырного пласта при установленных технологических параметрах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сыр Моцарелла; термопластификация; активная кислотность; технологические свойства; высокотемпературный нагрев; точка карамелизации лактозы.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Купцова, О. И. Разработка способа термопластификации сырного пласта для получения безлактозного сыра Моцарелла с улучшенными технологическими свойствами / О. И. Купцова, А. А. Демьянец // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2025. – № 1 (38). – С. 38–47.

DEVELOPMENT OF A THERMOPLASTIC PROCESSING METHOD FOR OF CHEESE MASS TO PRODUCE LACTOSE-FREE MOZZARELLA CHEESE WITH IMPROVED TECHNOLOGICAL PROPERTIES

O. I. Kuptsova, A. A. Demyanets

Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Republic of Belarus

ABSTRACT

Introduction. Mozzarella cheeses have a versatile set of technological parameters and can be marketed both in retail and HoReCa segment. The main requirement for cheeses used in pizza baking is minimal formation of "blisters" that result from the caramelization reaction involving milk proteins and lactose. This phenomenon is linked to the presence of milk sugar in significant quantities and the absence of a stabilized pH in the product. Thus, the scientific objective of this study is to improve the technological properties of lactose-free Mozzarella during baking by minimizing caramelization reactions through optimization of the

thermoplastic processing parameters of the cheese mass.

Materials and methods. Dairy raw materials were produced by the enterprise the Mogilev Milk Company holding «Babushkina Krynka». The bacterial starter culture ST TH (manufacturer: Biotec, Italy), enzyme Clerichi 80/20 with an activity of 150 IMCU/mL, β -galactosidase enzyme NolaFit 5500, and propionic acid bacteria culture PS-50 (manufacturer: Chr. Hansen, Denmark) were used. Aqueous solutions of citric and lactic acids with pH levels ranging from 5,9 to 6,0 (pH units) were employed as heating media. Standard methods were used to conduct the analyses.

Results. A novel method for thermoplastic processing of cheese mass characterized by the use of aqueous solutions of food acids as the heating medium was developed. This innovation enhanced the cheese's ability to withstand high-temperature baking without the formation of caramelization spots of milk sugar or burnt marks, resulting in a soft cheese texture on the surface of the dish after cooling.

Conclusion. It is possible to reduce the intensity of caramelization reactions during the baking of lactose-free Mozzarella cheeses on pizza by 99 % through the optimization of the thermoplastic processing of the cheese mass under established technological parameters.

KEY WORDS: *Mozzarella cheese; thermoplasticization; active acidity; technological properties; high-temperature heating; lactose caramelization point*

FOR CITATION: Kuptsova, O. I. Development of a for thermoplastic processing method for cheese mass to produce lactose-free Mozzarella cheese with improved technological properties / O. I. Kuptsova, A. A. Demyanets // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2025. – №. 1 (38). – P. 38–47.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день в Республике Беларусь приоритетное внимание молокоперерабатывающие предприятия уделяют производству сыров с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы Моцарелла (далее – сыры Моцарелла), используемых для запекания на пиццах при высокотемпературном нагреве. Сыры данной группы обладают универсальным набором технологических параметров и могут быть реализованы как для розничной торговли, ориентированной на широкий круг потребителей, так и для сегмента HoReCa, где предъявляются особые требования к качеству и технологической стабильности продукции¹. В настоящее время для запекания на пиццах широко используются три категории сыров: сыр полутвердый Моцарелла для пиццы и сыр мягкий Моцарелла в рассоле, выработанные из натурального молока, а также продукт белковый Моцарелла на основе заменителя молочного жира [1].

Известно, что качество сыров, применяемых для запекания, определяется структурно-механическими и органолептическими свойствами, такими как натираемость, способность к плавлению, текучесть, растекаемость, растяжимость, количество отделяемого жира и влаги, отвердевание после остывания, пережевываемость [2]. Наряду с этим, важным требованием является наличие минимальной тенденции к образованию «блистеров», образованных в результате реакции карамелизации между карбонильными группами углеводов (лактоза, глюкоза и галактоза) и аминоклассами белков молока, и горелых пятен, образованных белковыми соединениями сыра на поверхности блюда, что может быть связано с наличием молочного сахара в значительном количестве и отсутствием зафиксированного pH в продукте. Реакция карамелизации при высокотемпературном нагреве сыра свыше 200 °C и выдержке приводит к образованию темных соединений, называемых «меланоидины», которые оказывают существенное влияние на органолептические показатели продукта: цвет сыра меняется от бледно-белого до золотисто-коричневого, с образованием кислых, ирисных, карамельных, ореховых, землистых, мясных, сернистых и шоколадных ароматов

¹ Лях, В. Я. Справочник сыродела. Второе издание / В. Я. Лях, И. А. Шергина, Т. Н. Садовая. – Москва: Профессия, 2021. – 680 с.

[3]. Кроме того, чрезмерное протекание данной реакции приводит к потере биологической ценности белков и аминокислот, особенно лизина, аргинина и гистидина [4]. Реакция карамелизации проводится в широком диапазоне pH, от 3,1 до 11 ед. pH, однако в щелочной среде процесс проходит гораздо интенсивнее [5].

Согласно литературным источникам, при производстве сыров типа Моцарелла созревание не предусматривается, в результате чего процесс дальнейшего расщепления лактозы на составляющие моносахариды и другие вкусоароматические вещества не происходит или осуществляется достаточно медленно, что, в свою очередь, может ухудшить технологические свойства сыра при его запекании. Ранее на кафедре технологии молока и молочных продуктов Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий были проведены исследования по созданию технологии получения низколактозного сыра с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы с улучшенной способностью к запеканию [6]. Экспериментально подтверждено, что применение процесса гидролиза молочного сахара в нормализованной смеси на стадии добавления компонентов для свертывания при температуре $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 1 часа с чеддеризацией сырного зерна под слоем сыворотки в технологии сыров с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы позволяет повысить способность сыра выдерживать высокотемпературный нагрев при запекании, а также снизить тенденцию к образованию «блистеров» по сравнению с сыром, выработанным без применения гидролиза молочного сахара [7]. Однако по окончании данного процесса в сыре содержится значительное количество моносахаридов – глюкозы и галактозы, оставшихся после гидролиза молочного сахара, которые могут также вступать в реакцию карамелизации и приводить к образованию блистеров на поверхности пиццы при ее запекании. Известно, что пропионовокислые бактерии, в частности, *Propionibacterium freudenreichii*, как правило, в основном применяют в качестве основных культур при производстве сыров с высокой температурой второго нагревания, например, Маасдам, для обеспечения управляемого процесса созревания, а также придания готовому сыру характерного вкуса и аромата [8]. При этом пропионовокислые микроорганизмы в качестве питания предпочитают использовать лактаты кальция и молочный сахар. Однако в то же время в качестве источника углерода для этих бактерий могут выступать и различные моносахариды, например, галактоза и глюкоза, образующиеся при гидролизе лактозы, что, в свою очередь, будет способствовать менее интенсивному накоплению количества пропионовой кислоты и позволит стабилизировать параметры чеддеризации сырного пласта, а также исключить резкое падение активной кислотности сырного зерна [9, 10].

Следовательно, использование основной и вспомогательной микрофлоры совместно с гидролизом молочного сахара может позволить получить сырный пласт без содержания в нем углеводной составляющей, что может положительно сказаться на технологических свойствах сыра при его запекании.

Общеизвестно, что технология сыров Моцарелла основывается на проведении при их производстве процессов чеддеризации и термопластификации сырного пласта. В процессе технологической операции чеддеризации сырный пласт приобретает слоисто-волокнуистую структуру, за счет чего он получает способность к плавлению и вытягиванию при термомеханической обработке сырной массы². Образование требуемой структуры сырного пласта происходит посредством быстрого накопления основной заквасочной микрофлоры, состоящей из термофильного молочнокислого стрептококка, молочной кислоты, которая интенсифицирует процесс отщепления кальция от параказеина с дальнейшим образованием большого количества межмолекулярных связей и стабильной белковой матрицы, а также лактатов и фосфатов кальция. Полученная структура белка сохраняет свою прочность в определенном диапазоне уровня активной

² Скотт, Р. Производство сыра. Сырье, технология / Р. Скотт, Р.К. Робинсон. – Москва: Профессия, 2012. – 464 с.

кислотности, а именно при рН от 5,00 до 5,35 ед [11–15].

После чеддеризации сырный пласт подвергается процессу термопластификации – вытягиванию в тонкие нити при механическом воздействии и нагревании выше 65 °С³. Готовность сырного теста определяется по его способности растягиваться в «полотно» без разрыва с глянцевой поверхностью, без включений нерасплавленного сырного пласта. При этом в качестве греющей среды для проведения данного процесса традиционно используют пастеризованную воду с температурой 78–80 °С, слабokonцентрированный рассол, либо безбелковую сыворотку. Сравнительный анализ различных видов греющих сред, используемых для проведения процесса термопластификации, представлен в таблице 1.

Табл. 1. Сравнительный анализ различных видов греющих сред, используемых для проведения процесса термопластификации сырного пласта

Table 1. Comparative analysis of different types of heating media used for the process of thermoplasticization of cheese mass

Вид греющей среды	Преимущества	Недостатки
Пастеризованная вода	Простота и общедоступность теплового носителя	Повышение уровня активной кислотности готового продукта
Слабokonцентрированный рассол	Частичная посолка, корректировка показателя массовой доли влаги	Повышенный расход вспомогательных компонентов, трудоемкость переработки соленой воды, оставшейся после производства
Безбелковая сыворотка	Повторное использование вторичного молочного сырья	Ухудшение технологических свойств сыра при его запекании из-за наличия лактозы в большом количестве

Как видно из данных, представленных в таблице 1, каждый из видов греющих сред, используемых для проведения процесса термомеханической обработки, имеет как преимущества, так и недостатки. Однако следует отметить, что ни один вид теплоносителя для проведения данного процесса не позволяет зафиксировать уровень активной кислотности готового сыра, с величиной рН, достигнутой при чеддеризации, а именно 5,25–5,35 ед. рН. Активная кислотность сыров Моцарелла по окончании процесса термопластификации сырного теста несколько увеличивается за счет насыщения сырного теста влагой из-за использования греющих сред, не обеспечивающих фиксирование уровня рН, и составляет 5,5–5,6 ед. рН, что может ухудшить технологические свойства сыра при запекании.

На основании вышесказанного следует, что совместное использование процесса гидролиза лактозы и пропионовокислых бактерий в процессе чеддеризации позволит снизить содержание доступных карбонильных групп в составе ди- и моносахаридов необходимых для протекания реакции карамеллизации при высокотемпературном нагреве, а фиксирование уровня активной кислотности безлактозного сыра с величиной рН, достигнутой при чеддеризации, путем совершенствования параметров проведения процесса термопластификации обеспечит минимальное протекание реакции карамеллизации с образованием «блистеров» и горелых пятен при запекании сыров типа Моцарелла.

Таким образом, целью работы явилось снижение интенсивности протекания реакции карамеллизации при запекании безлактозных сыров Моцарелла на пиццах.

Для выполнения поставленной цели решали следующую задачу:

³ Шингарева, Т. И. Технология и оборудование для производства натурального сыра: учебник / Т. И. Шингарева, Р. И. Раманаускас, А. А. Майоров, О. Н. Мусина, Г. Е. Полищук. – Высшее образование: Лань, 2018. – 508 с.

– разработать способ проведения процесса термопластификации сырного пласта с применением водных растворов пищевых кислот, обеспечивающий минимальное протекание реакции карамелизации в процессе высокотемпературного нагрева при запекании безлактозных сыров Моцарелла на пиццах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования были выполнены в лабораториях кафедры технологии молока и молочных продуктов Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. Получение опытных образцов сыра осуществляли по промышленной технологии производства сыра Моцарелла, которая была адаптирована к лабораторным условиям⁴.

Объектами исследования являются технологические свойства безлактозного сыра Моцарелла, используемого для запекания на пиццах. Для выработки исследуемых образцов применяли молочное сырьё, доставленное с предприятия Управляющая компания холдинга «Могилевская молочная компания «Бабушкина крынка». Физико-химические показатели молочного сырья представлены в таблице 2.

Табл. 2. Физико-химические показатели молочного сырья

Table 2. Physico-chemical indicators of dairy raw materials

Наименование объекта	Показатели			
	Массовая доля жира, %	Массовая доля белка, %	Титруемая кислотность, °Т	Плотность, кг/м ³
Цельное молоко	3,60	3,0	17,0	1029,0
Обезжиренное молоко	0,05	3,0	17,0	1031,0

В качестве основной заквасочной микрофлоры для получения сыра использовали бактериальную закваску ST TH (производитель «Biotec», Италия) из расчета 10 U на 1000 кг смеси (видовой состав закваски: *Streptococcus thermophiles*). В качестве молокосвертывающего ферментного препарата применяли фермент Clerichi 80/20 активностью 150 IMCU/мл. Гидролиз лактозы проводили с помощью фермента β -галактозидазы NolaFit 5500 (производитель Chr. Hansen, Дания) активностью 5500 BLU/мл из расчета 400 мл на 1000 кг смеси. В качестве пробиотической микрофлоры использовали бактериальную закваску пропионовокислых микроорганизмов PS-50 производитель Chr. Hansen, (Дания) из расчета 35 U на 1000 кг нормализованной смеси. В качестве греющей среды для проведения процесса термопластификации сырного пласта применяли слабokonцентрированные водные растворы лимонной и молочной кислот с уровнем pH = (5,9–6,0) ед. pH.

При проведении работы пользовались стандартными, общепринятыми и специальными методами исследований. Титруемую кислотность определяли титриметрическим методом по ГОСТ 3624-92, активную кислотность с помощью pH-метра по ГОСТ 26781-85, массовую долю лактозы йодометрическим методом по ГОСТ 29248-91, тест на вытягивание по методике определения способности сырной массы вытягиваться при высоких температурах в длинные тонкие нити, тест на запекание путем нагрева сыра в конвейерной печи при температуре (250±1) °С в течение 4 минут с использованием основы для пиццы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе была исследована возможность применения в качестве греющей среды для проведения процесса термопластификации сырного пласта слабokonцентрированных

⁴ ТИ ВУ 391731140.014. Технологическая инструкция по изготовлению сыра полутвердого «Моцарелла-пицца» «Свежа». утв. ООО «Савушкин-Орша». – 2021. – 24 с.

водных растворов лимонной и молочной кислот при варьируемых температурных параметрах и изучили их влияние на структурно-механические свойства сырного теста при плавлении.

В качестве греющей среды выступали 0,06 %-й водный раствор молочной кислоты и 0,02 %-й водный раствор лимонной кислоты. Процесс термопластификации сырного пласта проводили в диапазоне температур 65–80 °С, с шагом 5 °. Приготовление греющей среды для проведения процесса осуществляли следующим образом: в воду, пастеризованную при (95±1) °С, и охлажденную до (25±1) °С вносили молочную либо лимонную кислоты до достижения активной кислотности водного раствора (5,9–6,0) ед. рН.

В качестве контрольного образца использовали сырный пласт, выработанный по классической технологии получения сыров Моцарелла без использования закваски пропионовокислых бактерий и фермента лактазы с проведением процесса термопластификации при температуре 78–80 °С, в качестве греющей среды применяли пастеризованную воду.

Опытным образцом явился сырный пласт, полученный с применением гидролиза лактозы и добавлением пропионовокислых бактерий. Активная кислотность контрольного и опытного образца находилась в оптимальном диапазоне рН, необходимом для проведения процесса термопластификации, и составила 5,25 и 5,27 ед. рН соответственно. Результаты процесса термопластификации исследуемых образцов сырного пласта с использованием в качестве греющих сред 0,06 %-го водного раствора молочной кислоты и 0,02 %-го водного раствора лимонной кислоты представлены на рисунке 1.

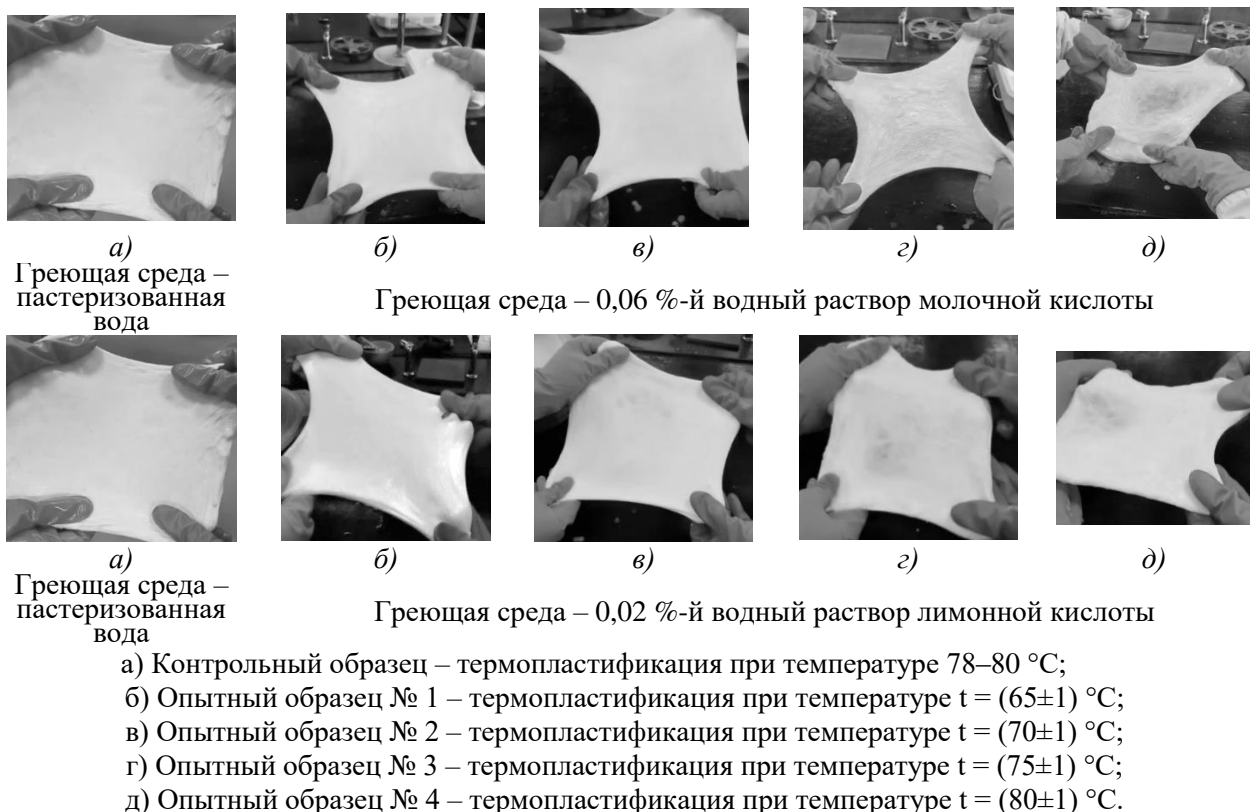


Рис. 1. Результаты процесса термопластификации исследуемых образцов сырного пласта с использованием в качестве греющей среды 0,06 %-го водного раствора молочной кислоты и 0,02 %-го водного раствора лимонной кислоты

Fig. 1. Results of the thermoplasticization process of the studied cheese mass samples using 0,06 % aqueous solution of lactic acid and 0,02 % aqueous solution of citric acid

Согласно данным, представленным на рисунке 1, отмечено, что опытные образцы сырного теста, где процесс термопластификации проводили при температуре (65 ± 1) и (70 ± 1) °C независимо от вида пищевой кислоты, используемой в качестве греющей среды, а также контрольный образец характеризовались в меру плотной консистенцией, растягивались в «полотно» без разрыва с глянцевой поверхностью, в то же время при разрыве сырного «полотна» наблюдались четко различимые волокна, что является подтверждением высокого качества сырного теста.

Вместе с тем опытные образцы сырного теста, где термопластификация проводилась при температуре (75 ± 1) и (80 ± 1) °C с использованием в качестве греющей среды водных растворов как молочной, так и лимонной кислот, обладали мягкой консистенцией, при этом пластификация сырного пласта проходила быстро и неконтролируемо с образованием излишней текучести сырного теста.

После термопластификации исследуемым образцам сырного теста придали форму цилиндра и охладили в рассоле до температуры (10 ± 1) °C внутри продукта. Затем в свежеработанных образцах сыра Моцарелла определили физико-химические показатели, результаты исследований которых представлены в таблице 3.

Табл. 3. Физико-химические показатели свежеработанных образцов сыра Моцарелла

Table 3. Physico-chemical parameters of freshly produced Mozzarella cheese samples

Наименование образцов	Массовая доля влаги, %	Активная кислотность, ед. pH	Активность воды, ед.
Контрольный образец	48,2	5,55	0,949
Термопластификация сырного пласта с использованием в качестве греющей среды 0,06 %-го водного раствора молочной кислоты			
Опытный образец № 1 – термопластификация при температуре $t = 65$ °C	50,1	5,28	0,950
Опытный образец № 2 – термопластификация при температуре $t = 70$ °C	49,8	5,32	0,947
Опытный образец № 3 – термопластификация при температуре $t = 75$ °C	45,7	5,31	0,945
Опытный образец № 4 – термопластификация при температуре $t = 80$ °C	45,5	5,29	0,942
Термопластификация сырного пласта с использованием в качестве греющей среды 0,02 %-го водного раствора лимонной кислоты			
Опытный образец № 1 – термопластификация при температуре $t = 65$ °C	50,2	5,30	0,951
Опытный образец № 2 – термопластификация при температуре $t = 70$ °C	49,9	5,31	0,948
Опытный образец № 3 – термопластификация при температуре $t = 75$ °C	45,6	5,29	0,945
Опытный образец № 4 – термопластификация при температуре $t = 80$ °C	46,6	5,32	0,943

Выявлено (таблица 3), что с увеличением температуры термопластификации независимо

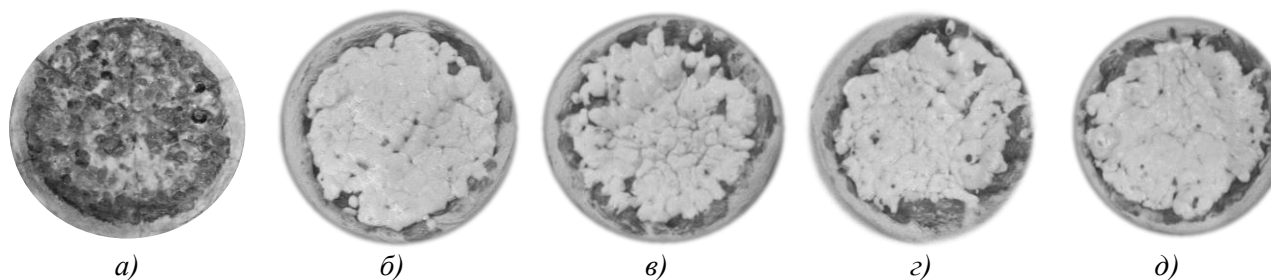
от вида пищевой кислоты, используемой в качестве греющей среды, массовая доля влаги в готовом продукте снижается, что связано с повышенной проникающей способностью влаги за счет воздействия высокой температуры пластификации 75–80 °С при постоянном уровне рН греющей среды 5,9–6,0 ед. рН. Тем самым влага не успевает диспергироваться в объеме сырного теста и выделяется в процессе формирования и посолки в рассоле. Также уставлено, что использование слабokonцентрированных водных растворов пищевых кислот в качестве греющей среды для проведения процесса термопластификации позволяют зафиксировать уровень активной кислотности сыра Моцарелла с величиной рН, полученной при чеддеризации сырного пласта, которая составила 5,29–5,32 ед. рН в сравнении с контрольным образцом – 5,55 ед. рН.

Активность воды опытных образцов сыра составила 0,942–0,950 ед., а контрольного – 0,949 ед. Определено, что применение совместно с основной заквасочной микрофлорой пропионовокислых микроорганизмов наряду с совершенствованием способа и греющей среды для процесса термопластификации не вызывает изменений показателя активности воды, что свидетельствует о микробиологической стабильности продукта и возможности его хранения в течение срока годности сыра Моцарелла, выработанного по классической технологии, а именно, 120 суток при температуре (4±2) °С.

В опытных образцах свежесыработанного сыра Моцарелла определяли массовую долю остаточного количества лактозы, глюкозы и галактозы. Исследования проводили в «Научно-исследовательском институте гигиены, токсикологии, эпидемиологии, вирусологии и микробиологии» (г. Минск, Республика Беларусь). Выявлено, что в опытных образцах сыра Моцарелла, полученных с применением совместно с основной заквасочной микрофлорой пропионовокислых бактерий, отсутствуют моно- и дисахариды: лактозы не выявлено, а количество глюкозы и галактозы составляет менее 0,00001 %.

На следующем этапе работы была осуществлена оценка способности исследуемых образцов сыра к запеканию. Высокотемпературный нагрев сыра проводили в конвейерной печи при температуре (250±1) °С в течение 4 минут с использованием основы для пиццы. Высокотемпературному нагреву подвергались опытные образцы сыра с наилучшей способностью к плавлению, а именно опытные образцы, где процесс термопластификации проводили при температуре (65±1) °С и (70±1) °С независимо от вида пищевой кислоты, используемой в качестве греющей среды, а также контрольный образец, результаты которого представлены на рисунке 2.

Согласно данным, представленным на рисунке 2, выявлено, что все исследуемые образцы сыра имели положительный тест на запекание независимо от вида греющей среды – водных растворов молочной либо лимонной кислот, используемых для получения греющей среды для проведения процесса термопластификации и обладали ровной белой поверхностью, вытягивались в нить до 40 см, без наличия «блистеров» и горелых пятен, образованных белками молока, по сравнению с контрольным образцом, который характеризовался более высокой тенденцией к образованию «блистеров». В свою очередь, после остывания сыра на поверхности пиццы все опытные образцы сыра характеризовались приятным кисломолочным вкусом, без выраженной кислинки с мягкой консистенцией без затвердевания сыра и образования корки на поверхности блюда, в сравнении с контрольным образцом.



- а) Контрольный образец – термопластификация при температуре 78–80 °С (греющая среда – пастеризованная вода);
- б) Опытный образец № 1 – термопластификация при температуре $t = (65 \pm 1) ^\circ\text{C}$ (греющая среда – водный раствор молочной кислоты);
- в) Опытный образец № 2 – термопластификация при температуре $t = (70 \pm 1) ^\circ\text{C}$;
- г) Опытный образец № 1 – термопластификация при температуре $t = (65 \pm 1) ^\circ\text{C}$ (греющая среда – водный раствор лимонной кислоты);
- д) Опытный образец № 2 – термопластификация при температуре $t = (70 \pm 1) ^\circ\text{C}$.

Рис. 2. Результаты высокотемпературного нагрева сыра Моцарелла, выработанного с использованием в качестве греющих сред водных растворов молочной или лимонной кислот

Fig. 2. Results of high-temperature heating of Mozzarella cheese produced using aqueous solutions of lactic or citric acids as heating media

Таким образом, по совокупности результатов исследований выявлено, что использование в качестве греющей среды слабokonцентрированных водных растворов пищевых кислот (лимонной или молочной кислот) температурой 65–70 °С для проведения термопластификации сырного теста позволяют зафиксировать уровень активной кислотности сыра с величиной рН, достигнутой при чеддеризации, а именно 5,25–5,35 ед. рН, и получить структурно-механические свойства готового продукта, не отличающиеся от сыра Моцарелла, выработанного по классической технологии, со способностью вытягиваться в нить до 40 см, без наличия «блистеров» и горелых пятен, с мягкой консистенцией без затвердевания сыра после остывания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научно обосновано применение слабokonцентрированных водных растворов пищевых кислот (лимонной или молочной кислот) в качестве греющей среды для проведения процесса термопластификации сырного пласта в технологии получения безлактозных сыров Моцарелла с применением в составе бактериальной закваски пропионовокислых бактерий.

Экспериментально подтверждено, что использование в качестве греющей среды слабokonцентрированных водных растворов пищевых кислот (лимонной или молочной кислот) температурой 65–70 °С для проведения термопластификации сырного теста позволяет зафиксировать уровень активной кислотности сыра с величиной рН, достигнутой при чеддеризации, а именно 5,25–5,35 ед. рН, что позволило получить сыр с улучшенными технологическими свойствами при его запекании.

Разработан способ проведения процесса термопластификации безлактозного сырного пласта, полученного с применением совместно с основной заквасочной микрофлорой пропионовокислых микроорганизмов, отличающийся использованием в качестве греющей среды водных растворов пищевых кислот, что позволило улучшить способность сыра выдерживать высокотемпературный нагрев при запекании без образования точек карамелизации молочного сахара и горелых пятен с получением мягкой консистенции после остывания сыра на поверхности блюда.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Данилова, Е. А. Технология производства сыра моцарелла / Е. А. Данилова // Молодежь и наука. – 2021. – №1. – С. 21–25.
- 2 Свириденко, Г. М. Анализ потребительских свойств сыров для HoReCa / Г. М. Свириденко, В. В. Калабушкин // Сыроделие и маслоделие. – 2020. – №. 4. – С. 6–9.
- 3 Сульдина, Т. И. Реакция Майяра в технологическом процессе приготовления пищи / Т. И. Сульдина, Т. Н. Аверьянова // Результаты современных научных исследований. – 2021. – С. 143–147.
- 4 Коростелева, М. М. Влияние продуктов реакции Майяра на иммуногенность пищевых белков, возможности профилактики пищевой сенсibilизации у спортсменов // Медико-биологические и нутрициологические аспекты здоровьесберегающих технологий: материалы II Международной научно-практической конференции (Кемерово, 19 ноября 2021 г.) / отв. ред. В. М. Позняковский, Е. М. Мальцева. – Кемерово: КемГМУ, 2021. – С. 100 – 102.
- 5 Кобелькова, М. С. Прикладные аспекты использования продуктов реакция Майяра при разработке специализированных пищевых продуктов для питания спортсменов / М. С. Кобелькова, М. М. Коростелева, И. В. Кобелькова // Пищевые системы. – 2021. – Т. 4. – №. 3S. – С. 137–141.
- 6 Купцова, О. И. Технология сыра с чеддеризацией и термопластификацией сырной массы с пониженным содержанием лактозы / О. И. Купцова, Е. И. Решетник, А. А. Демьянец // Вестник БГУТ. – 2024. – № 1 (37). – С. 12–22.
- 7 Купцова, О. И. Установление рациональных параметров применения фермента лактазы в технологии сыров типа «Моцарелла» для запекания / О. И. Купцова, А. А. Демьянец // «Пищевая индустрия: инновационные процессы, продукты и технологии»: материалы Международной научно-практической конференции. – Москва: ООО «Сам Полиграфист». – 2024. – С. 233–237.
- 8 Исаева, А. В. Пропионовокислые бактерии и их особенности // Материалы международной научно-практической конференции «Академическая наука в XXI веке: проблемы и перспективы». – Уфа: Международный академический вестник. – 2018. – С. 64–66.
- 9 Кайгородцев, А. В. и др. Метаболический портрет пропионовокислых бактерий // Медикобиологические и нутрициологические аспекты здоровьесберегающих технологий: материалы I Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 42–44.
- 10 de Rezende Rodvalho V. et al. Propionibacterium freudenreichii: General characteristics and probiotic traits //Prebiotics and Probiotics-From Food to Health. – 2021.
- 11 Кленикова, Е. В. Влияние видового состава закваски на качество сыров с чеддеризацией / Е. В. Кленикова // Сыроделие и маслоделие. – 2021. – № 1. – С. 29–30.
- 12 Туганова, А. В. Процесс чеддеризации в сыроделии / А. В. Туганова, И. М. Мироненко // Вестник Алматинского технологического университета. – 2019. – № 4. – С. 28–33.
- 13 Кашина, Е. Д. Чеддеризация сырной массы: основные параметры и физико-химические процессы / Е. Д. Кашина // Сыроделие и маслоделие. – 2017. – № 3. – С. 18–19.
- 14 Димитров, В. Г. Особенности производства сыров типа «Моцарелла» / В. Г. Димитров // Сыроделие и маслоделие. – 2016. – № 2. – С. 34–35.
- 15 Рыболова, Т. И. Моцареллизация всей страны / Т. И. Рыболова // Сыроделие и маслоделие. – 2016. – № 1. – С. 7–13.

Поступила в редакцию 14.06.2025 г.

ОБ АВТОРАХ:

Ольга Ивановна Купцова, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии молока и молочных продуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: ol.skokowa@yandex.by.

Анна Антоновна Демьянец, аспирант кафедры технологии молока и молочных продуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: anan-an@mail.ru.

ABOUT AUTHORS:

Olga I. Kuptsova, PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Milk and Dairy Products, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: ol.skokowa@yandex.by.

Anna A. Demyanets, graduate student of the Department of Milk and Dairy Products Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: anan-an@mail.ru.

УДК 664.6:663.51(476)

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЯЧМЕННОЙ МУКИ

Л. В. Рукшан¹, Л. Н. Евдохова², В. А. Шаршунов³

¹ЗАО «ЭкомолАгро», Республика Беларусь

²Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь, Республика Беларусь

³Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Представлены результаты обзора литературы о способах переработки ячменя в муку. Ряд авторов предлагали использовать такие этапы подготовки ячменя, как многократный пропуск через обоечные машины, увлажнение и отволаживание зерна с использованием пропаривания, вакуума, пульсирующего вакуума, сушки. Из подготовленного тем или иным способом зерна получали односортную муку путем пропуска его через шесть драных и шесть размольных систем. Другие авторы предлагали вначале производить по традиционным технологиям крупу из зерна или хлопья, а только затем получать муку из этих продуктов. Недостатками предлагаемых способов получения ячменной муки является длительность и энергоемкость процессов подготовки зерна и его размола.

Материалы и методы. Объекты исследования – зерно ячменя, продукты переработки зерна, мука. Качество зерна, продуктов его переработки, муки определяли по стандартным методам и методикам.

Результаты. Исследовано изменение показателей качества разных сортов ячменя при гидротермической обработке зерна. Выявлены показатели зерна, определяющие его мукомольные свойства. Исследовано влияние влажности и времени отволаживания ячменя при гидротермической обработке на извлечение продуктов его переработки и выход муки. Выявлены оптимальные режимы гидротермической обработки зерна ячменя. Проведено измельчение зерна и определены извлечение и зольность круподуновых продуктов на трех драных системах. Определено качество сортовой ячменной муки.

Заключение. Установлено, что для получения сортовой ячменной муки возможно использование гидротермической обработки зерна ячменя. Определены оптимальные режимы гидротермической обработки и измельчения зерна ячменя.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ячмень; гидротермическая обработка; измельчение; мука; качество.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Рукшан, Л. В. Ресурсосберегающая технология производства ячменной муки / Л. В. Рукшан, Л. Н. Евдохова, В. А. Шаршунов / Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2025. – № 1 (38). – С. 48–60.

TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF BARLEY FLOUR

L. V. Rukshan¹, L. N. Evdokhova², V. A. Sharshunov³

¹JSC «EcomolAgro», Republic of Belarus

²Mogilev Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Belarus, Republic of Belarus

³Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Republic of Belarus

ABSTRACT

Introduction. The results of a literature review on the methods of processing barley into flour are presented. A number of authors have proposed the use of such stages of barley preparation as repeated passage through the hulling machines, moistening and resting of the grain using steaming, vacuum, pulsating vacuum, drying. From the grain prepared in one way or another, single-grade flour was obtained by passing it through six scouring and six grinding systems. Other authors suggested that grain or flakes should be produced using traditional technologies before flour is obtained from these products. The disadvantages of the proposed methods for obtaining barley flour include the duration and energy consumption of the grain preparation and grinding processes.

Materials and methods. The objects of the study were barley grain, grain processing products, and flour. The quality of grain, grain processing products, and flour was determined using standard methods and techniques.

Results. The change in the quality indicators of different varieties of barley during hydrothermal grain processing was studied. The grain indicators that determine its milling properties were identified. The influence of the moisture content and the time of barley ripening during hydrothermal processing on the extraction of its processing products and the yield of flour was studied. The optimal modes of hydrothermal processing of barley grain were identified. The grain was ground, and the extraction and ash content of coarse-grained products were determined on three mills. The quality of varietal barley flour was determined.

Conclusions. It has been established that hydrothermal treatment of barley grain can be used to produce high-quality barley flour. The optimal modes of hydrothermal treatment and grinding of barley grain have been determined.

KEY WORDS: *barley; hydrothermal treatment; grinding; flour; quality.*

FOR CITATION: Rukshan, L. V. Resource-saving technology for the production of barley flour / L. V. Rukshan, L. N. Evdokhova, V. A. Sharsunov / Bulletin of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2025. – №. 1 (38). – P. 48–60.

ВВЕДЕНИЕ

Для многих слоев населения сейчас создаются различные, так называемые специализированные, продукты питания диетического, профилактического и оздоровительного назначения, в состав которых входит мука. Поэтому в мукомольное производство все шире вовлекается ячмень, в муке из которого содержится 10–11 % протеина, 1,0–1,5 жира, 1,2–2,0 % золы. Мука содержит также большое количество полисахарида β -глюкана, кальция, йода и незаменимых аминокислот (лизина и треонина). В муке имеются также слизи, улучшающие работу желудочно-кишечного тракта.

Существует много способов получения муки. Так, в 1950–1970 гг. предложены схемы получения ячменной муки с выходами 65, 68, 70 и 75 %, включающие такие этапы подготовки зерна ячменя к помолу, как три пропуска через обоечную машину с металлическим цилиндром и два пропуска через машину с наждачным цилиндром. При этом получали муку с зольностью до 1,70 % и крупностью 280–315 мкм путем пропуска зерна через шесть драных и шесть размольных систем. При 87 % помоле получали муку типа обойной (зольность 2,0 %, крупность – 1000–800 мкм) [1–6].

Исследовали также возможность использования 2–12 % зерна ячменя в составе помольной партии пшеницы [7]. Для получения такой смеси применяли предварительное разделение зерна ячменя на фракции по крупности, добавление той или иной фракции к зерну пшеницы. Такую смесь зерна измельчали по схеме помола пшеницы и получали односортовую муку.

Производство ячменной муки, хотя и были предложены разные технологические схемы ее изготовления, в свое время не получило широкого распространения в мукомольной промышленности. Это связано с отсутствием гидротермической обработки (ГТО) ячменя и необходимостью проведения шелушения зерна путем многократного пропуска его через обоечные машины. На I драную систему направлялось уже не исходное зерно ячменя, а пенсак или крупа, что повышало энергоемкость процесса и стоимость муки. Мука имела специфический привкус, а ее зольность отличалась от зольности зерна только на 0,5 % [8–10].

Лишь в середине 90-х годов прошлого столетия российские ученые снова вернулись к проблеме получения ячменной муки, но уже из перловой крупы или хлопьев. Так, авторы [9] предлагали при производстве перловой крупы после предварительного увлажнения ячменя до влажности 20–25 %, последующего пропаривания подсушивать зерно, что позволит обеспечить дифференцированное распределение влаги между ядром (21–22 %) и оболочками (13–14 %), значительно повышая эффективность шелушения ядра с одновременным увеличением выхода крупы на 5–6 % и снижением недодира на 0,2–0,3 %.

Мельников Е. М. и др. [9–11] предложили получать вначале перловую крупу из ячменя, затем хлопья и из них вырабатывать муку. Схема включала такие этапы, как получение и шлифование целой крупы; пропаривание; охлаждение; плющение; сушка и охлаждение хлопьев; размол хлопьев в муку. Выход односортной муки составлял около 95 % от массы размалываемых хлопьев. Частицы муки имели размер не более 250 мкм [2–6; 11–13].

Цыбикова Г. Ц. и др. [12–14] для изменения технологических свойств ячменя использовали влаготепловую обработку (ВТО) зерна (увлажнение, отволаживание и выдерживание в установке для тепловой обработки сыпучих продуктов). Далее зерно измельчали до крупки, из которой путем пропуска через три системы измельчения получали односортную ячменную муку повышенной крупности с выходом 80,4 % по отношению к зерну, поступающему на переработку.

Анисимова Л. В. и др. [15, 16] для получения крупы и муки использовали ГТО ячменя, включающую такие операции, как увлажнение зерна под вакуумом, отволаживание и сушку. Они считали, что это значительно повысит эффективность шелушения зерна и выход конечной продукции. Однако подобные выводы сделаны при исследовании только одного сорта ячменя, выращенного в Алтайском крае, и не найдено других подтверждений использования такого способа получения крупы и муки.

Бузоверов С. Ю. и др. [17] для сокращения технологического цикла производства муки без снижения выходов и ухудшения качества исследовали возможность увеличения степени увлажнения и уменьшения времени отволаживания зерна за счет использования его интенсивного увлажнения. Для этого авторы предложили создавать пульсирующий вакуум и последующее пульсирующее давление в полости увлажняющего шнека.

Однако внедрение таких операций, как увлажнение зерна под вакуумом и пульсирующий вакуум с последующим пульсирующим давлением [17, 19, 20], на существующих мукомольных заводах практически невозможно из-за небольшой производительности и сложности обслуживания предлагаемых конструкций, дороговизны процесса и готовой продукции.

Предложены технологии получения муки из ячменных экструдатов, получаемых из крупы. Для получения крупы зерно ячменя сепарировали, шелушили, шлифовали и дробили [19]. При этом Магомедов Г. О. и др. [20] считали, что использование для экструзии нешелушенного зерна позволит повысить пищевую ценность, а также значительно снизить себестоимость продукта экструдирования.

Однако вышеприведенные способы экструзии ячменя повышают энергозатраты, расходуемые на пропаривание, дробление и измельчение зерна.

Таким образом, вопрос технологии переработки зерна ячменя в муку различного назначения остается открытым. Конкретных научно обоснованных технологических схем подготовки зерна с применением ГТО, ВТО и режимов последующего измельчения ячменя до настоящего времени нет. Отсутствуют также сведения о возможности вовлечения в мукомольное производство зерна пленчатого ячменя белорусской селекции. В то же время в литературе имеются неполные данные о влиянии ГТО ячменя на его мукомольные свойства, о технологии производства ячменной муки различного назначения, а предложенные способы производства ячменной муки отличаются высокой энергоемкостью, приводящей к увеличению стоимости готовой продукции. Поэтому актуальным является сокращение производственного цикла получения муки из зерна ячменя. Выдвинута гипотеза о возможности использования для этой цели технологии гидротермической обработки зерна, которая является традиционной только для зерна пшеницы.

Цель исследований – ресурсосберегающая технология производства ячменной муки.

Научная задача – обоснование технологии гидротермической обработки зерна для ячменя.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являлись зерно ячменя сортов Дзивосны и Гасцинец, промежуточные продукты измельчения зерна, мука. Влажность зерна определяли по ГОСТ 13586.5, стекловидность – по ГОСТ 10987, пленчатость – по ГОСТ 10843, плотность зерновки – по ГОСТ 22163. Содержание белка в зерне определяли по ГОСТ 10846, содержание жира – по ГОСТ 29033, содержание крахмала – по ГОСТ 10845, зольность – по ГОСТ 10847, содержание сахара – по методу Бертрана. Качество ячменной муки определялось по методикам, применяемым для оценки качества пшеничной и ржаной муки. Определение влажности муки определяли по ГОСТ 9404, крупности – по ГОСТ 27560.

Исследования по оптимизации режимов измельчения ячменя проводились на лабораторном вальцевом станке QC-104. Мукомольные свойства ячменя оценивались по лабораторным помолам на мельничной установке МЛУ-202. Изучения изменений технологических свойств ячменя в процессе ГТО проводились по плану полного факторного эксперимента ПФЭ 2². Микроструктуру зерна ячменя определяли с помощью электронного микроскопа марки Jeol JSM-35C (Япония). С помощью программных приложений Statgraphics Plus for Windows и Excel проводилась математическая обработка полученных результатов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенный нами комплексный анализ физических показателей качества ячменя различных сортов белорусской селекции, как сырья для мукомольной промышленности, показал, что зерно исследуемых образцов ячменя достаточно крупное, с высокой натурой и массой 1000 зерен, значения пленчатости находится на среднем уровне [21].

Выявлено, что ячмень можно оценивать подобно зерну пшеницы по стекловидности и имеются сорта ячменя с высокими и низкими значениями стекловидности. Поэтому с учетом данного показателя для исследований выбраны сорта ячменя Дзивосны (19 ± 5 %) и Гасцинец (29 ± 6 %).

Микроструктурный анализ стекловидного и мучнистого зерна ячменя (рисунок 1) позволил обнаружить некоторые различия в микроструктуре.

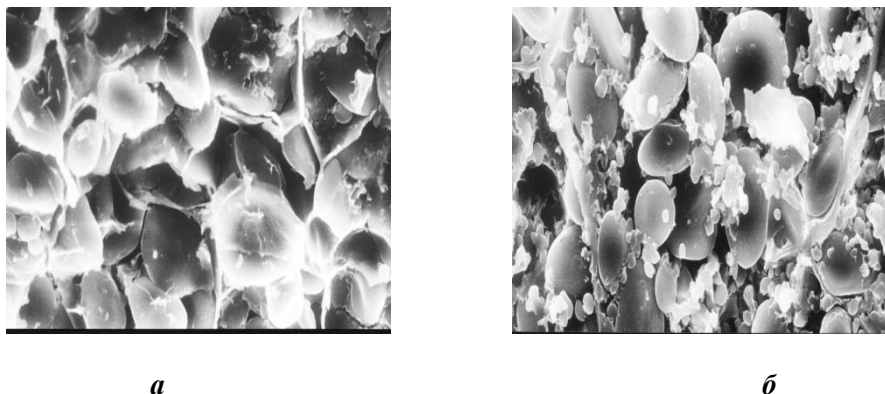


Рис. 1. Микроструктура стекловидного (а) и мучнистого (б) эндосперма (увеличение 300)

Fig. 1. Microstructure of glassy (a) and mealy (b) endosperm (magnification 300)

Эндосперм стекловидного ячменя имеет крахмальные зерна крупнее, а белковая матрица развита лучше, чем у эндосперма мучнистого ячменя, который более рыхлый и содержит больше воздушных полостей. Итак, микроструктура стекловидного и мучнистого ячменя

имеет различные характеристики, и, следовательно, в процессе переработки это зерно будет вести себя различно.

Исследовано влияние гидротермической обработки (влажность – 12,5–15 %, время отволаживания – 1–6 ч) на технологические свойства зерна ячменя. На первом этапе исследований подготовленное соответствующим образом и увлажненное зерно измельчали в лабораторной мельничной установке МЛУ-202. Оценка эффективности процесса определялась следующими показателями: объем зерновки, плотность, влажность зерна, контракция.

Для оценки изменения крупности зерна в процессе ГТО использовался предложенный авторами [22] интегральный показатель крупности (L). Он, по нашему мнению, объективнее отражает изменение линейных размеров при ГТО и упрощает анализ полученных данных.

Геометрическая характеристика зерна при повышении влажности изменяется так, что увеличиваются все его линейные размеры. При этом сначала происходит резкое увеличение значения этих показателей, а затем наблюдается стабилизация значений показателей. Так, замечено, что уже через незначительное время после увлажнения начинает увеличиваться длина зерновки, а прирост ширины и толщины происходит с некоторым запаздыванием.

После 2 ч длина достигает максимальной величины, а затем на протяжении последующих 2-х часов остается постоянной. Для ширины и толщины это также наблюдается, но несколько позже. Суммарный прирост длины составляет 2–3 % от первоначального размера, в то время как ширина возрастает в среднем на 0,24 %, а толщина – на 0,35 %.

На рисунке 2 наглядно видно увеличение интегрального показателя крупности зерна и оптимум при увеличении времени отволаживания в процессе ГТО.

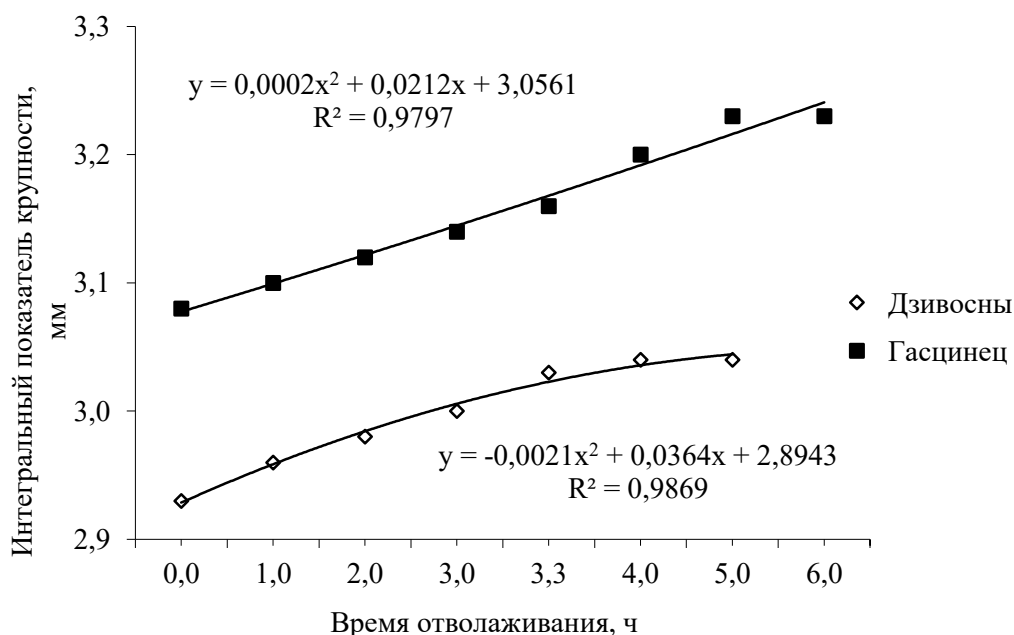


Рис. 2. Изменение интегрального показателя крупности зерна ячменя в процессе ГТО

Fig. 2. Change in the integral indicator of barley grain size during the GTO process

Результаты исследования показывают, что объем зерна увеличивается в большей степени, чем его влажность.

Изменение объема и внешней поверхности у мучнистого зерна выражены меньше, чем у стекловидного (рисунок 3). Для мучнистого зерна оптимум увеличения объема находится в интервале 3–4 ч, а для стекловидного – 4–5 ч.

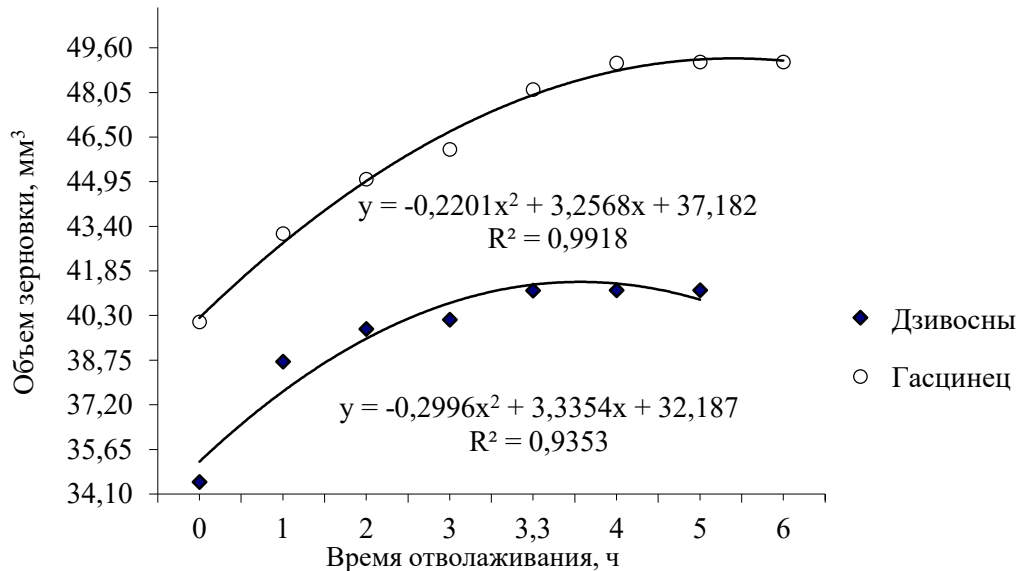


Рис. 3. Изменение объема зерновки ячменя в процессе ГТО

Fig. 3. Change in the volume of barley grains during the GTO process

Установлено, что явление контракции (сжатие системы зерно – вода) характерно для зерна ячменя. Так, менее чем через час контракция становится положительной и остается такой на всем изучаемом промежутке времени (рисунок 4).

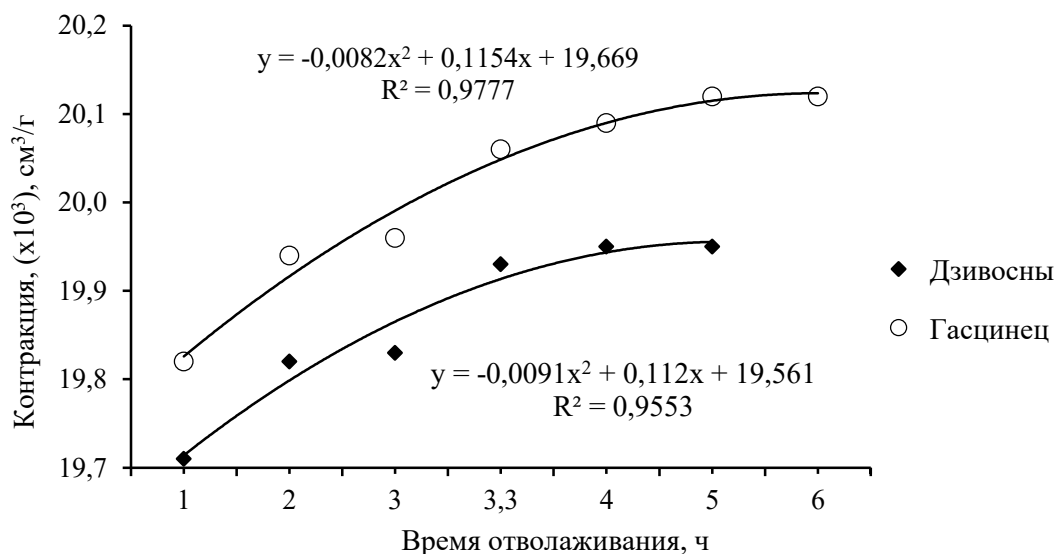


Рис. 4. Изменение контракции зерна ячменя в процессе ГТО

Fig. 4. Changes in barley grain contraction during the GTO process

Характер развития кривых контракции для всех исследуемых образцов ячменя одинаков. Сортные особенности каждого образца оказали влияние только на величину контракции.

Известно, что улучшение мукомольных свойств зерна при ГТО связано с изменением исходных свойств оболочек и эндосперма. Особое значение имеет преобразование структуры эндосперма, его разрыхление – уменьшение плотности (рисунок 5).

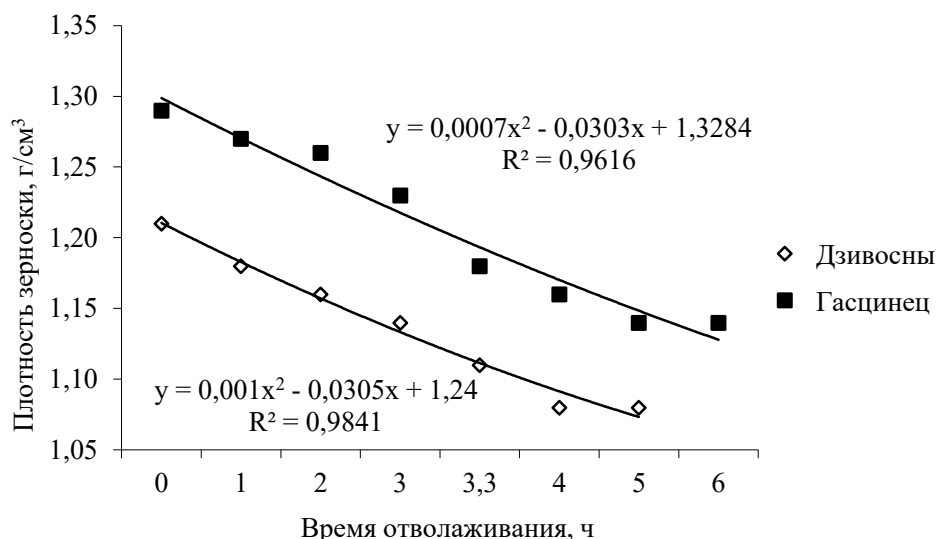


Рис. 5. Изменение плотности зерновки ячменя в процессе ГТО

Fig. 5. Change in the density of barley grains during the GTO process

Резкое изменение плотности ячменя замечено в интервале времени отволаживания 3–3,5 ч для низкостекловидного ячменя и 4–4,5 ч для высокостекловидного ячменя, при приближении влажности зерна к 14,5 %.

Анализ экспериментальных данных показал, что плотность зерна уравнивается примерно при влажности ячменя 14,5–15 %.

Влажность зерна при холодном кондиционировании является одним из определяющих параметров оптимизации технологических свойств зерна.

При лабораторных помолах зерна ячменя лучшие результаты получены при доведении влажности зерна на I драной системе до 14,5 %.

Зависимость общего выхода ячменной муки от влажности зерна на I драной системе представлена на рисунке 6.

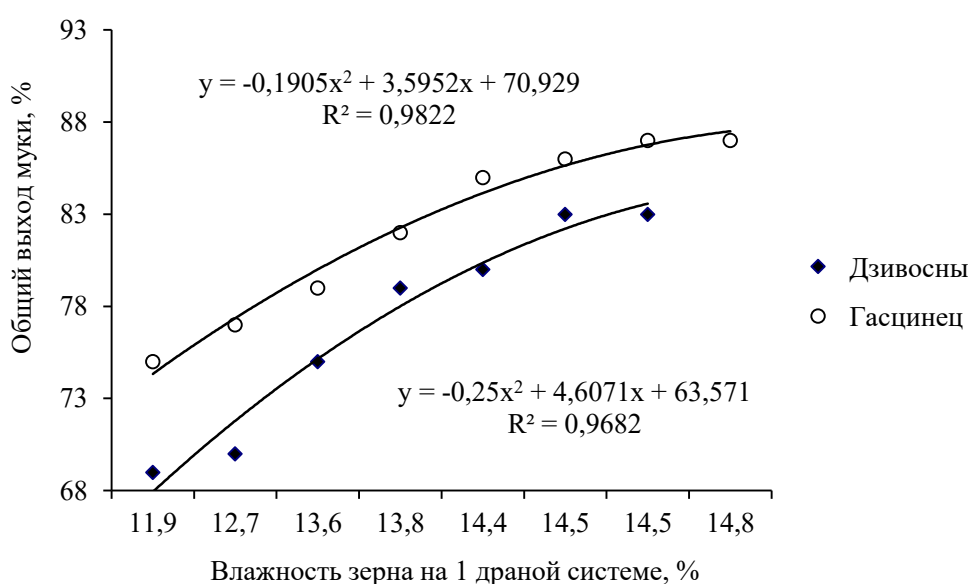


Рис. 6. Зависимость общего выхода ячменной муки от влажности зерна на I драной системе

Fig. 6. Dependence of the total yield of barley flour on grain moisture in the I-threshing system

Полученные в ходе эксперимента данные свидетельствуют о том, что дальнейшее увлажнение зерна нецелесообразно, потому что изменение значений показателей качества, характеризующих эффективность гидротермической обработки, незначительны и практически не оказывают влияния на выход и качество готовой продукции.

Для выбора оптимальных режимов ГТО зерна ячменя использовали полный факторный эксперимент ПФЭ 2ⁿ с применением центрально-композиционного рототабельного планирования.

Составлена матрица ПФЭ 2², в которой в качестве независимых параметров выбраны время отволаживания (τ) и влажность зерна на первой драной системе (w_3), а параметры оптимизации – извлечение (И) и коэффициент К (извлечение/зольность) [23].

Уровни варьирования и центр эксперимента выбраны согласно рекомендациям [24, 25].

Интервал варьирования факторов принят из условия возможной области колебания изучаемых факторов (w_3 – 12–15 %, τ – 3–6 ч). Матрица ПФЭ 2² и извлечения круподунстовых продуктов на первой ($I_{I \text{ др.с.}}$) и второй ($I_{II \text{ др.с.}}$) драных системах приведены в таблице 1.

Проведенный математический анализ позволил получить уравнения зависимости функции отклика от переменных факторов. Все члены уравнения дали значимые эффекты. Уравнения зависимости функции отклика от переменных факторов имели следующий вид:

– при стекловидности ячменя менее 25 % и $r = 0,98$:

$$I = -828,758 + 118,854 w_3 + 37,496 \tau - 3,973 w_3^2 - 2,198 w_3 \tau - 0,985 \tau^2; \quad (1)$$

– при стекловидности ячменя более 25 % и $r = 0,98$:

$$I = -58,481 + 12,591 w_3 + 8,575 \tau - 0,436 w_3^2 - 0,869 \tau^2. \quad (2)$$

Табл. 1. Матрица планирования ГТО ячменя и извлечения круподунстовых продуктов на первой и второй драных системах

Table 1. Planning matrix for GTO barley and extraction of coarse-grained products on the first and second threshing systems

№ опы-та	Факторы				Параметр оптимизации	
	w_3 (влажность, %)		τ (время, ч)		И (извлечение, %)	
	кодированные значения	натуральные значения	кодированные значения	натуральные значения	$I_{I \text{ др.с.}}$	$I_{II \text{ др.с.}}$
1	-1	12,0	-1	3,0	45,6	47,6
2	+1	15,0	-1	3,0	52,4	51,4
3	-1	12,0	+1	6,0	47,8	49,8
4	+1	15,0	+1	6,0	46,0	52,4
5	$-\alpha$	11,4	0	4,5	42,0	49,6
6	$+\alpha$	15,6	0	4,5	47,2	52,0
7	0	13,5	$-\alpha$	2,4	52,1	46,8
8	0	13,5	$+\alpha$	6,6	51,6	50,9
9	0	13,5	0	4,5	53,6	53,0
10	0	13,5	0	4,5	53,6	53,0

На рисунке 7 представлены графики оптимизации результатов опытов, обработанные с использованием программы Statgraf.

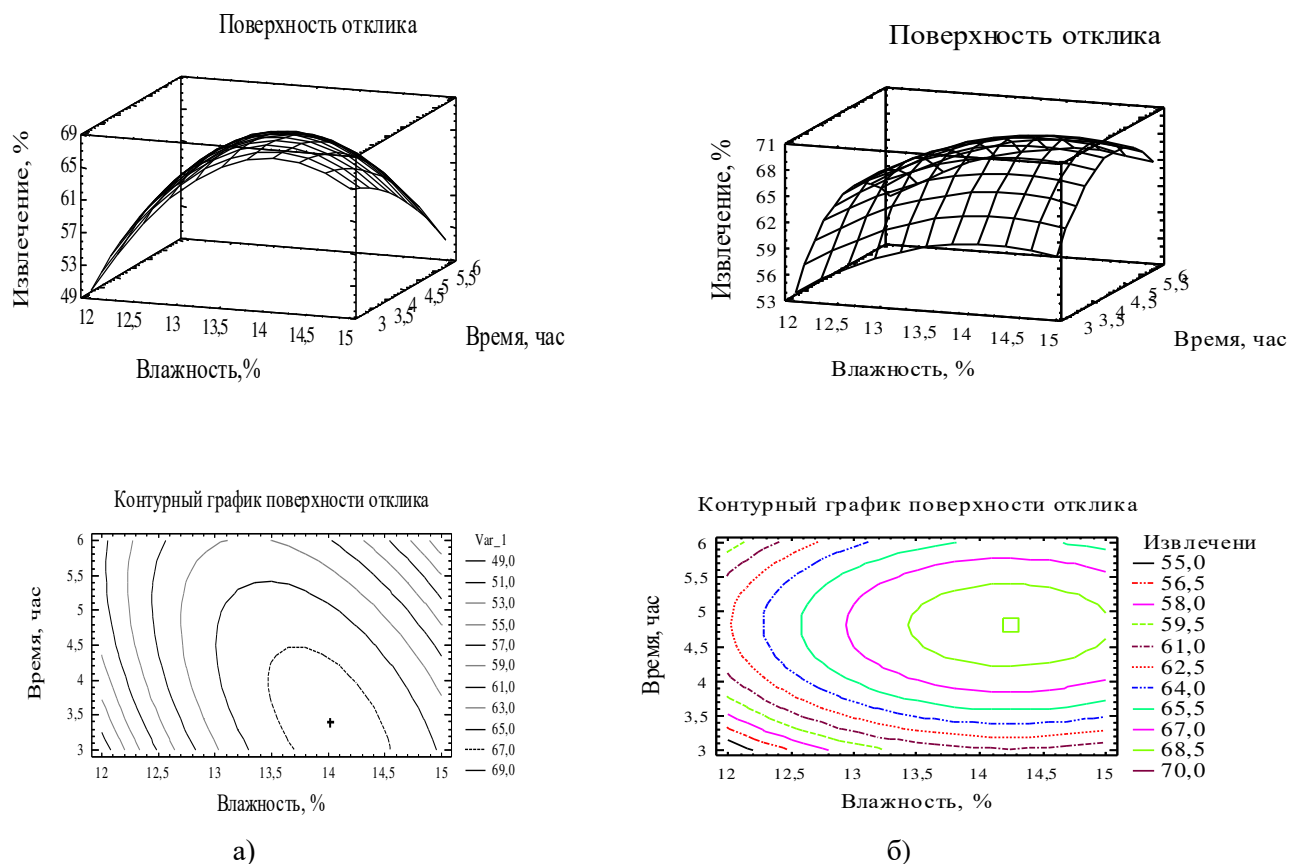


Рис. 7. Оптимизация гидротермической обработки ячменя со стекловидностью менее 25 % (а) и более 25 % (б)

Fig. 7. Optimization of hydrothermal processing of barley with a glassiness of less than 25 % (a) and more than 25 % (b)

Видно, что на трехмерных графиках поверхностей отклика вершины холмов соответствуют влажности зерна 14,0 и 14,5 % и времени отволаживания 3,5 и 4,5 ч соответственно.

Для более детального анализа области глобального максимума на рисунке 7 представлены также контурные графики, где видно, что наибольшее значение коэффициента К (извлечение/зольность) наблюдается при влажности зерна в пределах $(14,25 \pm 0,25)$ % и длительности отволаживания – (4 ± 1) ч.

Таким образом, в первые минуты зерно поглощает (4 ± 1) % вводимой влаги. Затем каждый час, в течение 3-х часов, идет поглощение около 30 % вводимой влаги. После отволаживания, равного 3 ч 20 мин, в течение некоторого периода (в данном эксперименте – 1 ч) влажность ячменя, достигая оптимального значения (14,5 %), остается постоянной либо изменяется незначительно. Подобная тенденция объясняется различным характером структуры эндосперма исследуемых образцов ячменя.

Отмечено, что влажность зерна перед I драной системой зависит от условий и времени отволаживания. Интенсивность проникновения влаги внутрь зерна (гидратации биополимеров) при увеличении длительности процесса ГТО увеличивается до определенного момента.

Анализ экспериментальных данных позволил предложить следующие режимы холодного кондиционирования ячменя: при стекловидности зерна менее 25 % влажность на I драной

системе должна составлять 14,0–14,5 %, длительность отволаживания – 3–4 часа; при стекловидности зерна более 25 % влажность на I драной системе должна составлять 14,5–15,0 %, длительность отволаживания – 4–5 часа.

В связи с отсутствием данных по извлечению и зольности ячменной муки проводили опыты по определению оптимальных режимов измельчения зерна ячменя. Для этого зерно ячменя подвергали гидротермической обработке по режимам, рекомендуемым нами выше. Замечено, что в процессе отволаживания зерна в увлажненном зерне на первом этапе происходит перераспределение влаги. При этом оболочки, несколько подсушиваясь, теряют свою эластичность и, следовательно, в процессе измельчения зерна на вальцовых станках будут дробиться. Для устранения этого процесса авторы [25] рекомендуют зерно перед I драной системой увлажнять на $(0,4 \pm 0,1) \%$ в течение (25 ± 5) мин. Из-за высокой пленчатости зерна ячменя увеличение эластичности пленок играет большую роль при размоле ячменя, поэтому при определении оптимальных режимов ГТО зерна ячменя включено дополнительное отволаживание зерна перед I драной системой. В результате этого вновь добавленная вода увлажняет только оболочки зерна, повышая их эластичность.

Размол зерна ячменя проводился при разных извлечениях круподуновых продуктов на драных системах: на I-й – 25–30 %, II-й – 50–55 % и III-й – 35–40 %. Определялось извлечение круподуновых продуктов и ячменной муки и их зольность на каждой системе помола. Далее оценивалось извлечение и зольность ячменной муки. Составленный количественно-качественный баланс круподуновых продуктов, извлекаемых на I–III драных системах (таблица 2), позволил установить, что общее количество извлеченных на этих системах продуктов составило 80,3 % при средней зольности 1,13 %.

Табл. 2. Количественно-качественный баланс круподуновых продуктов, извлекаемых на I–III драных системах

Table 2. Quantitative and qualitative balance of coarse-grained products extracted from I–III systems

Продукты	Системы процесса помола					
	I драная		II драная		III драная	
	Выход, %	Зольность, %	Выход, %	Зольность, %	Выход, %	Зольность, %
Крупная крупка	3,7	1,39	-	-	-	-
Средняя крупка	5,6	1,21	2,3	1,34	-	-
Мелкая крупка	5,4	0,98	1,4	1,25	0,8	1,38
Дунст	3,3	0,85	1,8	1,19	0,6	1,26
Мука	10,1	0,75	32,2	1,13	13,1	1,20
Итого	28,1	1,02	37,7	1,15	14,5	1,21

В таблице 3 представлены уравнения аппроксимации и коэффициенты корреляционной связи между зольностью (x) и извлечением (Y) ячменной муки на драных системах.

Табл. 3. Влияние величины извлечения на зольность ячменной муки

Table 3. Effect of extraction on the ash content of barley flour

Сорт	Система процесса	Уравнение аппроксимации	Коэффициент корреляции, r
Гасцинец	I др.	$Y = 0,0015x^2 - 0,0764x + 1,8753$	-0,72
	II др.	$Y = 0,0004x^2 - 0,0208x + 1,3628$	-0,79
	III др.	$Y = 0,0009x^2 - 0,0275x + 1,3715$	-0,69
Дзивосны	I др.	$Y = 0,0004x^2 - 0,0342x + 1,6339$	-0,91
	II др.	$Y = 0,0003x^2 - 0,0166x + 1,3459$	-0,92
	III др.	$Y = 0,0005x^2 - 0,0202x + 1,4217$	-0,89

Замечено, что определяющее влияние на извлечение и зольность ячменной муки оказывают сортовые особенности зерна и его стекловидность, а характер изменения всех исследуемых характеристик на I, II и III драных системах одинаков.

Проведен промышленный помол ячменя, в результате которого получено два потока муки с общим выходом 87 %. Выход муки 1-го потока составил 55 %, а 2-го потока – 32 %. Первый поток классифицировали как муку особую, а второй поток, как муку обдирную. Результаты лабораторных и промышленных помолов показали также, что возможно получение мелкодисперсной муки при изменении технологической схемы на этапе сортирования круподуновых продуктов на I и II драных системах. В результате помола зерна ячменя, наряду с особой и обдирной мукой, на I и II драных системах проходом сита получена низкозольная мука, классифицируемая в дальнейшем как кондитерская ячменная мука. Химический состав муки из зерна ячменя представлен в таблице 4.

Табл. 4. Химический состав муки из зерна ячменя

Table 4. Chemical composition of barley flour

Сорт муки	Содержание, %				
	белок	жир	сахара	крахмал	клетчатка
Кондитерская	8,5	1,0	0,7	80,0	0,8
Особая	12,0	1,1	0,9	75,6	1,1
Обдирная	12,8	1,5	1,1	72,7	1,3

На способ получения ячменной муки разных сортов получен патент №16079 Республики Беларусь, предложены технологические схемы и утверждены технологические регламенты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучено влияние гидротермической обработки на зерно ячменя.

Установлено, что зерно ячменя при гидротермической обработке ведет себя аналогично зерну пшеницы и ржи. Выявлено, что кинетика влагопоглощения ячменя при ГТО, как метода увеличения пищевой ценности и выхода муки, зависит от стекловидности зерна.

Установлены оптимальные режимы измельчения зерна ячменя: для I драной системы извлечение – в пределах 10–14 %, для II драной системы – 32–40 %, а для III драной системы – 13–15 %.

На основании анализа результатов исследований рекомендованы оптимальные режимы ГТО и измельчения при помоле зерна ячменя, применение которых позволяет сократить драной процесс и улучшить качество получаемой муки.

Разработаны и утверждены следующие ТНПА: мука хлебопекарная из зерна ячменя, мука кондитерская из зерна ячменя. Получен патент Республики Беларусь на способ получения ячменной муки.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Егоров, Г. А. Технологические свойства зерна. – М.: Агропромиздат, 1985. – 333 с.
- 2 Пищевая ценность крупяных продуктов из ячменя / М. К. Хотетовская, И. М. Скурихин, Е. М. Мельников [и др.] // Изв. вузов. пищ. технол., 1987. – №3. – С. 54.
- 3 Казарьян, Ш. А. Ячмень в мукомольном и хлебопекарном отношении. – М.: Колос, 1965. – 159 с.
- 4 Швецова, И. А. Хранение и переработка зерна крупяных культур: Обзор. информ. / И. А. Швецова, Е. Н. Гаврилова // ЦНИИТЭИ Минзага СССР. – М.: 1972. – № 5. – 25 с.
- 5 Швецова, И. А. Производство муки из зерна и семян крупяных и нетрадиционных культур / И. А. Швецова, Е. Н. Гаврилов, И. В. Кузьменкова // Обзорн. информ. Серия: библиотечка для специалиста мукомольно-крупяной пром-сти. – М.: ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1994. – 55 с.
- 6 Егоров, Г. А. Технология муки и крупы: учебник / Г. А. Егоров, Т. П. Петренко. – М.: Издательский комплекс МГУПП, 1999. – 366 с.
- 7 Богомолов, А. В. Использование муки из зерновых смесей в производстве мучных кондитерских изделий / А. В. Богомолов, Ю. В. Чудик, О. Н. Сафонова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – №2. – С. 34–37.
- 8 Правила организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях. Части 1, 2. – М.: ВНПО «Зернопродукт», 1990, ч. 1 – 81 с., ч. 2 – 97 с.
- 9 Чурусов, К. А. Зависимость эффективности шелушения зерна ячменя от дифференцированного распределения в нем влаги: Обзорн. информ. / К. А. Чурусов, Е. М. Мельников, Н. А. Бушкова // ЦНИИТЭИ Минзага СССР. – М.: 1977. – 83 с.
- 10 Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах. – Минск: ВНПО «Промзернопроект», 2010. – 201 с.
- 11 Мельников, Е. М. Ячменная мука для детского питания / Е. М. Мельников, М. М. Михайлов // Производство муки из зерна и семян крупяных и нетрадиционных культур: тез. докл. юбил. науч. конф., Барнаул, 1995 г./ Барнаульский политех. ин-т. – Барнаул, 1995. – С. 42.
- 12 Цыбикова, Г. Ц. Разработка ресурсосберегающей технологии переработки ячменя для продовольственных целей / Г. Ц. Цыбикова, Т. С. Козлова, Л. В. Сновицкая // Хранение и переработка сельхозсырья, 2003. – № 8. – С. 135–137.
- 13 Сновицкая, Д. В. Технология получения термообработанной ячменной муки / Л. В. Сновицкая, Г. Ц. Цыбикова, Т. С. Козлова // Юбилейная научн. конф., посвященная 80-летию спец-ти «Технология хранения и переработки зерна», 22–23 октября 2002: Сб. ст. – М., МТИПП, 2002. – С. 135–136.
- 14 Федорченко, С. Ф. Изменение свободных липидов перловой крупы при гидротермической обработке ячменя: Обзор. информ. / С. Ф. Федорченко, В. Г. Байков, Н. И. Соседов // ЦНИИТЭИ Минзага СССР. – М., 1973. – 22 с.
- 15 Анисимова, Л. В. Технологические свойства зерна ячменя при переработке в крупу и муку / Л. В. Анисимова, А. А. Выборнов // Ползуновский Вестник, 2013. – №4. – С. 113–155.
- 16 Тырсин, Ю. А. Технология продуктов функционального питания в форме крупяных каш быстрого приготовления с растительными добавками / Ю. А. Тырсин, А. Д. Поверин // Хранение и переработка с.-х. сырья, 2003. – № 4. – С. 69.
- 17 Бузоверов, С. Ю. Влияние степени увлажнения зерна в процессе гидротермической обработки на качество и выход муки / С. Ю. Бузоверов, В. И. Лобанов, Н. С. Протасов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2018. – № 1 (159). – С. 172–176.
- 18 Афанасьев, В. А. Влияние инфракрасного нагрева на микроструктуру зерна ячменя / В. А. Афанасьев, Г. А. Егоров // Тр. ВНИИ КП. 1983, вып. 32. – С. 1–6.
- 19 Тырсин, Ю. А. Технология продуктов функционального питания в форме крупяных каш быстрого приготовления с растительными добавками / Ю. А. Тырсин, А. Д. Поверин // Хранение и переработка с.-х. сырья, 2003. – № 4. – С. 69.
- 20 Магомедов, Г. О. Производство и исследование полуфабрикатов экструдирования из нешелушенных зерновых культур / Г. О. Магомедов, А. Ф. Брехов, А. Я. Олейникова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья, 2003. – № 2. – С. 54–57.
- 21 Бейня, В. А. Государственный реестр сортов. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2021. – 279 с.
- 22 Мухин, С. П. Оценка крупности семян для создания машин сельскохозяйственного комплекса // Зерновые культуры, 1999. – № 4. – С. 8–9.
- 23 Егоров, Г. А. Управление технологическими свойствами зерна. – Воронеж: Воронеж. госуд. ун-тет, 2000. – 348 с.
- 24 Рукшан, Л. В. Взаимодействие воды с зерном / Л. В. Рукшан, О. Д. Рябая, Л. Н. Данилова // Scientific Practical Conference «21th Century Together with Science and Practice» / Scientific Practical Conference Reports. Latvia University of Agriculture, Jelgava, LVA, 2000, С. 9–13.
- 25 Рукшан, Л. В. Эффект гидротермической обработки ячменя / Л. В. Рукшан, Л. Н. Данилова // Современные технологии переработки животноводческого сырья в обеспечении здорового питания: наука, образование и

производство: Материалы науч.-техн. конф., Воронеж, 1–4 октября 2003 г. / Воронежский государственный университет. – Воронеж, 2003. – С. 509–516.

Поступила в редакцию 25.06.2025 г.

ОБ АВТОРАХ:

Людмила Викторовна Рукшан, кандидат технических наук, доцент, научный консультант, ЗАО «ЭкомолАгро», e-mail: rukshanludmila@yandex.by.

Людмила Николаевна Евдохова, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры уголовного процесса и криминалистики, Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь, e-mail: evdokhova@yandex.ru.

Вячеслав Алексеевич Шаршунов, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, профессор кафедры техносферной безопасности и общей физики, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий.

ABOUT AUTHORS:

Lyudmila V. Rukshan, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Scientific Consultant, JSC EcomolAgro, e-mail: rukshanludmila@yandex.by.

Lyudmila N. Evdokhova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Criminal Procedure and Criminalistics, Mogilev Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Belarus, e-mail: evdokhova@yandex.ru.

Vyacheslav A. Sharshunov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of the Republic of Belarus, Professor of the Department of Technosphere Safety and General Physics, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies.

УДК 637.131:637.123

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ МОЛОЗИВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ПАРАМЕТРОВ

Д. С. Лозовская¹, О. В. Дымар²¹Гродненский государственный аграрный университет, Республика Беларусь²Представительство АО «МЕГА» (Чешская Республика), Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Переработка нетрадиционного сырья – актуальное направление в пищевой промышленности. С позиций состава и свойств особую значимость в этом отношении приобретает коровье молозиво. Поэтому вовлечение его в промышленное производство, базирующееся на всестороннем изучении технологических аспектов его переработки, представляет особый научный интерес, что и определило цель исследований. Научная задача – определение параметров технологических операций обработки молозива.

Материалы и методы. Молозиво от коров белорусской черно-пестрой породы, собранное от 1 до 168 часов после отела, обезжиренное молозиво, молозивные сливки, образцы ферментированного различными заквасками молозива. Стандартизированные и общепринятые в молочной промышленности методы исследований.

Результаты. Определены параметры операций термомеханической обработки и ферментирования молозива. Определены технологические особенности повышения термостойкости молозива-сырья в период от 1 до 72 часов после отела.

Заключение. Установлено, что молозиво, собранное от 1 до 24 часов после отела, не обладает термоустойчивостью при температуре свыше 55 °С; от 24 до 72 часов после отела, может быть пастеризовано при температуре (85±1) °С с выдержкой 5 минут при условии добавления солей-стабилизаторов в концентрации 12 мас.% от массовой доли белка в сырье; от 72 до 168 часов после отела может быть пастеризовано при температуре (92±1) °С с выдержкой не менее 20 с или (74±2) °С в течение 20–25 с без использования солей-стабилизаторов. Показано замораживание молозива до достижения температуры минус (16±2) °С и хранение в течение 7 суток, двукратное сепарирование при 45 °С, гомогенизация при температуре (50±2) °С и давлении 13,5–16,0 МПа, ферментирование сырья, полученного в период от 72 до 168 часов после отела, закваской, приготовленной на кефирных грибах, или концентратом бактериальным сухих лактококков и термофильных стрептококков ТВ-МТ. Ультрафильтрация молозива позволяет получить концентрат с повышенной массовой долей белка.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: молозиво; переработка; пастеризация; замораживание; сепарирование; гомогенизация; мембранная обработка; ультрафильтрация; ферментирование; пищевой продукт.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Лозовская, Д. С. Обоснование выбора технологических процессов обработки молозива и определение их параметров / Д. С. Лозовская, О. В. Дымар // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2025. – № 1 (38). – С. 61–75.

JUSTIFICATION FOR THE SELECTION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES FOR COLOSTRUM PROCESSING AND DETERMINATION OF THEIR PARAMETERS

D. S. Lozovskaya¹, O. V. Dymar²¹Grodno State Agrarian University, Republic of Belarus²Representative Office of JSC MEGA (Czech Republic), Republic of Belarus

ABSTRACT

Introduction. Processing of unconventional raw materials is a current trend in the food industry. From the perspective of composition and properties, bovine colostrum is of particular significance in this context.

Therefore, its integration into industrial production, based on comprehensive studies of its technological processing aspects, is of considerable scientific interest, which defines the objective of this research. The scientific task is to determine the technological parameters for colostrum processing.

Materials and methods. The study employed bovine colostrum from cows of the Belarusian black-and-white breed, collected within the period from 1 to 168 hours after calving, skimmed colostrum, colostrum cream, as well as samples of colostrum fermented with various starters. Standardized and widely accepted research methods in the dairy industry were used.

Results. Parameters for thermomechanical processing and fermentation of colostrum have been established. Technological features for increasing the heat stability of colostrum raw material during the period from 1 to 72 hours after calving have been determined.

Conclusions. It has been found that the colostrum collected during the period from 1 to 24 hours after calving does not have heat stability at temperatures above 55 °C; colostrum collected during the period from 24 to 72 hours after calving can be pasteurized at a temperature of (85 ± 1) °C with a holding time of 5 minutes, provided stabilizing salts are added at a concentration of 12 wt.% of the mass fraction of protein in the raw material; colostrum collected during the period from 72 to 168 hours after calving can be pasteurized at a temperature of (92 ± 1) °C with a holding time of at least 20 sec or (74 ± 2) °C for (20–25) sec without the use of stabilizing salts. Freezing of colostrum to a temperature of (16 ± 2) °C and storing it for 7 days, double separation at 45 °C, homogenization at (50 ± 2) °C and a pressure of (13,5–16,0) MPa, as well as fermentation of raw materials obtained during the period from 72 to 168 hours after calving using a starter culture prepared from kefir grains, or a bacterial concentrate of dry *Lactococcus* and *Streptococcus thermophilus* TV-MT were demonstrated. Ultrafiltration of colostrum allows for the production of a concentrate with an increased protein mass fraction of.

KEY WORDS: *bovine colostrum; processing; pasteurization; freezing; separation; homogenization; membrane treatment; ultrafiltration; fermentation; food product.*

FOR CITATION: Lozovskaya, D. S. Justification for the selection of technological processes for colostrum processing and determination of their parameters / D. S. Lozovskaya, O. V. Dymar // Bulletin of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2025. – № 1 (38). – P. 61–75.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из главных задач, обеспечивающих продвижение позиций любого предприятия на рынке, является разработка и постановка на производство новых видов продукции, которые соответствует современным направлениям в развитии продовольственного сегмента. Стремление потребителей к приобретению экологически чистых, произведенных из натурального, не подвергнутого консервированию химическими веществами сырья, продуктов обуславливает актуальность поиска для современной пищевой, в частности молокоперерабатывающей, отрасли новых видов сырьевых ресурсов повышенной пищевой и биологической ценности [1]. В данном отношении особый интерес может представлять коровье молозиво.

Коровье молозиво представляет собой многокомпонентную, полифункциональную субстанцию, в которой содержатся ценные биологически активные вещества: интерферон, иммуноглобулины, полипептид с высоким содержанием пролина, регулирующий иммунную систему, инсулиноподобный гормон, фактор, замедляющий старение, вещества с кортизоноподобными свойствами, ростовой фактор, ферменты, липиды, олиго- и полисахариды. Молозиво также обладает сильным бактерицидным действием, так как содержит лизоцим (в среднем 0,13 мг/мл) – вещество, способное растворять оболочки микроорганизмов, функционально активные лейкоциты и лимфоциты [2–12]. Анализ данных исследований влияния молозива на организм человека позволяет сделать вывод, что введение его в рацион питания обеспечивает получение целого ряда положительных физиологических воздействий на организм [13–18].

Исследования в области изучения возможности технологической переработки молозива были начаты достаточно давно. В 1940 году Е. Д. Коссов разработал способ получения масла

из молозива, в 1946 г. Абросимовой С. В. и Вышемирским Ф. А. запатентована технология получения сливочного масла на основе молозивной плазмы [19, 20]. Технология производства колострального масла также предложена Е. Ю. Осипенко из Дальневосточного государственного аграрного университета [21]. В 1997 г. Крашенининым П. Ф. и Зиматовой В. П. из «Научно-исследовательского института детского питания» запатентована технология производства сухого молозива как добавки при производстве специализированных молочных продуктов [22]. В 1999 г. А. П. Хачатрян, П. Г. Геворгян, Г. Дж. Мартиросян, Г. Я. Минасян, Р. Г. Хачатрян предложили способ производства зернистой икры, в качестве основы, для производства которой могут использоваться: соевое молоко или молозиво млекопитающих, или смесь соевого молока и молозива млекопитающих [23]. Российскими учеными Глаголевой Л. Э., Черемушкиной И. В., Родионовой Н. С. запатентована технология получения соуса на основе белкового концентрата молозива, который может быть использован при производстве функциональных продуктов, предназначенных для диетического питания. В 2021 г. группа российских ученых (С. А. Леонтьева, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова, В. А. Лазарев) разработала технологию производства сухого молозива с высоким содержанием иммуномодулирующих веществ и молозивного масла с высоким содержанием жира [24]. Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что предложенные технологические подходы к переработке молозива весьма устарели и охватывают лишь отдельные пищевые продукты на его основе. Данные по производству ферментированных продуктов непосредственного потребления в открытой печати отсутствуют вовсе.

Необходимо отметить, что в настоящее время фокус промышленной переработки молозива ориентирован в основном на производство сухих концентратов и пищевых обогащающих добавок, полученных путем его высушивания. На российском рынке продается сухое капсулированное молозиво «Колострум», выпускаемое компанией «Биакон», концентрат сывороточных белков с внесением молозива и его фракций, а также TSF молозиво, представляющее собой концентрат компонентов, выполняющих регуляторные функции и тому подобное [24]. Польская компания Foodcom S. A. разработала и внедрила в производство порошок коровьего молозива, который можно добавлять в спортивное и специальное питание, а также в диетические добавки для улучшения состава [25]. Компании Symbiotics, California Gold Nutrition, Now Foods, Chidlife, NutriCare International, Nature's Sunshine Products, США выпускают различные вариации молозивных биологических активных добавок (в форме капсул, смесей с сухими пробиотиками, жевательных таблеток, концентрированного жидкого молозива) [24]. Таким образом, можно сделать вывод, что промышленное производство продуктов непосредственного потребления из молозива как в Беларуси, так и за рубежом не освоено, причиной чему является отсутствие объективных данных о составе и свойствах данного вида сырья, регламентированных требований к нему и обоснованных технологических параметров операций его обработки.

В связи с этим, а также исходя из уникального состава молозива и его доказанного положительного физиологического эффекта на организм человека, существует объективная необходимость его дальнейшего исследования как сырья для технологической переработки и разработки технологий производства на его основе продуктов непосредственного потребления повышенной пищевой и биологической ценности, в частности, ферментированных напитков и продукта пищевого по технологии мягкого сыра. Переработка молозива и использование его биологически активных компонентов позволят дать новый виток в развитии технологии пищевых продуктов нового поколения.

Исходя из вышеизложенного, целью исследований явилась разработка технологии переработки молозива в пищевые продукты. Вместе с тем, в молозивный период коровье молозиво приобретает совершенно иные физико-химические свойства, связанные, в первую

очередь, с резким изменением его химического состава, что делает невозможным применение для его переработки стандартных технологических режимов, применяемых в молочной промышленности.

Научная задача – определение и обоснование технологических операций обработки молозива, обеспечивающих получение из него пищевых продуктов: замораживание, пастеризация, сепарирование, гомогенизация, ферментирование, ультрафильтрация.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследований явились следующие группы образцов:

- при изучении особенностей термической обработки образцы молозива, полученные от коров белорусской черно-пестрой породы УО СПК «Путришки» спустя 1; 4; 8; 12; 24; 48; 72; 96; 120; 144; 168 часов после отела; в качестве контрольного образца в серии экспериментов использовано цельное коровье молоко высшего сорта;
- при изучении особенностей центробежного разделения (сепарирования) образцы сборного молозива, полученные от коров белорусской черно-пестрой породы УО СПК «Путришки», а также полученные фракции – обезжиренное молозиво и молозивные сливки;
- при изучении особенностей механической обработки – гомогенизации – образцы сборного молозива, полученные от коров белорусской черно-пестрой породы УО СПК «Путришки», а также полученные прогомогенизированные фракции;
- при изучении особенностей ферментирования ферментированные образцы, полученные из молозива, собранного от коров белорусской черно-пестрой породы УО СПК «Путришки» спустя 24; 48; 72; 96; 120; 144; 168 часов после отела; в качестве контрольного образца в серии экспериментов использовано цельное коровье молоко высшего сорта;
- при изучении мембранной обработки молозива (ультрафильтрации) образцы сборного молозива, полученные от коров белорусской черно-пестрой породы УО СПК «Путришки» в период от 1 до 72 часов после отела, а также полученные при разделении фракции.

В ходе определения параметров тепловой обработки регистрировались температуры начала коагуляции (свертывания молозива, образования единичных крупинок белка) и массовой коагуляции. В исследуемых пробах были определены следующие показатели: титруемая кислотность, °Т – по ГОСТ 3624; активная кислотность (рН) – по ГОСТ 26781-85; массовая доля жира, % – по ГОСТ 5867-90, п. 2; массовая доля общего белка, % – согласно СТБ ISO 8968-1-2008; плотность, г/см³ – по ГОСТ 3625-84.

Эффективность пастеризации в пробах, выдержавших температурное воздействие (≥ 85 °С в течение ≥ 5 мин), определялась по пробе на пероксидазу и лактоальбуминовой пробе – по ГОСТ 3623-73, микробиологическая безопасность – по отсутствию бактерий группы кишечной палочки – по ГОСТ 32901-2014, а также по фактическому количеству дрожжей и плесневых грибов в термически обработанных образцах – по ГОСТ 10444.12-2013.

Исследование возможности стабилизации солевого равновесия молозива проводилось с использованием солей-стабилизаторов – калия фосфорнокислого и натрия лимоннокислого, а также их смеси (каждой солью в отдельности и смесью указанных солей).

Определение оптимальных режимов процесса сепарирования молозива проводилось путем его центробежного разделения на сепараторе марки «Мотор-СИЧ-100» при заданных значениях температуры, которая определялась с использованием портативного электронного термометра Checktemp Hanna (производство США) с точностью измерения $\pm 0,2$ °С. В исследуемых пробах и полученных фракциях на протяжении всего периода исследований определялись следующие показатели: титруемая кислотность, °Т – по ГОСТ 3624; активная кислотность (рН) – по ГОСТ 26781-85; массовая доля сухих веществ, % – по ГОСТ 3626-76, п. 3; массовая доля жира, % – по ГОСТ 5867-90, п. 2; массовая доля лактозы, % – по МВИ.МН 4475-2012; массовая доля общего белка, % – согласно СТБ ISO 8968-1-2008; массовая доля сывороточных белков, % – по ГОСТ Р 54756-2011.

Установление оптимальных параметров (температура и давление) процесса гомогенизации молозива проводили путем определения эффективности гомогенизации исследуемых обработанных на гомогенизаторе марки «FBI» (Италия) проб методом отстаивания жира. Количество свободного жира и эффективность гомогенизации молозива определяли методом отстаивания жира, сущность которого заключается в выдерживании гомогенизированных образцов объемом 250 см³ в течение 48 часов при температуре 6–8 °С. По истечении указанного времени содержимое цилиндра разделяется на два слоя и в каждом из них определяется массовая доля жира, после чего рассчитывается степень отстаивания жира (С), в %, по формуле (1):

$$C = \frac{Ж_в - Ж_н}{Ж_в} \cdot 100, \quad (1)$$

где $Ж_в$ – массовая доля жира в верхнем слое эмульсии, %;
 $Ж_н$ – массовая доля жира в нижнем слое эмульсии, %.

Разница между содержанием жира в верхнем и нижнем слоях не должна превышать 10 %, при этом чем она больше, тем ниже эффективность гомогенизации. Также не должно быть видимого слоя отстоявшихся сливок [26].

Изучение особенностей ультрафильтрации молозива проводилось на установке Я23-ОУФ (производство Республики Беларусь). Расчет фактора концентрирования (f_k) проводился с использованием формулы (2):

$$f_k = \frac{C_{к.исх.с.}}{C_{к.к.}}, \quad (2)$$

где $C_{к.исх.с.}$ – концентрация (содержание) компонента в исходном сырье, % (кг);
 $C_{к.к.}$ – концентрация (содержание) компонента в концентрате, % (кг).

Методика исследования особенностей ферментирования молозива заключалась в том, что отобранные опытные образцы последовательно заквашивались следующими видами бактериальных концентратов и заквасок сухих концентрированных производства РУП «Институт мясо-молочной промышленности», а также закваской, приготовленной на кефирных грибах производства ОАО «Молочный мир»:

- закваска сухая концентрированная термофильного стрептококка и болгарской палочки ТЛББв;
- концентрат бактериальный сухой лактококков и термофильных стрептококков ТВ-МТ;
- закваска сухая для йогурта;
- закваска сухая концентрированная лактококков ТВ-М;
- закваска, приготовленная на кефирных грибах.

Для ферментации использовался термостатный способ производства, который заключается в сквашивании сырья в потребительской таре [27]. В лабораторных условиях ферментация проводилась в хладотермостате воздушном марки ХТ-3/70-2 (УО «Гродненский государственный аграрный университет», производство Республики Беларусь).

Ферментирование образцов проводилось при следующих температурных режимах:

- молозиво с закваской, приготовленной на кефирных грибах – +30 °С;
- молозиво с концентратом бактериальным сухим «Пробилакт 2», закваской сухой концентрированной термофильного стрептококка и болгарской палочки ТЛББв, концентратом бактериальным сухим лактококков и термофильных стрептококков ТВ-МТ, с закваской сухой для йогурта – +40 °С.

По окончании ферментирования в образцах регистрировались следующие показатели: продолжительность сквашивания, час – с использованием механических часов; титруемая кислотность ($^{\circ}\text{T}$) – по ГОСТ 3624-92; активная кислотность (pH) – по ГОСТ 26781-85.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования динамики термоустойчивости и сопутствующих ей физико-химических показателей молозива приведены в таблице 1.

Анализ данных (таблицы 1) показывает, что образцы молозива, собранные в период от 1 до 24 часов после отела, начинают коагулировать в температурном интервале от $(58,33 \pm 3,76)^{\circ}\text{C}$ до $(65,84 \pm 1,48)^{\circ}\text{C}$, т.е. не являются термоустойчивыми при температурном воздействии свыше $(55 \pm 1)^{\circ}\text{C}$. Это обусловлено повышенной массовой долей белков в молозиве этого периода, а именно термолабильных сывороточных фракций. Установлена зависимость между концентрацией белков в молозиве и температурой коагуляции: чем выше массовая доля белка, тем ниже порог коагуляции.

В образцах, отобранных спустя 24 часа после отела, наблюдается постепенный рост температурного порога массовой коагуляции (свыше 75°T), и уже в пробах, полученных через 72 часа после отела, данный показатель практически соответствует таковому в зрелом молоке и составляет $(92,67 \pm 2,33)^{\circ}\text{C}$. При этом в 72-часовых пробах не наблюдалось массовой коагуляции белков в виде образования желеобразного сгустка, как в образцах, собранных в период до 72 часов, а лишь было отмечено незначительного загустевание структуры.

Молозиво, полученное через 96–168 часов после отела, выдерживает термическую обработку свыше 95°C в течение более 5 мин без видимых изменений консистенции. Пробы на эффективность пастеризации показывают, что указанный режим достаточен для получения пастеризованного продукта.

Исследования образцов молозива (от 72 до 168 часов после отела), выдержавших тепловое воздействие, на наличие БГКП показали, что бактерии данной группы в пробах выявлены не были, о чем свидетельствует отсутствие газообразования на среде Кесслер, и может указывать на безопасность образцов. На среде Сабуро не было отмечено роста колоний плесневых грибов и дрожжей. Дополнительные микробиологические исследования образцов, пропастеризованных при температуре $(74 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ в течение 20–25 с, также подтверждают их микробиологическую безопасность, что позволяет рекомендовать данный режим для термической обработки данной группы молозива.

Таким образом, установлено, что для группы молозива, полученной в период от 72 до 168 часов после отела, выдерживающей температурное воздействие $\geq 85^{\circ}\text{C}$ в течение ≥ 5 мин, при данном режиме, а также при режиме $(74 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ в течение 20–25 с, достигаются микробиологические показатели безопасности и установлена эффективность пастеризации по пробе на пероксидазу и лактоальбуминовой пробе. Соответственно, могут быть установлены допустимые параметры пастеризации этой группы – $(92 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ с выдержкой не менее 20 с или $(74 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ в течение 20–25 с.

Образцы молозива, собранные в период с 1 до 72 часов после отела и не выдержавшие указанного температурного воздействия, были подвергнуты стабилизации с помощью солей-стабилизаторов – калия фосфорнокислого (K_2HPO_4) и натрия лимоннокислого ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$). Обработка проводилась каждой солью в отдельности и их смесью (в соотношении 1:1), после чего была проведена их термическая обработка, согласно описанным выше режимам.

В молозиво, полученное в течение 1, 4, 8 и 12 часов после отела, последовательно введены указанные выше соли-стабилизаторы в концентрациях 5,5; 12,0; 17,0; 22,0 мас.% к содержанию белка. Видимый результат показало внесение в молозиво, собранное спустя 1 час после отела, солей в количестве 22 мас.% – порог начала коагуляции при нагревании увеличился с $(58,33 \pm 3,76)^{\circ}\text{C}$ до $(71,3 \pm 2,25)^{\circ}\text{C}$, однако температурное воздействие свыше

75 °С данная группа образцов не выдержала. Введение большей концентрации солей считаем нецелесообразным, так как применение солей-стабилизаторов в количестве более 22 мас.% к содержанию белка в молозиве увеличивает долю натрия, что приводит к его избытку при использовании в производстве пищевых продуктов [22].

Табл. 1. Динамика физико-химических показателей и термоустойчивости молозива в течение начального периода лактации

Table 1. Dynamics of physicochemical parameters and heat stability of bovine colostrum during the initial period of lactation

Наименование показателя	Значение показателя											Контрольный образец
	время после отела, ч											
	1	4	8	12	24	48	72	96	120	144	168	
Массовая доля жира, %	7,42± 0,48	6,96± 0,69	6,21± 0,58	5,47± 0,21	5,35± 1,29	4,93± 0,13	4,52± 0,79	3,67± 0,14	3,65± 0,84	3,86± 0,16	3,71± 0,22	3,54± 0,92
Массовая доля белка, %	18,95 ±0,74	14,92 ±0,34	11,08 ±0,39	8,86± 0,52	6,17± 0,49	4,88± 0,28	4,72± 0,54	4,69± 0,87	4,42± 0,63	4,39± 0,78	4,02± 1,21	3,29± 0,46
Кислотность, °Т	58,61 ±0,79	52,15 ±3,23	47,23 ±2,17	43,68 ±1,44	41,67 ±1,69	33,71 ±1,27	24,3± 1,21	22,46 ±0,88	21,00 ±0,54	20,38 ±0,63	18,84 ±0,76	17,95 ±0,85
рН	6,16± 0,09	6,13± 0,03	6,21± 0,02	6,26± 0,02	6,28± 0,03	6,41± 0,03	6,31± 0,07	6,50± 0,04	6,53± 0,06	6,66± 0,05	6,71± 0,04	6,79± 0,04
Плотность, г/см ³	1,054 ±0,32	1,050 ±0,42	1,046 ±0,33	1,039 ±0,07	1,036 ±0,06	1,030 ±0,02	1,029 ±0,07	1,027 ±0,06	1,029 ±0,07	1,028 ±0,06	1,028 ±0,05	1028,0 ±0,03
Температура начала коагуляции, °С	58,33 ±3,76	58,46 ±2,98	62,13 ±3,21	65,84 ±1,48	72,67 ±2,33	72,73 ±0,58	91,00 ±4,0	отсутствие коагуляции белков				
Температура массовой коагуляции, °С	65,33 ±1,45	66,15 ±1,87	69,54 ±2,04	73,04 ±0,98	76,67 ±2,27	77,33 ±0,33	92,67 ±2,33	>95,0 0	>95,0 0	>95,0 0	>95,0 0	>95,0 0
Время выдержки, мин.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	≥5,00	≥5,00	≥5,00	≥5,00	≥5,00	≥5,00
Проба на пероксидазу	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Лактоальбу- миновая проба	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+

Примечание. – «+» – пастеризация эффективна; «-» – не выдержало нагревания свыше 85 °С.

Аналогичные результаты были получены при стабилизации образцов, собранных через 4; 8; 12 часов после отела.

При стабилизации образцов, полученных спустя 24 часа после отела, указанными солями в концентрации 5,5 мас.% были получены следующие результаты: нагревание до 68 °С в течение 5 мин – нет видимых изменений; 75 °С в течение 1 мин – образование единичных крупинок белка; 76–79 °С – нарастание количества крупинок белка, сопровождающееся их агрегацией; 80 °С в течение 2 мин – массовая коагуляция. Обработка указанной

концентрацией солей молозива, собранного спустя 48 часов после отела, и последующее его нагревание привели к массовой коагуляции белка при температуре $(81,5 \pm 2,48)^\circ\text{C}$.

После внесения в молозиво, полученное спустя 24 и 48 часов после отела, каждой из солей и их смеси (в соотношении 1:1) в концентрации 12 мас.%. были получены следующие результаты: нагревание в диапазоне от 65 до 85 $^\circ\text{C}$ привело к незначительному загустеванию без образования видимых хлопьев; выдержка при 85 $^\circ\text{C}$ в течение 5 минут не привела к массовой коагуляции, однако структура обоих опытных образцов была несколько более вязкой в сравнении с исходным молозивом. Микробиологические исследования указанных образцов подтвердили их безопасность, а проба на пероксидазу и лактоальбуминовая проба – эффективность процесса пастеризации при данном режиме термической обработки. В связи с этим дальнейшее увеличение концентрации солей не является целесообразным. Таким образом, установлена оптимальная эффективная для термостабилизации молозива, собранного в период от 24 до 72 часов после отела, концентрация солей, составляющая 12 мас. % от массовой доли белка в молозиве.

Рациональным способом пролонгированного хранения молозива является замораживание [11–13].

Отобранные образцы молозива, которые ранее были исследованы по показателю термоустойчивости, были заморожены до достижения ими температуры минус $(16 \pm 2)^\circ\text{C}$ и хранились при указанном режиме на протяжении семи дней.

Размораживание осуществлялось согласно методике дефростации, заключающейся в постепенном нагреве опытных образцов на водяной бане до температуры не выше плюс 50 $^\circ\text{C}$, при которой максимально сохраняются термочувствительные белки иммуноглобулина. По окончании процесса исследуемые образцы были подвергнуты тепловой обработке путём постепенного нагрева.

Анализ полученных данных дает основания сделать вывод, что температура массовой коагуляции в предварительно замороженных образцах молозива практически полностью соответствует таковой в незамороженных. При этом наблюдается незначительный рост данного показателя у замороженных образцов: так, температура коагуляции замороженного молозива, полученного в течение 1 часа после отела, составила 66,8 $^\circ\text{C}$ против 65,3 $^\circ\text{C}$ в сыром молозиве.

Образцы, полученные спустя 96–168 часов после отела, как замороженные, так и сырые, выдерживали температурную обработку свыше 85 $^\circ\text{C}$ в течение ≥ 5 мин. Лактоальбуминовая проба и проба на пероксидазу подтвердили эффективность пастеризации замороженных образцов, а отсутствие газообразования на среде Кесслер подтверждает их микробиологическую безопасность. На среде Сабуро не было отмечено роста колоний плесневых грибов и дрожжей.

Таким образом, можно сделать вывод, что низкотемпературная обработка молозива замораживанием значительно не влияет на его термоустойчивость после разморозки, а даже способствует незначительному росту температуры коагуляции. Поэтому замораживание молозива-сырья может быть использовано для накопления достаточных его объемов для последующей выработки партии продукции на его основе.

В ходе изучения режимных параметров центробежного разделения на обезжиренную и жировую фракции было проанализировано влияние температуры на эффективность обезжиривания молозива. Образцы сборного молозива, полученного в период с 1 до 168 часов после отела, были просепарированы при следующих температурных режимах: 35; 45; 55 $^\circ\text{C}$. В образцах исходного сырья и полученных фракциях были определены массовые доли сухих веществ, жира, общего белка, сывороточных белков, казеина, лактозы, а также показатели титруемой и активной кислотностей (таблица 2).

Табл. 2. Физико-химические показатели исследуемых образцов до и после первого сепарирования
Table 2. Physicochemical parameters of the studied samples before and after the first separation

Наименование показателей	Физико-химические показатели при температуре обработки						
	молозиво сборное (1–168 ч)	сливки молозивные			обезжиренная фракция		
		35 °C	45 °C	55 °C	35 °C	45 °C	55 °C
Массовая доля сухих веществ, %	18,64 ±0,17	34,89 ±0,43	38,41 ±0,64	39,08 ±0,38	15,22 ±0,17	14,88 ±0,05	14,81 ±0,04
Массовая доля общего белка, %	8,76 ±0,01	6,89 ±0,08	6,53 ±0,06	6,28 ±0,08	9,21 ±0,04	9,36 ±0,05	9,32 ±0,06
Массовая доля сывороточных белков, %	3,58 ±0,04	2,59 ±0,03	2,42 ±0,04	2,38 ±0,02	3,82 ±0,04	3,93 ±0,02	3,91 ±0,03
Массовая доля лактозы, %	2,35 ±0,20	1,60 ±0,21	1,56 ±0,18	1,49 ±0,26	2,52 ±0,2	2,56 ±0,13	2,61 ±0,4
Массовая доля жира, %	5,21 ±0,33	24,0 ±0,52	28,5 ±0,34	30,0 ±0,48	1,33 ±0,06	0,76 ±0,05	0,68 ±0,04
Кислотность, °Т	27,5 ±1,04	25,67 ±0,33	23,52 ±0,27	21,74 ±0,38	32,87 ±0,59	35,28 ±0,16	36,03 ±0,11
Активная кислотность, ед. рН	6,55 ±0,07	6,30 ±0,02	6,57 ±0,04	6,87 ±0,01	6,34 ±0,01	6,28 ±0,02	6,19 ±0,02

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при исследуемых тепловых режимах сепарирования в ходе однократного проведения процесса добиться удовлетворительного обезжиривания не удастся. При температуре 35 °C остаточная массовая доля жира в обезжиренной фракции составила (1,33±0,06) %, при 45 °C – (0,76±0,05) %, при 55 °C – (0,68±0,04) %. Такие высокие значения обусловлены повышенной массовой долей белка и жира в исходном сырье, что затрудняет процесс центробежного разделения. Вместе с тем, повышенная массовая доля жира в обезжиренной фракции обуславливает большие производственные потери жира, а также делает невозможным ее дальнейшую мембранную обработку. По этой причине полученные образцы обезжиренного молозива были повторно подвергнуты сепарированию.

Результаты анализов показали, что повторное сепарирование молозива при 35 °C позволило достичь остаточной массовой доли жира в (0,52±0,051) %, при 45 °C и 55 °C наблюдалось существенное снижение жира в обезжиренной фракции: (0,09±0,068) % и (0,06±0,047) %. Однако вторичное сепарирование при 55 °C сопровождалось излишним вспениванием обезжиренной и жировой фракций, что в значительной степени затрудняет их дальнейшую технологическую обработку.

Таким образом, установлено, что для сепарирования молозива целесообразно применять двукратную центробежную обработку при 45 °C. Дальнейшее увеличение температуры считаем возможным только в случае отсутствия вспенивания, наличие которого в нашем случае может быть объяснено несовершенством конструкции лабораторного сепаратора, а также повышенной массовой долей белка.

Результаты изучения особенностей гомогенизации молозива позволили построить графическую зависимость показателя эффективности гомогенизации от температуры и давления, что отражено на рисунке 1.

Данные, приведенные на рисунке 1, показывают, что получение стабильной в течение 48 часов и более жировой фазы с эффективностью гомогенизации 9,4 и 9,6 % (при требуемой не более 10 %) обеспечивается при температуре 50 °C и давлении соответственно 13,5 и 16 МПа, что также отчетливо видно на диаграмме – черная область, расположенная ниже остальных за границей в 10 %. При более высоких и низких значениях параметров процесса

эффективность гомогенизации значительно превышает установленную норму. Наилучшие результаты, наиболее приближенные к норме, обеспечивает температура 50 °С, что позволяет установить для нее неширокий диапазон варьирования ± 2 °С. Для показателя давления гомогенизации наиболее рациональным является установление допустимого интервала – 13,5–16,0 МПа.

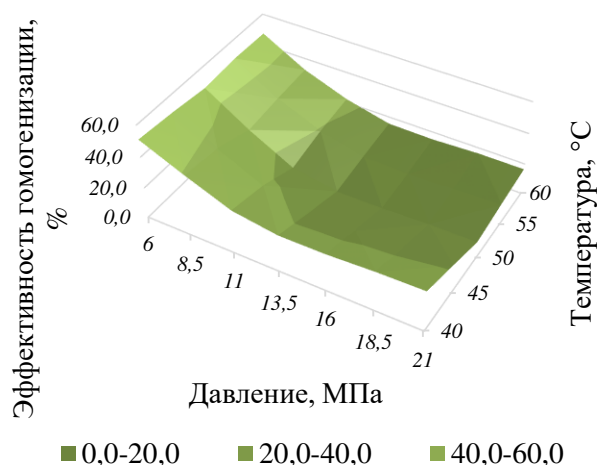


Рис 1. Зависимость показателя эффективности гомогенизации молозива от температуры и давления

Fig. 1. Dependence of the efficiency index of colostrum homogenization on temperature and pressure

При изучении особенностей мембранной обработки молозива предварительно исходное сборное сырье подвергли сепарированию с целью предупреждения снижения скорости фильтрации по причине накопления жировой фазы на поверхности мембран. Обезжиривание проводилось с использованием ранее установленных режимов сепарирования (двукратное сепарирование при температуре 45 °С). В начале исследований и по завершении процесса осуществили определение масс и основных физико-химических показателей исходного сырья и продуктов фильтрации, отражающих сущность концентрирования, которые приведены в таблице 3. Анализ полученных данных показывает, что процесс ультрафильтрации сборного молозива позволяет получить концентрат с массовой долей сухих веществ ($29,1 \pm 1,44$) % и общего белка ($25,19 \pm 0,52$) %. При этом массовая доля сывороточных белков возрастает с ($4,02 \pm 0,33$) % до ($9,92 \pm 1,04$) %, т.е. фактор концентрирования по сывороточному белку составляет 2,47. Фактор концентрирования по общему белку – 2,49.

Образцы молозива, полученного в период 24–168 часов после отела, подвергли ферментированию с использованием термостатного способа производства, при котором образование сгустка осуществляется после розлива в упаковку [27].

Окончание ферментирования определяли по достижению для каждого вида закваски кислотности сгустка, исходя из их видового состава:

- для закваски сухой концентрированной «Пробилакт 2» (видовой состав: *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium ssp.*) – 70–80 °Т [28] (далее «Пробилакт 2»);
- для закваски сухой концентрированной термофильного стрептококка и болгарской палочки ТЛББв (видовой состав: *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*) – 75–85 °Т [28] (далее ТЛББв);
- для концентрата бактериального сухого лактококков и термофильных стрептококков ТВ-МТ (видовой состав: *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*

Lactococcus lactis subsp. diacetylactis, *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*) – 60–70 °T [29] (далее ТВ-МТ);

– для закваски, приготовленной на кефирных грибках – 85–100 °T [28];

– для закваски сухой для йогурта (видовой состав: *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*) – 75–85 °T [28];

– для закваски сухой концентрированной лактококков ТВ-М (видовой состав: *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris* *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis*) – 70–90 °T (далее ТВ-М) [28].

Табл. 3. Физико-химические показатели сборного молозива-сырья, полученного в период с 1–72 часов после отела, и продуктов мембранной фильтрации

Table 3. Physicochemical parameters of collected raw colostrum obtained during the period from 1 to 72 hours after calving and membrane filtration products

Наименование показателей	Физико-химические показатели молозива				Фактор концентрирования
	молозиво		продукты ультрафильтрации		
	сборное	обезжиренное	фильтрат	концентрат	
Масса, кг	22,40	19,68	13,04	6,70	2,94
Массовая доля, %	–	–	–	–	–
– сухих веществ	19,20±1,58	12,80±1,26	4,41±1,08	29,10±1,44	2,27
– общего белка	9,87±0,69	10,1±0,37	0,81±0,18	25,19±0,52	2,49
– казеина	5,84±0,82	5,98±0,41	0,14±0,45	15,7±1,06	2,63
– сывороточных белков	3,87±0,12	4,02±0,33	0,58±0,08	9,92±1,04	2,47
– небелкового азота	0,045±0,01	0,038±0,02	0,031±0,01	0,049±0,01	1,29
– жира	5,12±0,33	0,03±0,02	0,00±0,00	0,10±0,02	3,33
– лактозы	2,41±0,42	2,52±0,39	2,38±0,24	2,72±0,47	1,08
– золы	1,10±0,05	1,12±0,07	1,11±0,07	1,16±0,09	1,04
Кислотность, °T	28,00±1,25	32,00±1,38	16,00±0,08	59,00±3,15	–

Для сухих бактериальных заквасок титр молочнокислых бактерий на начало ферментации составлял $\sim 1 \times 10^{10}$ КОЕ/г, производственная закваска, приготовленная на кефирных грибках, вносилась в количестве 3,0 % от массы ферментируемого сырья.

Результаты исследования полученных образцов показали, что к моменту окончания ферментирования титруемая и активная кислотности в них соответствовали установленному диапазону значений для соответствующих заквасочных культур.

Результаты экспертного метода анализа ферментированных образцов молозива приведены в таблице 4. Анализ полученных данных показывает, что наименьшее количество баллов по всем группам исследуемых заквасок получили образцы, собранные в период с 24 до 48 часов после отела. Среднее количество баллов по всем группам заквасок составило 15,3 балла, что обусловлено было получением продуктов с дряблым сгустком, выделяющим сыворотку. Наибольшее количество баллов получили ферментированные образцы, полученные из молозива, собранного в период с 72 до 168 часов после отёла. При этом лучшими органолептическими показателями обладали образцы, произведенные с использованием закваски ТВ-МТ, а также закваски, приготовленной на кефирных грибках – среднее количество баллов по этим двум группам заквасок колебалось в диапазоне 18–19 баллов при

возможных 20. Они имели плотную консистенцию, без отделения сыворотки, чистые кисломолочные вкус и запах, без посторонних привкусов.

Табл. 4. Результаты экспертного анализа органолептических характеристик ферментированных образцов молозива

Table 4. Results of expert analysis of organoleptic characteristics of fermented colostrum samples

Время после отела	Количество баллов					
	«Проби- лакт 2»	ТЛББв	ТВ-МТ	закваска, приго- товленная на кефирных грибкаx	закваска сухая для йогурта	ТВ-М
24	17,00	15,00	18,00	14,00	14,00	14,00
48	16,00	17,00	17,00	16,00	17,00	15,00
72	16,00	18,00	19,00	18,00	18,00	14,00
96	17,00	16,00	19,00	19,00	15,00	14,00
120	17,00	15,00	20,00	18,00	15,00	14,00
144	18,00	17,00	19,00	18,00	17,00	15,00
168	18,00	16,00	19,00	18,00	18,00	17,00
240	19,00	20,00	19,00	19,00	20,00	19,00

Установлено, что спустя 168 часов органолептические показатели всех исследуемых образцов соответствуют контрольному образцу, полученному из цельного молока. Несколько меньше баллов набрали ферментированные образцы, выработанные с применением закваски «Пробилакт 2» и закваски ТЛББв, что было обусловлено недостаточно плотной структурой сгустка, а также менее выраженным вкусом в сравнении с другими образцами ферментированных продуктов. Наименьшее количество баллов получили образцы, произведенные с использованием закваски сухой для йогурта и закваски ТВ-М, что также было обусловлено недостаточно плотной структурой сгустка.

В таблице 5 приведены результаты исследований продолжительности ферментирования исследуемых образцов в зависимости от вида закваски и времени сбора молозива. В качестве контрольных образцов выступали ферментированные продукты, выработанные из цельного коровьего молока высшего сорта с использованием аналогичных заквасок.

Табл. 5. Продолжительность ферментирования исследуемых образцов в зависимости от вида закваски и времени сбора молозива

Table 5. Duration of fermentation of the studied samples depending on the type of starter and time of colostrum collection

Наименование заквасочной культуры	Продолжительность сквашивания, ч							
	время после отела, ч							контроль- ный образец
	24	48	72	96	120	144	168	
«Пробилакт 2»	4,98 ±0,27	4,92 ±0,15	4,31 ±0,25	4,73 ±0,25	4,75 ±0,25	4,32 ±0,25	4,50 ±0,25	4,10 ±0,13
ТЛББв	5,72 ±0,34	4,58 ±0,25	3,80 ±0,18	4,71 ±0,22	4,35 ±0,16	4,68 ±0,18	4,36 ±0,36	4,54 ±0,21
ТВ-МТ	4,75 ±0,23	4,45 ±0,29	3,80 ±0,39	4,70 ±0,27	4,20 ±0,31	4,20 ±0,43	4,00 ±0,27	6,00 ±0,18
Закваска, пригото- вленная на кефирных грибках	11,40 ±0,52	10,20 ±0,37	8,54 ±0,32	8,91 ±0,24	8,53 ±0,28	8,33 ±0,19	8,42 ±0,31	8,40 ±0,27
Закваска сухая для йогурта	7,50 ±0,33	6,90 ±0,25	4,20 ±0,19	5,04 ±0,38	4,50 ±0,36	4,25 ±0,25	4,01 ±0,33	5,30 ±0,15

Продолжение табл. 5.

ТВ-М	9,50 ±0,42	8,83 ±0,41	8,33 ±0,26	8,25 ±0,54	9,10 ±0,38	8,56 ±0,42	8,50 ±0,57	7,30 ±0,24
------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

Полученные данные свидетельствуют о том, что продолжительность ферментирования молозива сопоставима со значениями, полученными для цельного молока. Следует отметить, что средняя продолжительность ферментирования образцов молозива, собранного от 24 до 72 часов после отела, всеми группами заквасок, за исключением закваски ТВ-МТ, была выше, чем для соответствующих контрольных. Особенно это характерно для образцов молозива, ферментированных закваской, приготовленной на кефирных грибках – продолжительность достижения требуемого уровня титруемой кислотности составила $(11,4 \pm 0,52)$ ч и $(10,2 \pm 0,37)$ ч, при этом ферментация в контрольном образце завершилась за $(8,4 \pm 0,27)$ ч. Вероятно, такой рост продолжительности ферментирования обусловлен повышенной массовой долей сывороточных белков и сравнительно невысоким содержанием лактозы – основного сырья для процессов молочнокислого брожения – в молозиве указанного периода. Противоположная тенденция характерна для ферментирования молозива указанного временного периода закваской ТВ-МТ: для достижения требуемого уровня кислотности требуется меньше времени в сравнении с цельным молоком – $(4,45 \pm 0,29)$ – $(4,75 \pm 0,23)$ ч против $(6,00 \pm 0,18)$ ч. Средняя продолжительность ферментирования молозива, собранного в период от 72 до 168 часов после отела, заквасками «Пробилакт 2», ТЛББв, ТВ-МТ сопоставима ($\pm 0,5$ ч) с данным показателем для соответствующих контрольных образцов. Вместе с тем, для ферментирования молозива указанного периода закваской ТВ-М требовалось в среднем 8,5 против 7,3 часов для образца из цельного молока. Противоположная тенденция наблюдалась для закваски сухой для йогурта – ферментирование молозива заняло в среднем 4,4 против 7,3 часов для цельного молока.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что для выработки ферментированных образцов молозива наиболее целесообразно использование молозива, собранного в период с 72 до 168 часов после отела. При этом, исходя из качественных характеристик и продолжительности сквашивания, в качестве заквасочных культур предпочтительнее использовать закваску, приготовленную на кефирных грибках, или концентрат бактериальный сухой лактококков и термофильных стрептококков ТВ-МТ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Коровье молозиво ввиду своего уникального состава и свойств является ценным сырьем для промышленной переработки и получения на его основе продуктов повышенной пищевой и биологической ценности, оказывающих положительный физиологический эффект на организм человека. Все это обуславливает необходимость его всестороннего изучения как объекта технологической переработки и обоснования параметров технологических операций, обуславливающих получение из него новых видов пищевых продуктов, ориентированных на различные группы потребителей.

Молозиво, собранное от 1 до 72 часов после отела, не выдерживает стандартного режима пастеризации (85 ± 1) °С с выдержкой в течение 5 минут. Внесение солей-стабилизаторов позволяет обеспечить термостабильность молозива, полученного от 24 до 72 часов после отела, при указанном режиме, при этом технологически обусловленной является дозировка до 12 мас. % от содержания белка в сырье. Молозиво, полученное через 72 часа и более после отела, может быть пастеризовано при стандартном режиме термической обработки при температуре (92 ± 1) °С с выдержкой не менее 20 с или (74 ± 2) °С в течение 20–25 с. Доказано, что замораживание молозива до достижения температуры минус (16 ± 2) °С, хранение его при

данной температуре в течение 7 суток и последующая дефростация при температуре не более 50 °С не оказывают значимого влияния на его термоустойчивость, что позволяет рекомендовать заморозку для его хранения и доставки к месту переработки.

Молозиво должно сепарироваться при высоких температурах, однако, с учетом его низкой термостойкости и склонности к пенообразованию, технологически обусловленной является температура 45 °С с последующим повторным сепарированием обезжиренной фракции. Определено, что рациональным режимом гомогенизации молозива является температура (50±2) °С и давление в интервале 13,5–16,0 МПа.

Наилучшие органолептические характеристики имеют молозивные продукты, произведенные из сырья, собранного в период от 72 до 168 часов после отела, с использованием закваски, приготовленной на кефирных грибках, при температуре ферментирования (30±2) °С, и закваски, состоящей из лактококков и термофильных стрептококков, при температуре ферментирования (40±2) °С, что позволяет рекомендовать их для производства ферментированных продуктов из молозива.

Установлено, что баромембранная обработка (ультрафильтрация) сборного молозива (от 1 до 72 часов после отела) позволяет получить концентрат с повышенной массовой долей белка. При этом массовая доля сывороточных белков – одного из наиболее значимых компонентов молозива – возрастает в 2,47 раза.

Практическая значимость полученных в ходе исследований результатов заключается в том, что на основании полученных данных становится возможной разработка технологических схем производства пищевых продуктов из молозива, полученного в различные временные периоды после отела, с перспективой внедрения их в промышленное производство, что, в свою очередь, позволит предприятиям отрасли расширить ассортимент выпускаемой продукции на основе использования сырья животного происхождения повышенной пищевой и биологической ценности.

БЛАГОДАРНОСТИ

Результаты получены в рамках реализации научного исследования при поддержке Белорусского фонда фундаментальных исследований на 2017–2019 гг. по теме «Изучение физико-химических и технологических свойств молозива как сырья для продуктов специализированного питания». Договор № Б17М-120 от 18.04.2017 г.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Тренды в молочной промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://miltex.by/articles/health-lifestyle/trends/> – Дата доступа: 16.02.2025.
- 2 Godhia, M. L. Colostrum – its composition, benefits as a nutraceutical: review / M. L. Godhia, N. Patel // *Current Research in Nutrition a Food Science J.* – 2013. – Vol. 1, № 1. – P. 37–47.
- 3 Самбуrow, Н. В. Молозиво коров, его состав и биологические свойства / Н. В. Самбуrow, И. Л. Палаус // *Вестн. Кур. гос. с.-х. акад.* – 2014. – № 4. – С. 59–61.
- 4 Levieux, D. Bovine immunoglobulin g, beta-lactoglobulin, alpha-lactalbumin and serum albumin in colostrum and milk during the early post partum period / D. Levieux, A. Ollier // *The J. of Dairy Research.* – 1999. – Vol. 66, № 3. – P. 421–430.
- 5 Concentrations of sialyloligosaccharides in bovine colostrum and milk during the prepartum and early lactation / T. Nakamura [et al.] // *J. of Dairy Science.* – 2003. – Vol. 86, № 4. – P. 1315–1320.
- 6 Playford, R. J. Colostrum and milk-derived peptide growth factors for the treatment of gastrointestinal disorders / R. J. Playford, C. E. MacDonald, W. S. Johnson // *The Amer. J. of Clinical Nutrition.* – 2000. – Vol. 72, № 1. – P. 5–14.
- 7 Gopal, P. K. Oligosaccharides and glycoconjugates in bovine milk and colostrum / P. K. Gopal, H. S. Gill // *The Brit. J. of Nutrition.* – 2000. – Vol. 84, № 1. – P. 69–74.
- 8 Comparative proteomic analysis of changes in the bovine whey proteome during the transition from colostrum to milk / L. Y. Zhang [et al.] // *Asian-Australasian J. of Animal Sciences.* – 2011. – Vol. 24, № 2. – P. 272–278.
- 9 Карпуть, В. А. Молозиво (состав, биологические свойства, рациональное использование) / В. А. Карпуть, А. А. Москалев, А. Ф. Трофимов. – Гродно: ГГАУ, 2014. – 152 с.

- 10 Efficiency of bovine milk immunoglobulin concentration in preventing illness after *Shigella flexneri* challenge / C. O. Tacket [et al.] // The Amer. J. of Tropical Medicine a Hygiene. – 1992. – Vol. 47, № 3. – P. 276–283.
- 11 Levieux, D. Le colostrum, un lait particulièrement riche en de nombreux composants : peut-on en déceler la présence dans les livraisons de lait de vache ? / D. Levieux // Lait. – 1999. – Vol. 79, № 5. – P. 465–488.
- 12 Immunoglobulins, growth factors and growth hormone in bovine colostrum and the effects of processing / L. Elfstrand [et al.] // Intern. Dairy J. – 2002. – Vol. 12, № 11. – P. 879–887.
- 13 Playford, R. J. Colostrum and milk-derived peptide growth factors for the treatment of gastrointestinal disorders / R. J. Playford, C. E. MacDonald, W. S. Johnson // The Amer. J. of Clinical Nutrition. – 2000. – Vol. 72, № 1. – P. 5–14.
- 14 Kelly, G. S. Bovine colostrums: a review of clinical uses / G. S. Kelly // Alternative Medicine Rev. – 2003. – Vol. 8, № 4. – P. 378–394.
- 15 Scammell, A. W. Production and uses of colostrum / A. W. Scammell // Austral. J. of Dairy Technology. – 2001. – Vol. 56, № 2. – P. 74–82.
- 16 Linehan, K. Bovine colostrum for veterinary and human health applications: a critical review / K. Linehan, R. P. Ross, C. Stanton // Annu. Rev. of Food Science a Technology. – 2023. – Vol. 14, № 1. – P. 387–410.
- 17 Miranda, C. Bovine colostrum: human and animal health benefits or route transmission of antibiotic resistance – one health perspective / C. Miranda, G. Igrejas, P. Poeta // Antibiotics. – 2023. – Vol. 12, № 7. – Art. 1156.
- 18 Wyatt, D. What are colostrum's effects on the whole body? [Electronic resource] / D. Wyatt // DR. Ronald Hoffman. – Mode of access: <https://drhoffman.com/article/what-are-colostrums-effects-on-the-whole-body/>. – Date of access: 23.10.2023.
- 19 Способ получения масла из молозива: пат. SU 66416 / Е. Д. Коссов. – Опубл. 31.05.1946.
- 20 Способ производства сливочного масла из молозива: пат. SU 1597145 / Ф. А. Вышемирский, С. В. Абросимова. – Опубл. 07.10.1990.
- 21 Осипенко, Е. Ю. Перспективы использования колострального масла в производстве мучных кондитерских изделий / Е. Ю. Осипенко // Актуальные вопросы современной науки: сб. ст. по материалам XII Междунар. науч.-практ. конф., Томск, 23 мая 2018 г.: в 3 ч. / отв. ред. А. Р. Халиков. – Уфа, 2018. – Ч. 1. – С. 133–138.
- 22 Способ получения сухого молозива: пат. RU 2080074 / П. Ф. Крашенинин, В. П. Зиматова. – Опубл. 27.05.1997.
- 23 Способ получения пищевой зернистой икры: пат. RU 2139668 / А. П. Хачатрян, П. Г. Геворгян, Г. Д. Мартиросян, Г. Я. Минасян, Р. Г. Хачатрян. – Опубл. 20.10.1999.
- 24 Молозиво коров – перспективное сырье для производства пищевых продуктов / С. А. Леонтьева [и др.] // Индустрия питания. – 2021. – Т. 6, № 2. – С. 23–33.
- 25 Colostrum Powder [Electronic resource] // Foodcom: Intern. Trading Co. – Mode of access: <https://foodcom.pl/en/products/colostrum-2/>. – Date of access: 04.10.2023.
- 26 Брусенцев, А. А. Основы переработки молока на предприятиях молочной промышленности: учеб.-метод. пособие / А. А. Брусинцев. – СПб.: Ун-т ИТМО, 2017. – 77 с.
- 27 Горбатова, К. К. Химия и физика молока и молочных продуктов: учебник / К. К. Горбатова, П. И. Гунькова; под общ. ред. К. К. Горбатовой. – СПб.: ГИОРД, 2012. – 336 с.
- 28 Степанова, Л. И. Справочник технолога молочного производства. Технологии и рецептуры: в 3 т. / Л. И. Степанова. – СПб.: ГИОРД, 1999. – Т. 1: Цельномолочные продукты. Производство молока и молочных продуктов (СанПиН 2.3.4.551-96). – 379 с.
- 29 Банникова, Л. А. Микробиологические основы молочного производства: справочник / Л. А. Банникова, Н. С. Королева, В. Ф. Семенихина. – М.: Агропромиздат, 1987. – 400 с.

Поступила в редакцию 17.05.2025 г.

ОБ АВТОРАХ:

Диана Сергеевна Лозовская, старший преподаватель кафедры технологии хранения и переработки животного сырья, Гродненский государственный аграрный университет, e-mail: diana.lozovskaya.89@mail.ru.

Олег Викторович Дымар, доктор технических наук, профессор, технический директор представительства АО «МЕГА» (Чешская Республика), Республика Беларусь, e-mail: dymarov@tut.by.

ABOUT AUTHORS:

Diana S. Lozovskaya, Senior Lecturer, Department of Technology of Storage and Processing of Animal Raw Materials, Grodno State Agrarian University, e-mail: diana.lozovskaya.89@mail.ru.

Oleg V. Dymar, Doctor of Technical Sciences, Professor, Technical Director of the Representative Office of MEGA JSC (Czech Republic), Republic of Belarus, e-mail: dymarov@tut.by.

УДК 663.058

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПОЛУЧЕНИЯ ДИСТИЛЛЯТОВ

Е. А. Цед, С. В. Волкова, В. А. Новикова, Ю. В. Ивчина, Ж. В. Цынгалева

Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. В настоящее время на рынке алкогольных напитков Республики Беларусь наблюдается устойчивая тенденция к увеличению выпуска напитков на основе дистиллятов – виски, бренди, коньяка, рома, настоек и др. Технологии получения дистиллятов предусматривают преимущественно использование зернового (крахмалсодержащего) и сахаросодержащего (фруктово-ягодного, виноградного) сырья. Однако следует отметить, что исследования, направленные на поиск новых перспективных видов сырья для получения дистиллятов, позволят сформировать новую методологическую основу по созданию напитков с уникальными вкусовыми характеристиками, не имеющих аналогов среди другой алкогольной продукции. Данная статья посвящена изучению возможности использования нетрадиционных видов сырья в технологиях получения дистиллятов и, в частности, – молочной сыворотки, являющейся отходом молочного производства, с установлением факторов, определяющих технологические аспекты ее переработки. Научная задача – оценка особенностей протекания биохимических процессов при сбраживании суслу, полученного с использованием пастеризованной молочной сыворотки, в сравнении с традиционным солодовым суслем, а также исследования органолептических характеристик дистиллятов, полученных на их основе.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись: молочная сыворотка пастеризованная (ТУ ВУ 100098867.371), дрожжи сухие спиртовые *Saccharomyces cerevisiae* в соответствии с ТУ РБ 100104781.010-2005, солод светлый ячменный пивоваренный (ГОСТ 29294-2014), сахар-песок (ГОСТ 33222-2015), лепестки суданской розы каркаде (ТУ 9198-002-46951679-2002). Исследования проводили с использованием общепринятых в спиртовом производстве методов исследований (ГОСТ 10840; ГОСТ 30483-97; ГОСТ ISO 520-2014; ГОСТ 13586.5-2015; ГОСТ 10845-98; ГОСТ 10844-74; ГОСТ 31683-2012 и др.).

Результаты. Установлена целесообразность и технологические параметры использования пастеризованной молочной сыворотки в технологиях получения дистиллятов, включающих в себя предварительную обработку молочной сыворотки, корректировку ее химического состава, сбраживание и дистиляцию. Установлено, что сусло на основе молочной сыворотки необходимо предварительно освобождать от коагулируемых белков, препятствующих фракционной перегонке. Сравнительный анализ предлагаемых методов предварительной подготовки молочного суслу показал, что наиболее предпочтительным методом является двукратная термическая обработка при максимальной температуре 96–100 °С с последующей обязательной фильтрацией. Показано, что термическая обработка молочной сыворотки по сравнению с «каркадным способом» характеризуется определенными преимуществами и повышает эффективность процесса брожения суслу на 2 %.

Заключение. Использование молочной сыворотки как сырьевого компонента для получения дистиллята при одновременном улучшении качества позволяет рационализировать ресурсосбережение за счет переработки отходов смежных пищевых производств и расширить линейку национальных алкогольных напитков, получаемых методом дистиляции. Полученные результаты развивают область научно-практических знаний о сырье и технологиях получения дистиллятов с высокими вкусо-ароматическими характеристиками, что будет предопределять получение экономического эффекта для отечественных предприятий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *молочная сыворотка; технология; дистиллят; методы предварительной обработки молочной сыворотки; брожение.*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Цед, Е. А. Использование молочной сыворотки в технологиях получения дистиллятов / Е. А. Цед, С. В. Волкова, В. А. Новикова, Ю. В. Ивчина, Ж. В. Цынгалева // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2025. – № 1 (38). – С. 76–86.

USE OF MILK WHEY IN TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF DISTILLATES

E. A. Tsed, S. V. Volkova, V. A. Novikova, Yu. V. Ivchina, Zh. V. Tsingaleva

Belarusian State University of Food and Chemical Technologies

ABSTRACT

Introduction. Currently, there is a steady trend in the alcoholic beverage market in the Republic of Belarus towards increasing the production of beverages based on distillates, such as whiskey, brandy, cognac, rum, tincture, etc. Distillates production technologies primarily involve the use of grain (starch-containing) and sugar-containing (fruit and berry, grape) raw materials. However, it should be noted that the research aimed at identifying new promising types of raw materials for producing distillates will enable the development of a new methodological basis for creating beverages with unique flavour characteristics unmatched by any other alcoholic products. This article is dedicated to studying the possibility of using non-traditional raw materials in distillate production technologies, particularly whey – a by-product of dairy production, focusing on identifying the factors that determine the technological aspects of its processing. The scientific objective is to evaluate the characteristics of biochemical processes during the fermentation of wort obtained using pasteurized whey compared to traditional malt wort, as well as to investigate the organoleptic characteristics of distillates produced from these substrates.

Materials and methods. The objects of the study were: pasteurized milk whey (TU BY 100098867.371), dry alcohol yeast *Saccharomyces cerevisiae* in accordance with TU RB 100104781.010-2005, pale barley brewing malt (GOST 29294-2014), granulated sugar (GOST 33222-2015), hibiscus (Sudan rose/karkade) petals (TU 9198-002-46951679-2002). The studies were carried out using generally accepted research methods in alcohol production (GOST 10840; GOST 30483-97; GOST ISO 520-2014; GOST 13586.5-2015; GOST 10845-98; GOST 10844-74; GOST 31683-2012, etc.).

Results. The feasibility and technological parameters for the use of pasteurized milk whey in distillate production technologies, including preliminary whey processing, adjustment of its chemical composition, fermentation, and distillation, were established. It was determined that wort based on milk whey must be pretreated to remove coagulable proteins that hinder fractional distillation. A comparative analysis of the proposed methods for preliminary preparation of milk wort showed that the most preferable method is double thermal treatment at a maximum temperature of 96–100 °C followed by mandatory filtration. It was demonstrated that thermal treatment of milk whey, compared to the "hibiscus" method, has certain advantages and increases the efficiency of wort fermentation by 2 %.

Conclusion. The use of milk whey as a raw material component for distillate production improves product quality and enhances resource conservation by utilizing by-products from related food industries. This approach also broadens the range of national alcoholic beverages produced by distillation. The results obtained contribute to the scientific and practical knowledge of raw materials and technologies for producing distillates with high flavour and aroma characteristics, which will ensure economic benefits for domestic enterprises.

KEY WORDS: *whey; technology; distillate; methods of preliminary processing of whey; fermentation.*

FOR CITATION: Tsed, E. A. Use of milk whey in technologies for the production of distillates / E. A. Tsed, S. V. Volkova, V. A. Novikova, Yu. V. Ivchina, Zh. V. Tsingaleva // Bulletin of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2025. – №. 1 (38). – P. 76–86.

ВВЕДЕНИЕ

Современная трактовка термина «дистиллят» подразумевает под собой алкогольную продукцию крепостью более 52 % об., получаемую методом простой или фракционной перегонки сброженного сусла, и в последующем применяемую для производства алкогольной и винодельческой продукции [1]. В зависимости от применяемых видов сырья дистилляты имеют дифференцированное назначение: «дистиллят зерновой», «дистиллят фруктовый», «дистиллят коньячный», «дистиллят медовый», «дистиллят ромовый»,

«дистиллят яблочный выдержанный», «дистиллят виски», «дистиллят винный» [2–5]. Кроме того, классификационным признаком является также продолжительность выдержки дистиллята в контакте с древесиной дуба, например, «дистиллят винный выдержанный для бренди» [6].

В настоящее время исследователи уделяют достаточно много внимания совершенствованию методологических подходов к разработке технологий получения дистиллятов и оценке их качества. Так, авторы Егорова Е. Ю. и др. [7] предлагают систематизировать дистилляты по принципу компонентности их состава на четыре группы. Первая группа – это «чистые дистилляты», к которым относятся зерновые виски и водка. Вторая группа – это фруктовые, виноградные, агавовые дистилляты, а также дистилляты из сахарного тростника, на основе которых производят такие алкогольные напитки, как бренди, коньяк, чача, ром, касаша и другие. Третья группа – это «приправленные дистилляты» – можжевеловые, тминовые, анисовые, получаемые с использованием специфического пряно-ароматического сырья, и используемые для получения джина, абсентов, настоек. Четвертая группа – это «многоосновные дистилляты», служащие для получения бальзамов, биттеров, ликеров. Однако в отношении группы «многоосновные дистилляты» требуются уточнения роли процесса перегонки в производстве данных напитков. Это связано с тем, что технология получения бальзамов, биттеров, ликеров основывается на использовании полупродуктов – настоев и морсов – получаемых методом экстракции вкусо-ароматического сырья, а не перегонки [8–10]. Таким образом, разноплановый сенсорный вкусо-ароматический профиль дистиллятов и напитков на их основе формируется за счет применения широкого спектра разнообразных видов сырья, преимущественно растительного происхождения, и технологических приемов, что в совокупности обеспечивает перечень требуемых потребительских свойств и показателей качества данной группы продуктов.

Для расширения технологических возможностей получения дистиллятов с целенаправленно заданными свойствами и новыми органолептическими характеристиками необходимо проведение исследований, направленных на установление факторов эффективности модификаций базовых технологий, реализация которых позволит развить систему управления биохимическими и физико-химическими процессами производственного цикла, которая будет встроена в общую методологическую базу получения дистиллятов.

Одним из таких факторов может являться область исследований, касающаяся изыскания возможности переработки вторичных ресурсов пищевого назначения с целью решение вопросов ресурсосбережения и получения товарного продукта, обладающего целевыми характеристиками. К таким ресурсам можно отнести молочную сыворотку, которая образуется при производстве различных молочных продуктов – сыра, творога, казеина и др. Количество производимой молочной сыворотки оценивается примерно в $180\text{--}190 \times 10^6$ тонн/год, из которых перерабатывается не более 50 % [11–13]. Наличие в сыворотке широкого спектра химических веществ, в том числе обладающих биологической ценностью, таких как: сывороточные белки (до 14 %), углеводы (лактоза – до 70 %), минеральные вещества (до 7,7 %, в том числе NaCl, KCl, $K(H_2PO_4)$, $K_3(C_6H_5O_7)$, $MgHPO_4$, $Ca_3(PO_4)_2$, $CaCl_2$, Na_2CO_3 , K_2CO_3 и т. д.), липиды (до 5,7 %), другие вещества (0,9 %), предполагает ее использование для получения других пищевых продуктов, например, напитков разной функциональной направленности [11–18]. Это свидетельствует о высокой питательной ценности молочной сыворотки, ее ресурсных свойствах как вторичного продукта. Таким образом, молочная сыворотка с позиции возможного сырьевого компонента для получения дистиллятов обладает многофункциональным – азотистым, углеводным, липидным, минеральным – составом, предопределяющим возможность развития дрожжевых клеток и осуществление ими процессов спиртового брожения.

Цель данного исследования – установление целесообразности использования молочной

сыворотки в технологиях получения дистиллятов и исследование факторов, определяющих технологические возможности ее переработки.

Научная задача – изучение физико-химических и биохимических процессов при получении дистиллятов на основе пастеризованной молочной сыворотки и сравнение их с процессами, протекающими при использовании традиционного для производства дистиллятов солодового сусла.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Научно-исследовательская работа проводилась в учреждении образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» на кафедре технологии пищевых производств. В качестве объектов исследования служили следующие виды сырья: пастеризованная подсырная несоленая молочная сыворотка (ГОСТ 53438), выработанная на ОАО «Бабушкина крынка» (далее молочная сыворотка); солод ячменный пивоваренный светлый производства ОАО «Белсолод» (ГОСТ 29294) (далее ячменный солод); дрожжи сухие спиртовые *Saccharomyces cerevisiae* (ТУ.ВУ 100104781.010) (далее дрожжи); сахар-песок (ГОСТ 33222); лепестки суданской розы каркаде сушёные в соответствии с ТУ 9198-002-46951679 (далее каркаде) [19–21].

В работе были использованы специализированные физико-химические, микробиологические и биохимические методы исследований, в том числе общепринятые в молочной и спиртовой отраслях. Определение органолептических показателей, массовой доли сухих веществ, лактозы, кислотности в молочной сыворотке по ГОСТ 33957; содержание белков по ГОСТ 34536; содержание молочной кислоты спектрофотометрическим методом, содержание золы по ГОСТ 56833 [22–25].

Определение органолептических показателей, массовой доли примесей, экстракта, кислотности, продолжительности осахаривания, амилалитической активности в ячменном солоде по ГОСТ 29294 [20]. Определение концентрации этилового спирта, содержание видимой концентрации сухих веществ в зрелой бражке по ГОСТ 12787 [26], определение массовой доли сухих веществ в сусле, общего содержания растворимых сбраживаемых углеводов, содержание аминного азота, титруемой и активной кислотности, степени сбраживания по [27]. Статистическую обработку результатов исследования и формирование базы данных с результатами исследований проводили с использованием программы MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для выявления возможности использования молочной сыворотки в технологиях получения дистиллятов были проведены исследования по определению показателей ее качества, результаты которых представлены в таблице 1.

Как следует из полученных экспериментальных данных, исследуемая молочная сыворотка характеризуется гетерогенным биохимическим составом, включающим в себя белки, углеводы, органические кислоты и минеральные вещества, а также соответствует нормативным показателям качества и ее возможно использовать в планируемых исследованиях.

Аналогичным образом была проведена оценка показателей качества ячменного солода, результаты которой представлены в таблице 2.

Анализ полученных данных свидетельствуют о высоких показателях качества исследуемого солода и возможности его применения в планируемых исследованиях.

На следующем этапе работы исследуемые виды сырья использовали для получения сусла как одного из основных технологических компонентов производства дистиллятов, используемого затем для сбраживания и выделения летучей фракции.

Табл. 1. Показатели качества молочной сыворотки, используемой для получения дистиллятов**Table 1.** Quality indicators of dairy products used to obtain distillates

Наименование показателей	Молочная сыворотка пастеризованная	
	Требования ГОСТ 53438	Исследуемый образец молочной сыворотки
Внешний вид и консистенция	Однородная жидкость. Допускается наличие белкового осадка	Однородная жидкость. Без осадка
Цвет	Бледно-зеленый	Бледно-зеленый
Вкус и запах	Свойственный молочной сыворотке, сладковатый	Свойственный молочной сыворотке, сладковатый
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	5,6	6,2±0,3
Массовая доля лактозы, %, не менее	4,0	4,8±0,24
Кислотность, °Т, не более	20	5,4±0,27
Активная кислотность (рН), не более	6,0	4,47±0,22
Содержание золы, %	-	0,3±0,015
Содержание белков, %	-	0,7±0,035
Молочная кислота, %	-	0,1±0,005

Табл. 2. Показатели качества ячменного солода, используемого для получения традиционного сусла для дистиллятов**Table 2.** Quality indicators of barley malt used to obtain traditional wort for distillates

Наименование показателей	Солод светлый ячменный пивоваренный	
	Требования ГОСТ 29294	Солод ячменный светлый пивоваренный
Внешний вид	Однородная зерновая масса, не содержащая плесневых зерен и вредителей	Однородная зерновая масса, не содержащая плесневых зерен и вредителей
Цвет	От светло-желтого до желтого	Светло-желтый
Вкус	Солодовый, сладковатый	Солодовый, сладковатый
Запах	Солодовый	Солодовый
Массовая доля сорной примеси, %, не более	0,3–0,5	–
Массовая доля экстракта в сухом веществе солода тонкого помола, %, не менее	76,0–79,0	79,0±3,9
Продолжительность осахаривания, мин, не более	15–25	15
Кислотность, к. ед.	0,9–1,3	1,1±0,05
Амилолитическая активность по методу Виндиша-Кольбаха, ед/г	240–260	337,5±16,9

Традиционное солодовое сусло для получения дистиллятов, являющееся контрольным образцом, готовили настойным способом следующим образом. Фракционно дробленный

ячменный солод смешивали с водой в соотношении солод:вода – 1:4, после чего последовательно осуществляли нагрев затора при заданных фиксированных температурах и осуществляли его выдержку по следующей схеме:

- первая пауза: $(47 \pm 0,5)^\circ\text{C}$, продолжительность выдержки – 30 мин;
- вторая пауза: $(52 \pm 0,5)^\circ\text{C}$, продолжительность выдержки – 30 мин;
- третья пауза: $(62 \pm 0,5)^\circ\text{C}$, продолжительность выдержки – 90 мин;
- четвертая пауза: $(70 \pm 0,5)^\circ\text{C}$, продолжительность выдержки – 40 мин;
- пятая пауза: $(78 \pm 0,5)^\circ\text{C}$, продолжительность выдержки – 30 мин.

Полноту осахаривания определяли по йодной пробе. После чего полученное солодовое сусло охлаждали до комнатной температуры $24\text{--}25^\circ\text{C}$ и определяли в нем следующие показатели качества: массовую долю сухих веществ, активную и титруемую кислотность, массовую концентрацию растворимых сбраживаемых углеводов, содержание аминного азота (таблица 3).

Сусло на основе молочной сыворотки готовили следующим образом. Вначале молочную сыворотку нагревали до температуры $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ и при этой температуре вносили расчетное количество сахара-песка для достижения содержания сухих веществ в готовом сусле $(20 \pm 0,1)\%$. При постоянном перемешивании сусло выдерживали в течение 10 мин до полного растворения сахара, после чего его подвергали термической обработке при температуре $(70 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 15 мин. Затем молочное сусло охлаждали до комнатной температуры $24\text{--}25^\circ\text{C}$ и определяли в нем показатели качества, аналогичные солодовому суслу. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Как свидетельствуют полученные результаты, химический состав и показатели качества двух разных по происхождению видов сусла существенно отличаются. Молочное сусло характеризуется более высокой титруемой кислотностью и более низким значением pH (соответственно 5,2 и 4,7 град) в сравнении с солодовым суслом (1,55 и 5,5 град). Однако в солодовом сусле отмечено более высокое (на 9 %) содержание растворимых сбраживаемых углеводов и на 20 % аминного азота.

Табл. 3. Сравнительный анализ молочного и солодового сусла, используемого для получения дистиллятов

Table 3. Comparative analysis of milk and malt wort used to obtain distillates

Наименование показателя	Значение	
	Молочное сусло	Солодовое сусло
Массовая доля сухих веществ, %	$20,0 \pm 1,0$	$20,0 \pm 1,0$
Массовая концентрация растворимых сбраживаемых углеводов, г/100 см ³	$15,2 \pm 0,76$	$16,6 \pm 0,83$
Активная кислотность (pH)	4,7	5,5
Титруемая кислотность, град	$5,2 \pm 0,2$	$1,55 \pm 0,1$
Содержание аминного азота, мг/100 см ³	$13,5 \pm 0,67$	$16,24 \pm 0,81$

Таким образом, можно сделать вывод о том, что исследуемые образцы сусла характеризуются многокомпонентным химическим составом и содержат все необходимые для жизнедеятельности дрожжевых клеток питательные вещества.

Следующий этап данной научной работы был посвящен исследованиям биохимических

процессов, протекающих при сбраживании исследуемых образцов сусла. Для этого в образцы молочного и солодового сусла вносили предварительно подготовленную разводку дрожжей р. *Saccharomyces cerevisiae* с титром $6,5 \times 10^8$, в концентрации 10 % от объема сусла. Процесс брожения осуществляли в течение 7 суток при температуре $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$. Результативность процесса брожения представлена в таблице 4.

Как следует из полученных экспериментальных данных, химический состав исходного сусла предопределяет динамику процесса брожения. Установлено, что скорость спиртового брожения и образования летучей фракции существенно превалирует в солодовом сусле, что выражалось в накоплении высокой концентрации этанола на 3 сутки брожения и составляло $(8,6 \pm 0,43) \%$ об. В молочной бражке максимальное содержание этилового спирта $(9,4 \pm 0,47) \%$ об. наблюдалось только к концу 7 суток брожения. Степень сбраживания, характеризующая эффективность процесса брожения и бродильную активность применяемых дрожжей, косвенно свидетельствует о различной степени благоприятности питательной среды для их жизнедеятельности. Однако более высокое – на 4 % – количественное содержание этанола в молочной бражке по сравнению с солодовой бражкой, свидетельствует о принципиальной возможности применения молочной сыворотки для получения дистиллятов. Можно сделать вывод о том, что, несмотря на тот факт, что молочное сусло является не совсем благоприятной питательной средой для развития дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae* за счет содержания несбраживаемого углевода лактозы, однако наличие в ней других компонентов, например, минеральных веществ, органических кислот, аминокислот, позволяет микроорганизмам-источникам брожения поддержать свой метаболизм и обеспечить процесс спиртообразования в бражке.

Табл. 4. Сравнительный анализ процесса брожения молочного и солодового сусла, используемого для получения дистиллятов

Table 4. Comparative analysis of the fermentation process of milk and malt wort used to obtain distillates

Наименование показателя	Значение	
	Молочное сусло	Солодовое сусло
<i>Продолжительность процесса брожения – 1 сут</i>		
Объемная доля этилового спирта, % об.	$1,4 \pm 0,07$	$2,2 \pm 0,1$
Видимая концентрация сухих веществ, %	$18,6 \pm 0,93$	$16,5 \pm 0,8$
Активная кислотность (pH)	4,7	5,0
Титруемая кислотность, град	$5,1 \pm 0,3$	$1,6 \pm 0,1$
Степень сбраживания (видимая), %	7,0	17,5
<i>Продолжительность процесса брожения – 3 сут</i>		
Объемная доля этилового спирта, % об.	$4,4 \pm 0,2$	$8,6 \pm 0,43$
Видимая концентрация сухих веществ, %	$14,7 \pm 0,7$	$4,2 \pm 0,2$
Активная кислотность (pH)	4,4	4,6
Титруемая кислотность, град	$5,75 \pm 0,3$	$2,4 \pm 0,1$
Степень сбраживания (видимая), %	26,5	79,0
<i>Продолжительность процесса брожения – 7 сут</i>		
Объемная доля этилового спирта, % об.	$9,4 \pm 0,47$	$9,0 \pm 0,45$
Видимая концентрация сухих веществ, %	$3,8 \pm 0,2$	$3,4 \pm 0,2$
Активная кислотность (pH)	3,9	4,4
Титруемая кислотность, град	$6,3 \pm 0,3$	$3,7 \pm 0,2$
Степень сбраживания (видимая), %	81,0	83,0

После окончания процесса брожения исследуемые молочную и солодовую зрелые бражки подвергали процессу однократной перегонки с целью установления возможности фракционирования летучих компонентов сброженного сусла. Однако в случае перегонки молочной бражки данный процесс осуществить не удалось за счет интенсивного

пенообразования, вызываемого термическим воздействием на перегоняемую многокомпонентную смесь.

В связи с этим потребовались исследования, направленные на разработку технологических мероприятий, способных снизить процесс пенообразования в сброженной среде на основе молочной сыворотки. Общеизвестно, что пенообразующие свойства сывороточных белков, содержащихся в молочной сыворотке, возможно регулировать при помощи различных способов – ферментативного воздействия, электролитной коагуляции и др. [27, 28]. Нами были проведены исследования по выбору способа предварительной обработки молочного сусла с целью уменьшения в нем содержания коагулируемых белков, участвующих в пенообразовании продуктов с коллоидной структурой. Для выявления возможности изменения дисперсионной структуры сусла на основе молочной сыворотки было выбрано два способа:

- «каркадный способ»;
- «термический способ».

Сущность «каркадного способа» заключается в использовании настоя, приготовленного из лепестков растения каркаде, с последующим внесением его в молочное сусло. Высокая кислотность настоя каркаде вызывает коагуляцию белков молочной сыворотки и тем самым снижает пенообразующую способность молочного сусла. Технологический режим приготовления молочного сусла с использованием вышеуказанного способа предусматривал: нагрев молочной сыворотки до температуры $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$, внесение настоя каркаде и расчетного количества сахара-песка для достижения содержания сухих веществ в готовом сусле $(22 \pm 0,1)\%$, термическую обработку при температуре $(70 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 25 мин, фильтрацию и охлаждение готового сусла до температуры $24\text{--}25^\circ\text{C}$.

«Термический способ» включал в себя: первый нагрев молочной сыворотки до температуры $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$, внесение расчетного количества сахара-песка для достижения содержания сухих веществ в готовом сусле $(22 \pm 0,1)\%$, второй нагрев при температуре $(98 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 15 мин, фильтрацию и охлаждение готового сусла до температуры $24\text{--}25^\circ\text{C}$. Показатели качества образцов молочного сусла и зрелой бражки в зависимости от способа предварительной обработки молочной сыворотки представлены в таблице 5.

Табл. 5. Сравнительный анализ влияния способа предварительной обработки молочной сыворотки на показатели качества молочного сусла и зрелой бражки

Table 5. Comparative analysis of the influence of the method of preliminary treatment of milk whey on the quality indicators of milk wort and mature mash

Наименование показателя	Значение	
	Молочное сусло, полученное с использованием «каркадного способа»	Молочное сусло, полученное с использованием «термического способа»
<i>Показатели качества молочного сусла</i>		
Массовая доля сухих веществ, %	$22,0 \pm 1,0$	$22,0 \pm 1,0$
Массовая концентрация растворимых сбраживаемых углеводов, г/100 см ³	$17,0 \pm 0,87$	$17,5 \pm 0,85$
Активная кислотность (pH)	4,4	4,6
Титруемая кислотность, град	$5,6 \pm 0,28$	$5,4 \pm 0,27$
Содержание аминного азота, мг/100 см ³	$12,8 \pm 0,64$	$12,2 \pm 0,60$

Продолжение табл. 5.

<i>Показатели качества зрелой бражки (7 сутки брожения)</i>		
Объемная доля этилового спирта, % об.	10,0±0,5	10,2±0,52
Видимая концентрация сухих веществ, %	3,6±0,18	3,4±0,17
Активная кислотность (рН)	3,8	3,8
Титруемая кислотность, град	6,5±0,3	6,2±0,3
Степень сбраживания (видимая), %	83	84

Как свидетельствуют полученные экспериментальные данные, применение предварительной обработки молочного сусла с использованием «термического способа» в сочетании с повышением осмотического давления исследуемой питательной среды обеспечивает более высокую эффективность процесса брожения молочного сусла (степень сбраживания составила 84 %) и образование этанола – (10,4±0,52) % об. по сравнению с «каркадным способом». Более того, оба исследуемых способа позволяют снизить пенообразование при первичной перегонке и обеспечить получение дистиллята в объеме 60 % от первоначального объема зрелой бражки. Однако учитывая более высокое – на 2 % – количественное содержание этанола в молочной бражке, полученной с двукратной предварительной термической обработкой, «термический способ» был определен предпочтительным. Органолептическая оценка исследуемых образцов дистиллятов показала, что для них характерен очень мягкий вкус, умеренный спиртовой тон при полном отсутствии послевкуся.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные экспериментальные исследования позволили установить возможность и целесообразность использования подсырной сладкой молочной сыворотки в технологиях получения дистиллятов с высокими органолептическими характеристиками, что обеспечивает эффект ресурсосбережения при производстве алкогольной продукции и повышает экологичность производства в целом. Установлено, что использование молочной сыворотки возможно только при условии предварительной ее обработки, позволяющей уменьшить пенообразование молочной бражки при перегонке (таблица 5).

Предложено два способа по корректировке коллоидной системы сбраживаемого сусла: «каркадный способ» и «термический способ». Полученные результаты развивают область научно-практических знаний о сырье и технологиях получения дистиллятов с высокими вкусо-ароматическими характеристиками, что будет предопределять получение экономического эффекта для отечественных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Технология и оборудование для производства спирта и ликеро-водочных изделий: в 2 ч. Ч. 1. Производство спирта: пособие / В. А. Шаршунов, Е. А. Цед, Л. М. Кучерявый, А. В. Киркор – Минск: Мисанта, 2013. – 783 с.
- 2 ГОСТ Р 55299–2012. Продукция алкогольная. Напитки спиртные из зернового сырья, получаемые методом дистилляции. Общие технические условия. – Введ. 2014–01–01. – М.: Стандартиформ, 2014. – II, 6 с.
- 3 ГОСТ Р 55799–2013. Дистиллят зерновой. Технические условия. – Введ. 2015–07–01. – М.: Стандартиформ, 2014. – II, 6 с.
- 4 ГОСТ 31728–2012. Дистилляты коньячные. Технические условия. – Введ. 2013–07–01. – М.: Стандартиформ, 2013. – II, 5 с.
- 5 ГОСТ 31493–2012 Дистиллят винный. Технические условия. – Введен впервые. – Введ. 2012-11-29. – Российская Федерация: Госстандарт, 2012. – 13 с.
- 6 Технический регламент о безопасности алкогольной продукции. – ТР ЕАЭС 047/2018. Принят решением Комиссии Таможенного союза от 5 декабря 2018 года № 98. – 83 с.
- 7 Егорова, Е. Ю. Методические подходы к разработке и оценке качества новых напитков группы «дистилляты». Часть 1. Разработка технологии нового напитка / Е. Ю. Егорова, Ю. В. Мороженко // Ползуновский вестник. – 2016. – № 3. – С. 4–8.

- 8 Егорова, Е. Ю. Производство бальзамов и сиропов // Е. Ю. Егорова, М. Н. Школьников, М. В. Гернет и др. – СПб: ИД «Профессия», 2011. – 408 с.
- 9 Благоднарова, М. В. Разработка бальзама на основе спиртованных настоев из дикоросов Камчатского края / М. В. Благоднарова // Вестник Камчат ГТУ. – 2020. – №53. – С. 25–36.
- 10 Аверьянова, Е. В. Формирование вкусо-ароматического комплекса концентрированных основ в производстве бальзамов / Е. В. Аверьянова, М. Н. Школьников // Пиво и напитки. – 2006. – № 4. – С. 70–72.
- 11 Крашенинин, П. Ф. Молочная сыворотка и направления ее рационального использования / П. Ф. Крашенинин, Н. Н. Липатов, А. Г. Храмов, В. Н. Сергеев // Обзорная информация – Москва: АгроНИИТЭИММП. – 1992. – 40 с.
- 12 Baldasso, C. Concentration and purification of whey proteins by ultrafiltration / C. Baldasso, T. C. Barros, I. C. Tessaro // Desalination – 2011. – vol. 278. – P. 381.
- 13 Паладий, И. В. Молочная сыворотка: обзор работ. Часть 1. Классификация, состав, свойства, производные, применение / И. В. Паладий, Е. Г. Врабие, К. Г. Спринчан, М. К. Болога // Институт прикладной физики (Молдова). – Электронная обработка материалов – 2021. – № 57 (1). – С. 52–69.
- 14 Сабирова, Н. К. Исследование содержания микроэлементов в молочной сыворотке / Н. К. Сабирова, Г. З. Джахангирова // Universum: технические науки: электронный научный журнал – 2025. – №1 (130). – С. 32–35.
- 15 Габриелян, Д. И. Экономическая эффективность производства напитков с использованием молочной сыворотки / Д. И. Габриелян // Молочнохозяйственный вестник. – 2013. – № 2 (10). – С. 25–29.
- 16 Брыкалов, А. В. Разработка технологии напитков на основе молочной сыворотки, обогащенных фитокомпонентами / А. В. Брыкалов // КубГАУ. – 2014. – № 98. – С. 1–12.
- 17 Кузнецова, Т. А. Использование творожной сыворотки в технологии слабоалкогольных напитков брожения / Т. А. Кузнецова, О. Б. Иванченко // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 12. – С. 152–159.
- 18 Колотий, Т. Б. Напитки на основе молочной сыворотки с использованием сиропов из фруктов дикорастущих растений / Т. Б. Колотий, З. С. Коваленко // Новые технологии. – 2021. Т. 17. – № 2. – С. 33–39.
- 19 ГОСТ 53438-2009. Сыворотка молочная. Технические условия. – Введ. 2011.01.01 – М.: Стандартинформ, 2015. – 11 с.
- 20 ГОСТ 29294-2014. Солод пивоваренный. Технические условия. – Введ. 01.10.2016 – М.: Стандартинформ, 2016. – 28 с.
- 21 ГОСТ 33222-2015. Сахар белый. Технические условия. – Введ. 2016.07.01 – М.: Стандартинформ, 2015. – 19 с.
- 22 ГОСТ 33957-2016. Сыворотка молочная и напитки на ее основе. Правила приемки, отбор проб и методы контроля. – Введ. 2016.11.30 – М.: Стандартинформ, 2016. – 19 с.
- 23 ГОСТ 34536-2019. Определение массовой доли сывороточных белков методом Кьельдаля. – Введ. 2020.07.01 – М.: Стандартинформ, 2019. – 12 с.
- 24 Борщевская, Л. Н. Спектрофотометрическое определение молочной кислоты / Л. Н. Борщевская, Т. Л. Гордеева, А. Н. Калинина, С. П. Синевский // Журнал аналитической химии. – 2016. – том 71, № 8. – С. 787–790.
- 25 ГОСТ 56833-2015. Сыворотка молочная деминерализованная. – Введ. 2015.12.21 – М.: Стандартинформ, 2016. – 24 с.
- 26 Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Метод определения объемной доли этилового спирта: ГОСТ 32095-2013. – Введ. 01.03.2016 – Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь. – 2016. – 8 с.
- 27 Инструкция по теххимическому и микробиологическому контролю спиртового производства / И. М. Абрамова, Г. В. Полягина, В. А. Поляков, Л. В. Римарева. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 480 с.
- 28 Остроумова, Т. Л. Влияние белковых веществ на пенообразующие свойства молока / Т. Л. Остроумова, А. Ю. Просеков // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2007. – № 2. – С. 43–46.
- 29 Михнева, В. А. Эффективный способ переработки молочных сывороток / В. А. Михнева, М. С. Золотарева, А. С. Бессонов и др. // Молочная промышленность. – 2011. – № 1. – С. 25–26.

Поступила в редакцию 15.07.2025 г.

ОБ АВТОРАХ:

Елена Алексеевна Цед, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии пищевых производств, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: tse-delena@inbox.ru

Светлана Владимировна Волкова, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии пищевых производств, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: svetlana08@mail.ru.

Виктория Александровна Новикова, аспирант, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: Vik_toria_93@mail.ru.

Юлия Владимировна Ивчина, аспирант, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: Ivchina_julia90@mail.ru.

Жанна Викторовна Цынгалева, студент, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий.

ABOUT AUTHORS:

Elena A. Tsed – Doctor of Technical Sciences, professor, Head of the Department of Food Production Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: tsedelena@inbox.ru

Svetlana V. Volkova – Candidate of technical sciences, associate professor of the department of food production technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: svetlana08@mail.ru.

Victoria A. Novikova – postgraduate student, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: Vik_toria_93@mail.ru.

Yulia V. Ivchina – postgraduate student, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: Ivchina_julia90@mail.ru.

Zhanna V. Tsyngaleva, Student, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНО- ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

УДК 664:658.56

ДОСТИЖЕНИЕ КАЧЕСТВА И КОНКУРЕНТОУСТОЙЧИВОСТИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ТОВАРОВ

Е. З. Ловкис

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
Республика Беларусь*

АННОТАЦИЯ

Пищевая промышленность Республики Беларусь представляет собой совокупность разнопрофильных отраслей, которые обеспечивают страну высококачественными продуктами питания в объемах и ассортименте, достаточных для формирования правильного и сбалансированного рациона питания. На белорусском продуктовом рынке присутствует как отечественная, так и импортная продукция, ведущие мировые производители стремятся увеличить экспорт своей продукции, в том числе и создавая собственные производства на территории Беларуси. Потребители предпочитают продукты питания отечественного производства, так как они доступны по цене и высокого качества.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: конкурентоустойчивость; качество; показатели качества и безопасности; пищевая продукция.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Ловкис, Е. З. Достижение качества и конкурентоустойчивости продовольственных товаров / Е. З. Ловкис // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2025. – № 1 (38). – С. 87–91.

ACHIEVING QUALITY AND COMPETITIVENESS OF FOOD PRODUCTS

E. Z. Lovkis

*Republican Unitary Enterprise «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of
Belarus for Food», Republic of Belarus*

ABSTRACT

The food industry of the Republic of Belarus is a combination of diversified industries that provide the country with high-quality food products in volumes and assortment sufficient to form a proper and balanced diet. The Belarusian food market has both domestic and imported products; leading global manufacturers strive to increase the export of their products, including by creating their own production facilities in Belarus. Consumers prefer domestically produced food products because they are affordable and of high quality.

KEY WORDS: competitiveness; quality; quality and safety indicators; food products.

FOR CITATION: Lovkis, E. Z. Achieving quality and competitiveness of food products / E. Z. Lovkis // Bulletin of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2025. – № 1 (38). – P. 87–91.

ВВЕДЕНИЕ

От эффективности работы пищеперерабатывающей промышленности в целом и отдельно взятого предприятия зависит полнота обеспечения населения продуктами питания в объемах и ассортименте, достаточных для формирования правильного и сбалансированного рациона питания. Обеспечение безопасности и качества продовольственного сырья и пищевых продуктов является одним из основных факторов, определяющих здоровье человека.

На решение проблемы создания качественных и конкурентоспособных пищевых продуктов требуются значительные усилия со стороны научных учреждений, производителей продукции и самих потребителей. Производители пищевой продукции в условиях жесткой конкуренции и непредсказуемости экономического развития соседних стран (эпидемии, экологические и политические катастрофы) обязаны обеспечить устойчивое развитие предприятия, в т. ч. и за счет постановки на производство продуктов здорового питания.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С целью многостороннего обеспечения качества и конкурентоспособности отечественной пищевой продукции в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» проведена значительная работа в сфере науки, подготовки кадров высшей квалификации и технологического развития, предложена, создана и успешно функционирует инновационная система достижения качества продовольственного сырья и пищевой продукции (модель представлена на рисунке 1) [1–4].



Рис. 1. Модель системы достижения качества пищевой продукции

Fig. 1. Model of a system for achieving food quality

Технический комитет по стандартизации Республики Беларусь ТК ВУ 16 «Продовольственное сырье и продукты его переработки» разрабатывает государственные стандарты и технические нормативные правовые документы международной и

межгосударственной стандартизации. На основании заложенных требований к безопасности и качеству специалистами разрабатываются технологии и рецептуры продуктов питания. Специалистами центра ежегодно разрабатывается свыше 500 наименований рецептур продуктов питания. Современный потребитель смотрит не только на состав продукта и его полезные характеристики, но и на удобство упаковки, вкусовые и визуальные качества.

Показатели качества и безопасности и их контроль проводится на основании методов и методик, разработанных специалистами Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (далее – РКИК).

Для защиты отечественного рынка от некачественной и фальсифицированной продукции лабораториями РКИК разрабатываются национальные стандарты на методы испытаний пищевой продукции, авторские методики выполнения измерений, а также ежегодно оформляются около 7 тысяч протоколов испытаний продовольственного сырья и пищевых продуктов.

В РКИК создан Банк данных дополнительных показателей качества и компонентного состава отдельных видов продуктов с целью установления дополнительных показателей, которые позволят более объективно оценить их качество, идентифицировать продукцию конкретных производителей, выявить контрафактную и фальсифицированную продукцию.

Учитывая особую значимость для пищевых продуктов таких понятий, как вкус, цвет, запах, консистенция, на базе Центра была создана система центральных дегустационных комиссий (далее – ЦДК). ЦДК – коллегиальный орган, осуществляющий оценку органолептических характеристик пищевой продукции с использованием сенсорного анализа. ЦДК созданы по группам пищевой продукции: кондитерская, масложировая, консервная, овощесушильная, включая картофелепродукты, пищевого концентрата и чайные напитки, алкогольная, мясная и молочная, хлебопекарная, которые за год рассматривают до 700 новых видов продуктов, серийно изготавливаемых и импортируемых.

Орган по сертификации продукции, аккредитованный на соответствие требованиям СТБ ISO / IEC 17065-2013, проводит работы по подтверждению соответствия продукции в Национальной системе подтверждения соответствия и на соответствие требованиям технических регламентов Евразийского экономического Союза (ЕАЭС).

Деятельность Органа по сертификации продукции направлена в первую очередь на то, чтобы подтвердить безопасность продукции для здоровья потребителей, установить, соответствует ли качество продукта установленным требованиям и исключить реализацию некачественного товара на территории Республики Беларусь.

Несмотря на строгий научный подход к вопросам качества, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию старается быть как можно ближе к самому потребителю. Именно поэтому основным девизом своей работы специалисты считают традиционное определение термина «качество» как совокупности свойств продукции, призванных удовлетворять потребность в соответствии с ее назначением. И мнение, требования, потребительские предпочтения покупателей играют в этом процессе первостепенную роль.

Механизм формирования качества и безопасности продукта и его качества изначально закладываются в стандартах и регламентах на сырье и продукты. Согласно требованиям к сырью и готовому продукту по показателям качества и безопасности разрабатываются методы испытаний, методики определения показателей, используются существующие приборы и создается новое оборудование.

При производстве пищевых продуктов для здорового питания используют сырье животного и растительного происхождения, не поврежденное механически и сельскохозяйственными вредителями и болезнями, не увядшее и не проросшее, не

загрязненное и не подмороженное. Сырье по органолептическим показателям и показателям качества должны соответствовать требованиям действующих ТНПА Республики Беларусь.

Все молочное, зерновое, мясное, фруктово-овощное и другое сырье, используемые в производстве продуктов здорового питания, по содержанию токсичных элементов микротоксинов, пестицидов, нитратов, радионуклидов, должно соответствовать установленным нормам технического регулирования в странах ЕАЭС. Выполнение требований безопасности направлено на предупреждение возникновения у потребителей болезней пищевого происхождения: пищевых инфекций и пищевых отравлений микробной и немикробной природы. Особенно важно соблюдение безопасности при производстве продуктов здорового питания.

Для каждой группы пищевых продуктов установлены допустимые уровни показателей пищевой ценности: массовая доля сухих и растворимых веществ, титруемых кислот, спирта, углеводов, в том числе добавленного сахара, белков, поваренной соли, минеральных веществ: калия, магния, натрия.

По каждой группе продукции показатели качества и пищевой ценности приводятся согласно допустимым уровням СанПиПН и техническим регламентам Таможенного союза.

Кроме того, производимые в Республике Беларусь продукты здорового питания по органолептическим и физико-химическим показателям должны соответствовать требованиям стандартов по группам продуктов [4].

Для получения заключения о достоверных данных и влиянии продуктов питания на здоровье человека проводятся доклинические и клинические исследования.

Доклинические исследования – научные исследования с использованием лабораторных животных, проводятся для лекарственных препаратов и биологически активных добавок (БАД), пищевых продуктов функционального назначения.

Клинические исследования – научные исследования с участием людей, которое проводится с целью оценки эффективности и безопасности нового сырья и продукта, лекарственного препарата или расширения показаний к применению уже зарегистрированного продукта. По результатам исследований выдается заключение по показаниям, эффективности продукта, рекомендации по дозировке, переносимости, влияния на определенные органы.

Мониторинг предусматривает анализ рынка продуктов, исследование их конкурирующих свойств, потребительских предпочтений, показателей качества.

Специалисты Центра, используя мировой опыт и мировые стандарты, активно внедряют потребительские предпочтения. После обработки данных ученые Центра составляют конкретные рекомендации для предприятий пищевой индустрии. Такая информация имеет большое значение для изготовителя, если он стремится сделать свой продукт более востребованным и конкурентоспособным на рынке. Выступая в роли связующего звена между изготовителем и потребителем, Центр оказывает не только теоретическую, но и практическую помощь.

Конечно, одной из задач Центра является формирование теоретических основ и обеспечение комплексных фундаментальных и прикладных научных исследований, направленных на отработку методологии создания приоритетных конкурентоспособных продуктов питания.

Но без тесного сотрудничества с изготовителем решать подобные задачи было бы невозможно. В этой связи Центр принимает активное участие в подготовке специалистов предприятий и повышении их квалификации: на обучающих семинарах собираются представители предприятий и производственных лабораторий для изучения новых стандартов качества, новых методик и приборов, различных инновационных исследований, научных исследований, последних научных разработок.

С целью повышения качества жизни каждого человека специалистами Центра на основании Доктрины национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года разработаны: «Концепция государственной политики в области здорового питания населения Республики Беларусь на период до 2030 года» и «Стратегия повышения качества и безопасности пищевой продукции в Республике Беларусь до 2030 года» [5–7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многие белорусские продовольственные товары стали известными брендами и визитной карточкой нашей страны. Это стало возможным благодаря совместным усилиям науки, производителей, органов управления. Беларусь – страна, в которой удалось под единым началом сохранить такие важнейшие составляющие инфраструктуры качества, как стандартизация, новые технологии, аккредитация, испытания.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ловкис, З. В. Организационная структура системы достижения качества продовольственного сырья и пищевой продукции / З. В. Ловкис, Е. З. Ловкис, Е. М. Моргунова // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2017. – № 4 (38). – С. 3–9.
- 2 Ловкис, Е. З. Достижение конкурентоустойчивого развития пищевого предприятия // «Пищевая промышленность: наука и технологии». – 2022. – № 1 (55). – С. 53–61.
- 3 Гарус, Е. З. Экономический механизм формирования системы достижения и контроля качества продовольственных товаров: автореф. дис. канд. эк. наук: 18.08.16 / Е. З. Гарус; Государственное предприятие «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси». – Минск, 2016. – 23 с.
- 4 Ловкис, З. В. Стратегия повышения качества и безопасности пищевой продукции в Республике Беларусь до 2030 года / З. В. Ловкис, Е. М. Моргунова, Е. З. Ловкис // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2017. – № 1 (35). – С. 8–17.
- 5 Ловкис, З. В. Проект Концепции государственной политики в области здорового питания населения Республики Беларусь на период до 2030 года (с дополнениями и изменениями) / З. В. Ловкис, Е. З. Ловкис, А. В. Мелещенко, И. М. Почипская // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2023. – Т. 16, № 2 (60). – С. 8–14.
- 6 Ловкис, З. В. Инновационное развитие пищевой промышленности: аспекты теории и практики / З. В. Ловкис, Ф. И. Субоч, Е. З. Ловкис; РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 528 с.
- 7 Ловкис, З. В. Инновационная система национальной продовольственной конкурентоустойчивости: теория, методология и практика / З. В. Ловкис, Е. З. Ловкис, Ф. И. Субоч // Минск, «ИВЦ Минфина» – 2021г. – 383 с.

Поступила в редакцию 20.04.2025 г.

ОБ АВТОРАХ:

Елена Зеноновна Ловкис, кандидат экономических наук, начальник отдела по подтверждению соответствия РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», e-mail: lovkiess_ez@list.ru

ABOUT AUTHOR:

Elena Z. Lovkis, Ph.D. (Economics), Head of Compliance Confirmation Department of RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food», e-mail: lovkiess_ez@list.ru

УДК 631.147

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ЭТАПА ПЕРЕХОДА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ К УСТОЙЧИВОМУ ПРОИЗВОДСТВУ ОРГАНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

Д. В. Ерофеенко

Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ. В статье рассматриваются основы организации подготовительно-аналитического этапа при переходе к устойчивому производству органической продукции. Разработанный алгоритм подготовительно-аналитического этапа позволяет минимизировать риски при прохождении сертификации, ускорить адаптацию организации к требованиям органического стандарта и может быть использован как организационно-управленческий инструмент в рамках реализации стратегий устойчивого развития сельского хозяйства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *органическое производство; устойчивое сельское хозяйство; органическая сертификация; устойчивое развитие; подготовительно-аналитический этап; агроэкологическая трансформация.*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Ерофеенко, Д. В. Организация подготовительно-аналитического этапа перехода сельскохозяйственных организаций к устойчивому производству органической продукции / Д. В. Ерофеенко // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2025. – № 1 (38). – С. 92–100.

ORGANIZATION OF THE PREPARATORY-ANALYTICAL STAGE FOR THE TRANSITION OF AGRICULTURAL ORGANIZATIONS TO SUSTAINABLE PRODUCTION OF ORGANIC PRODUCTS

D. V. Erofeenko

Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Republic of Belarus

ABSTRACT. The article examines the fundamentals of organizing the preparatory-analytical stage during the transition to sustainable organic production. The developed algorithm for the preparatory-analytical stage allows for minimizing risks during certification, accelerates the organization's adaptation to organic standards, and can be used as a managerial tool in implementing in agriculture sustainable agricultural development strategies.

KEY WORDS: *organic production; sustainable agriculture; organic certification; sustainable development; preparatory-analytical stage; agroecological transformation.*

FOR CITATION: Erofeenko, D. V. Organization of the Preparatory-Analytical Stage for the Transition of agricultural organizations to Sustainable Production of Organic Products / D. V. Erofeenko // Bulletin of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2025. – № 1 (38). – P. 92–100.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Национальным планом действий по развитию зеленой экономики в Беларуси, экологически чистая сельскохозяйственная продукция является приоритетным направлением развития страны. Согласно Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития (НСУР) Республики Беларусь до 2030 г., стратегической целью развития сельского хозяйства является формирование экологически безопасного производства сельскохозяйственных продуктов, необходимых для обеспечения полноценного питания и здорового образа жизни населения при сохранении плодородия

почв. В качестве одного из критериев развития сельского хозяйства установлен минимальный процент земель, занятых в органическом сельскохозяйственном производстве, который должен составлять 3–4 % от общей площади сельскохозяйственных земель к 2030 году [1].

Развитие рынка органической продукции в Республике Беларусь находится на начальном этапе. Переход к устойчивому органическому производству требует системных изменений в сельскохозяйственных технологиях, управлении хозяйством и бизнес-стратегии организации. При отсутствии системного подхода процесс перехода хаотичен, может затянуться по времени, а хозяйство не достичь цели – получения органического сертификата [2]. Необходимость организации подготовительно-аналитического периода при переходе к устойчивому производству органической продукции обусловлена как экономическими, так и институциональными факторами. Этот этап представляет собой фундаментальную основу всей трансформационной стратегии организации и определяет готовность производственной системы к соответствию требованиям органических стандартов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Формирование алгоритма подготовительно-аналитического этапа базируется на системном подходе и реализуется с применением комплекса общенаучных методов, включая наблюдение, сравнение, анализ, систематизацию собранных данных, синтез. В результате логического исследования собранных данных, выработки суждений и умозаключений формируются теоретические обобщения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Подготовительно-аналитический этап перехода сельскохозяйственных организаций к устойчивому производству органической продукции может быть представлен в виде следующего алгоритма (рисунок 1).

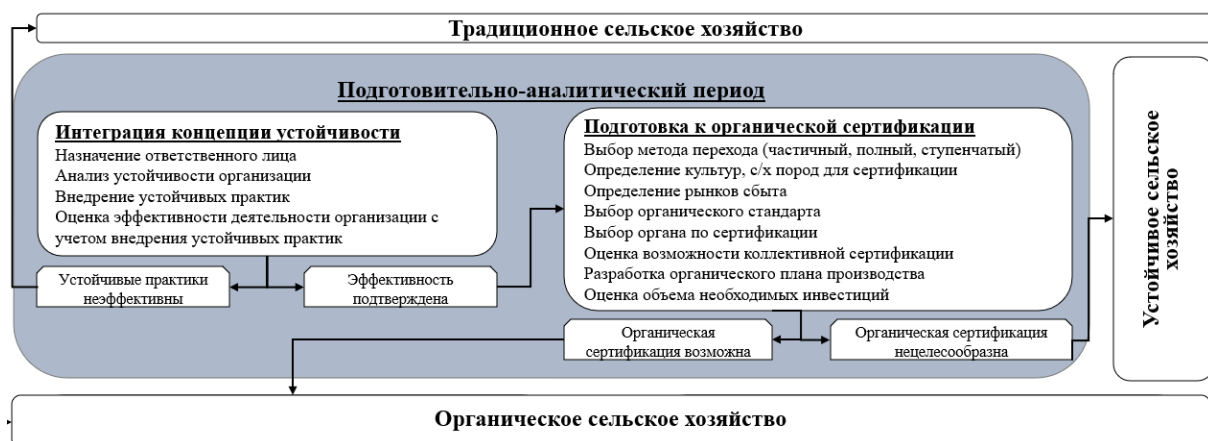


Рис. 1. Алгоритм подготовительно-аналитического этапа перехода к устойчивому производству органической продукции

Fig. 1. Algorithm of the preparatory and analytical stage of transition to sustainable production of organic products

Перед подготовкой к органической сертификации необходимо интегрировать концепцию устойчивости в деятельность организации. Постепенное внедрение устойчивых практик перед началом органической сертификации целесообразно по ряду ключевых причин:

1. Органическое земледелие исключает использование синтетических удобрений, пестицидов и гербицидов, что может привести к резкому снижению урожайности в первые

годы. Переходный этап с применением устойчивых методов (снижение количества химикатов, улучшение севооборота, применение компостирования и др.) позволяет агроэкосистеме (в особенности почве) плавно адаптироваться к новым условиям, а организации избежать резкого увеличения затрат, постепенно заменив синтетические препараты на биологические аналоги.

2. Одной из главных проблем перехода на органическое сельское хозяйство является высокая уязвимость культур к болезням и вредителям после отказа от химических препаратов. Применение устойчивых практик (агроресоводство, биологические методы защиты растений и диверсификация культур и др.) создает естественные механизмы защиты хозяйства.

3. Органическое производство предполагает здоровую и плодородную почву, но если хозяйство изначально использует интенсивные методы, то структура почвы может быть нарушена (эрозия, истощение, засоление). Устойчивые методы (минимальная обработка почвы (no-till), капельное орошение и др.) помогают восстановить плодородие почвы и подготовить ее к полному органическому циклу.

4. Применение устойчивых практик упрощает процесс органической сертификации. Сертификация органического производства – это длительный и сложный процесс, включающий переходный период, однако этот период может быть сокращен (для некоторых органических стандартов – до полугода), если будет доказано длительное применение устойчивых методов ведения сельского хозяйства, не противоречащих требованиям сертифицирующих органов. Хозяйства, уже использующие устойчивые методы, быстрее проходят аудит, так как соответствуют многим требованиям органического производства.

Эффективность ступенчатого перехода к устойчивым методам производства была подтверждена в исследовании Джахантба и Аббаси [3]. Разработанная ими многоступенчатая модель стохастического программирования показала, что оптимизированная схема севооборота при постепенном переводе посевных площадей (по частям) на устойчивые методы дает больший экономический эффект по сравнению с оптимизацией севооборота при одномоментной конверсии всех сельскохозяйственных земель. Исследования Меналлд акцентируют внимание на том, что реализация как устойчивых, органических, так и традиционных практик в одной сельскохозяйственной организации, но на разных посевных площадях, может смягчить некоторые экономические риски переходного периода [4].

При переходе от традиционного к органическому земледелию должно быть принято решение о сельскохозяйственных практиках (традиционных/устойчивых), которые будут реализованы на каждом поле, для каждой культуры, которая будет высажена в течение вегетационного периода. В дополнение к ступенчатому переходу модель оптимизации Джахантба и Аббаси предусматривает возможность обратного перехода от устойчивых к традиционным практикам в качестве потенциального средства для обеспечения минимального уровня годовой прибыли. При частичном ведении устойчивого сельскохозяйственного производства, важно осуществлять контроль за раздельным хранением продукции.

Для внедрения устойчивых практик в работу сельскохозяйственной организации необходимо определить работника, ответственного за устойчивое развитие. Работник, отвечающий за переход к устойчивому сельскому хозяйству, должен обладать комплексными знаниями в агрономии, экологии, экономике и управлении. После изучения теоретических основ устойчивого производства, необходимо провести комплексный анализ устойчивости организации, который учитывает экологические, социальные и экономические аспекты. Для оценки устойчивости могут применяться как международные системы оценки (DLG, RISE, SAFA, SMART, FSA, SAT, GRI), так и методики оценки, разработанные отечественными учеными. Оценка устойчивости позволяет менеджменту выявить ключевые

проблемы, оценить ресурсы, разработать стратегию перехода и оптимизировать производственные процессы. Регулярная публикация открытых отчётов об устойчивом развитии (sustainability reports) в процессе осуществления перехода формирует прочную репутационную базу и способствует международной интеграции в устойчивое продовольственное сообщество, является эффективным инструментом для повышения прозрачности, укрепления доверия со стороны потребителей, партнёров и инвесторов, дает возможность претендовать на получение грантов и субсидий международных фондов поддержки устойчивых практик (FAO, GEF, UNEP).

После успешной апробации и внедрения устойчивых практик в производство следует оценить целесообразность перехода к органическому сельскохозяйственному производству путем комплексного анализа рыночной конъюнктуры. На данном этапе критически важным является проведение маркетингового исследования, включающего идентификацию конкурентных стратегий, сегментацию рынков сбыта, а также оценку экспортного потенциала с учетом нормативно-правовых ограничений и требований сертификации. Для всестороннего анализа конкурентного ландшафта могут быть применены методы портфельного анализа (матрица BCG), структурного анализа отрасли (модель Портера), SWOT-анализ.

Для принятия решения о сертифицирующем органе необходимо определить рынки сбыта продукции. Выбор целевых рынков базируется на комплексном анализе спроса, учитывающем институциональные особенности, уровень платежеспособного спроса, оценке логистических параметров. При выходе на международные рынки необходимо провести анализ валютных рисков и динамики тарифного регулирования (изменения таможенных пошлин, колебания валютных курсов, система субсидирования агроэкспорта), определить оптимальную модель выхода на рынок (прямой экспорт, франчайзинг, совместные предприятия). Особый интерес при ориентации на экспорт представляют гармонизированные органические стандарты, по которым заключены двусторонние соглашения об эквивалентности (таблица 1).

Табл. 1. Органические стандарты, признаваемые в нескольких странах

Table 1. Organic standards recognized in several countries

Органический стандарт	Страны признания
EU Organic Regulation	Страны ЕС, Австралия, Канада, Коста-Рика, Индия, Израиль, Япония, Новая Зеландия, Швейцария, Тунис, США, Великобритания
USDA National Organic Program (NOP)	США, Канада, Европейский Союз, Япония, Швейцария, Южная Корея, Великобритания
Japanese Agricultural Standard (JAS)	Япония, Европейский Союз, Швейцария, США, Канада, Австралия, Аргентина, Чили, Индия, Израиль, Новая Зеландия, Тунис
Canada Organic Regime (COR)	Канада, Европейский Союз, США, Япония, Швейцария, Коста-Рика
Swiss Organic Farming Ordinance	Швейцария, Европейский Союз, Канада, США, Япония, Аргентина, Австралия, Коста-Рика, Индия, Израиль, Новая Зеландия, Тунис
Indian National Programme for Organic Production (NPOP)	Индия, ЕС, Швейцария
South Korea Organic Certification	Южная Корея, ЕС, США, Великобритания

Полная эквивалентность органических стандартов не всегда достижима и позволяет указать исключения, которые должны быть учтены. Например, правительство Японии в

своем письме об определении эквивалентности приняло три одобренных NOP синтетических вещества, попросив USDA «принять необходимые меры для предотвращения использования следующих веществ в органических продуктах, которые будут экспортироваться в Японию».

Для минимизации отличий в органических стандартах при их разработке необходимо соблюдать Соглашение о технических барьерах в торговле: в тех случаях, когда требуются технические регламенты и существуют соответствующие международные стандарты, члены ВТО должны использовать их в качестве основы для своих технических регламентов [5]. Кроме этого, ВТО постановило, что члены должны положительно рассматривать принятие в качестве эквивалентных технических регламентов других членов, даже если эти регламенты отличаются от их собственных, при условии, что они убеждены, что эти регламенты адекватно выполняют цели их собственных регламентов. IFOAM разработан «Эталонный образец органических стандартов», который содержит принципы и цели органического производства и гласит, что для соответствия эталону другие органические стандарты должны соответствовать всем указанным целям. Таким образом, в случае если зарубежные рынки сбыта организацией еще не определены, работа по органическому переходу может быть основана на Органическом стандарте IFOAM.

Кроме того, IFOAM периодически публикует список стандартов, официально одобренных органическим движением, основанных на их эквивалентности с общими целями и требованиями органического стандарта IFOAM. Одобрение стандарта IFOAM, соответствие Кодексу Алиментариус является единственным международным механизмом признания органического стандарта. Одобренные стандарты могут размещать логотип IFOAM на обложке стандарта, использование на товарах с маркетинговыми целями исключено [6]. Выбор стандарта из семейства IFOAM для прохождения сертификации подтверждает приверженность организации принципам устойчивого развития, обеспечивает международное признание, доступ к глобальным рынкам, открывает возможности участия в международных экологических и торговых программах.

Из органических стандартов стран СНГ в семейство стандартов IFOAM включен лишь стандарт Кыргызстана. При ориентации на экспорт в страны СНГ следует рассматривать требования национальных органических стандартов этих стран. В России, Беларуси регулирует производство органической продукции межгосударственный стандарт ГОСТ 33980-2016 «Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации». Кроме этого, в России разработан дополнительный стандарт для дикорастущего сырья [7]. В перспективную программу стандартизации на 2023–2025 годы включен проект Соглашения об обращении органической продукции в рамках ЕАЭС: в Российской Федерации, Армении, Беларуси, Казахстане и Кыргызстане органические стандарты будут в скором времени гармонизированы [8].

Следующим этапом после определения органического стандарта является выбор органа по сертификации. Основным критерием выбора является наличие у органа официальной аккредитации, признанной в рамках выбранного органического стандарта. Перечень аккредитованных органов по сертификации, как правило, размещен на официальном сайте органического стандарта. С целью сокращения издержек на логистику и инспекции предпочтение следует отдавать тем организациям, которые имеют представительства в стране расположения организации. Немаловажным является язык общения – наличие русскоязычных инспекторов, русифицированной документации может существенно упростить процедуру сертификации.

В случае выбора локального рынка органической продукции Республики Беларусь установлено два аккредитованных органа по добровольной сертификации: республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», республиканское унитарное предприятие «Белорусский

государственный институт метрологии».

Малым и средним сельскохозяйственным предприятиям целесообразно рассмотреть возможность коллективной сертификации – это процесс прохождения сертификации группой небольших сельхозпроизводителей, которые работают на одной территории. Период перехода может начаться только после помещения производственной единицы в систему контроля и после того, как она приступила к выполнению органических требований путем заключения договора с органом по сертификации. Перед заключением договора организация подает заявку, а орган по сертификации проводит предаудит.

Процедура предаудита направлена на определение степени готовности организации к соответствию требованиям органического стандарта. Преаудит может быть обязательным или добровольным – в зависимости от выбранной сертификационной системы. Для органической сертификации по стандартам ЕС, США, Индии предаудит не обязателен, но его проведение повышает шансы на успешную сертификацию. Для органической сертификации Китая, Южной Кореи, Demeter предаудит обязателен, строго регламентирован и формализован.

Для прохождения предаудита организация обращается в орган по сертификации, заключается предварительный договор (не равнозначен договору на сертификацию). Предоставляется краткая информация и документация организации, представитель сертифицирующего органа (аудитор) осуществляет выездной аудит или дистанционную проверку соответствия текущей практики базовым требованиям органического стандарта. Аудитор представляет отчет, включающий анализ рисков, выявленные несоответствия и рекомендации по их устранению, перечень необходимых изменений и заключение о целесообразности подачи заявки на органическую сертификацию. При необходимости может быть организована консультационная сессия для обсуждения следующих шагов.

Список документов, необходимых для подачи заявки на органическую сертификацию отличается в зависимости от выбранного стандарта. К стандартным позициям можно отнести юридическую информацию, карту/схему полей с описанием прилегающих территорий, журнал агротехнических мероприятий за последние три года, документы, подтверждающие недопустимость использования запрещенных в органическом сельском хозяйстве веществ, документы, подтверждающие происхождение семян и посадочного материала, сертификаты на используемые материалы и вещества, договоры с поставщиками, план органического производства. Кроме этого, могут потребоваться предварительные анализы почвы и воды, проведенные аккредитованной лабораторией, документы, подтверждающие квалификацию персонала, прохождение персоналом обучения [9].

Особое внимание следует уделить разработке органического плана производства. Как правило, план органического земледелия состоит из 12 разделов, представленных ниже.

1. Общие сведения об организации. Включает юридические данные.

2. Карта сельскохозяйственных земель. Все карты и схемы должны быть точными и актуальными. На карте должны быть обозначены все участки, которые будут использоваться для органического производства, с четким обозначением границ участков. Для каждого участка следует указать, какие культуры и виды сельскохозяйственных мероприятий будут проводиться. Участки, на которых планируется производство органических продуктов, должны быть четко отделены от участков, где применяются традиционные методы ведения сельского хозяйства. Если на территории имеются зоны, где применение определенных практик ограничено (например, зоны с высоким риском загрязнения), эти зоны должны быть четко обозначены.

3. Севооборот. Указывается, какие культуры будут высаживаться на каждом участке с указанием сроков и циклов смены культур с учетом потребностей в питательных веществах и их устойчивости к заболеваниям и вредителям. Включается информация как об основных культурах, так и вспомогательных, которые используются для улучшения структуры почвы и

повышения её плодородия (сидераты, покровные культуры).

4. Плодородие почвы. Оценка текущего состояния почвы на всех участках: типы почвы, уровень pH, содержание органических веществ, структура почвы и другие характеристики, влияющие на её плодородие. Описание методов, которые будут применяться для поддержания биологической активности и повышения плодородия почвы, методов борьбы с эрозией почвы, источников органических удобрений, схемы применения удобрений на каждом участке, план по улучшению структуры почвы для обеспечения её водоудерживающей способности, аэрации и уменьшения уплотнения. Описание процедур для регулярного мониторинга состояния почвы, включая частоту проведения анализов почвы.

5. Меры по борьбе с вредителями и предотвращению болезней. Описание принципов и методов, которые будут использоваться в соответствии с органическими стандартами, план мониторинга состояния посевов для раннего выявления заболеваний и вредителей, описание экстренных мер, которые будут предприняты в случае вспышек болезней.

6. Управление водными ресурсами. Описание источников водоснабжения, результаты анализов воды, подтверждающие её пригодность для использования в органическом сельском хозяйстве, план по улучшению качества воды, система учета и контроля расхода воды. Описание подходов к устойчивому использованию воды: меры по повышению водоеффективности, защите природных водоёмов от загрязнения, адаптации к возможным засухам, паводкам и другим климатическим колебаниям.

7. Буферные зоны. Подробное описание мер, направленных на защиту органических участков от загрязнения с неорганических территорий: определение буферных зон конкретной ширины (территорий, разделяющих органические и неорганические участки) с подробным картографическим описанием, методы организации буферных зон (засевание многолетними травами, живые изгороди, лесополоса, установка заборов или барьеров, естественные границы (овраги, каналы, водоразделы), правила ухода и контроля за буферными зонами.

8. Организация замкнутых циклов между растениеводством и животноводством на основе принципа биоциклической экономии ресурсов. Органические отходы животноводства должны перерабатываться и возвращаться в растениеводство в виде органических удобрений, что будет способствовать восстановлению и поддержанию плодородия почвы. В свою очередь, растительные остатки, сидеральные культуры, солома и корма должны быть использованы в животноводстве, обеспечивая самообеспеченность кормами и, следовательно, снижение затрат. В случае, если организация не является хозяйством полного цикла, возникает необходимость сотрудничества с другими сельскохозяйственными организациями.

9. Хранение. Описание складской инфраструктуры (тип здания, вентиляция, температурные режимы, защита от влаги и вредителей, наличие систем контроля доступа и учёта движения продукции), мер, предотвращающих перекрёстное загрязнение от неорганической продукции, характеристика используемой тары, процесса упаковки, меры по контролю за санитарным состоянием складов и линий упаковки.

10. Документация и контроль. Описание системы документооборота с указанием перечня обязательной документации, лиц, ответственных за ведение документации, сроков хранения документации, системы внутреннего аудита, используемых программных решений для автоматизации учёта.

11. Реализация продукции. Описание всех аспектов, связанных с маркетингом, сбытом и документальным сопровождением продукции, которая будет иметь статус органической: каналы сбыта, планируемые объёмы по культурам, особенности нанесения органической маркировки, логистика (предполагается полная прослеживаемость движения продукции).

12. История сельскохозяйственных практик за последние 3 года. Включает информацию об обработке агрохимикатами и внесении удобрений с указанием применяемых средств и сроков. Если устойчивые практики и исключение использования запрещенных веществ будет документально подтверждено, срок переходного периода может быть сокращен по решению органа по сертификации.

Процедура подачи заявки на органическую сертификацию является завершительной частью подготовительно-аналитического этапа перехода. До подачи заявки, параллельно с разработкой органического плана производства, осуществляется всесторонний анализ деятельности организации с целью оценки объема необходимых инвестиций:

- анализ инфраструктуры: инвентаризация существующего оборудования, оценка его соответствия требованиям органического стандарта, определение потребности в модернизации, закупке дополнительных единиц;
- оценка трудовых ресурсов: необходимость в найме большего числа работников, повышении квалификации работников;
- подбор поставщиков: идентификация сертифицированных поставщиков органических удобрений, посадочного материала, биологических средств защиты растений;
- экономическая оценка: расчёт себестоимости продукции в переходный период (при переходе на органическое производство переменные затраты (удобрения, корма, средства защиты растений) обычно переносятся на постоянные издержки: машины, персонал и др.), анализ рентабельности и определение потребностей в инвестициях;
- оценка существующей системы внутреннего учёта и необходимости ее совершенствования в соответствии с требованиями органического производства [10].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подготовительно-аналитический этап представляет собой ключевую фазу трансформационного процесса при переходе сельскохозяйственных организаций к устойчивому производству органической продукции. Именно на этом этапе формируется комплексное представление о текущем состоянии организации, оцениваются располагаемые ресурсы, а также разрабатывается план мероприятий по устранению потенциальных барьеров к органической сертификации. Системный подход к организации этой фазы позволяет минимизировать риски на последующих этапах и повысить готовность организации к соблюдению нормативных требований выбранного органического стандарта.

Подготовительно-аналитический этап включает в себя стратегически значимые действия: интеграция концепции устойчивости, определение рынков сбыта, выбор метода перехода, сертификационного стандарта и органа по сертификации, разработка органического плана. Особое значение имеет этап инвестиционной оценки перехода, что позволяет еще до начала переходного периода заложить устойчивую финансовую модель трансформации.

Разработанный алгоритм подготовительно-аналитического этапа дополняет существующие подходы к сертификации и может быть использован в качестве инструмента управленческого планирования, повышения эффективности институциональной адаптации и формирования конкурентоспособных стратегий устойчивого производства органической продукции.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года // министерство экономики Республики Беларусь. – URL: <https://economy.gov.by/uploads/files/NSUR2030/Natsionalnaja-strategija-ustojchivogo-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitija-Respubliki-Belarus-na-period-do-2030-goda.pdf> (дата обращения): 15.10. 2024.
- 2 Ponisio, L. C. System-level approach needed to evaluate the transition to more sustainable agriculture / L. C. Ponisio, L. C. Krenem // Proc. Biol. Sci. – 2016. – № 283 (1824). – DOI: 11098/rspb.2015.2913.
- 3 Farmland allocation in the conversion from conventional to organic farming / J. Mahboubbeh, A. Babak, P. Le Bodic //

European Journal of Operational Research. – 2023. – V. 311, № 3. – P. 1103–1119.

4 Menalled, F. From Conventional to Organic Cropping: What to Expect During the Transition Years / F. Menalled, C. Jones, D. Buschena, P. Miller // Montguide. – URL: https://www.researchgate.net/publication/242477507_From_Convention_to_organic_cropping_What_to_Expert_During_the_Transition_Years (date of access: 02.04.2025).

5 Harmonization and Equivalence in Organic Agriculture // UNCTAD, FAO & IFOAM. – URL: https://unctad.org/system/files/official-document/ditcted2008d3_en.pdf (date of access: 02.04.2025).

6 IFOAM Family of Standards // IFOAM – Organics International. – URL: <https://www.ifoam.bio/our-work/how/standards-certification/organic-guarantee-system/ifoam-family-standards> (date of access: 02.04.2025).

7 Стандарты, нормы и требования // Союз органического земледелия РФ. – URL: <https://soz.bio/baza-znaniy/standarty-normy-i-trebovaniya> (дата обращения: 02.04.2025).

8 Страны ЕАЭС приступили к созданию единого рынка органики // Официальный сайт Российской системы качества. – URL: <https://www.gostinfo.ru/InformationOfStandardization/Details/2941> (дата обращения: 02.04.2025).

9 Coleman, P. Guide for Organic Crop Producers / P. Coleman // National Center for Appropriate Technology (NCAT) Agriculture Specialist. – URL: <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/CropProducersGuide.pdf> (date of access: 02.04.2025).

10 Органическое сельское хозяйство: основные принципы и передовой опыт // FiBL. – URL: <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/4257-basics-bio-moldova-russian.pdf> (дата обращения: 02.04.2025).

Поступила в редакцию 21.04.2025 г.

ОБ АВТОРАХ

Дарья Викторовна Ерофеевко, аспирант, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: erofeenok@yandex.by.

ABOUT THE AUTHORS

Darya V.Yerafeyenka, postgraduate student, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: erofeenok@yandex.by.