

ВЕСТНИК

БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ПИЩЕВЫХ И ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Научно-методический журнал

Издается два раза в год

№ 2(35), 2023

*Учредитель: Белорусский государственный университет
пищевых и химических технологий*

СОДЕРЖАНИЕ

ПИЩЕВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

М. Л. Зенькова, А. В. Акулич

АНАЛИЗ КОНКУРЕНТНОГО ПОТЕНЦИАЛА НОВЫХ КОНСЕРВИРОВАННЫХ
ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА..... 3

М. Н. Галдова, Е. Н. Урбанчик

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА ПРОРОЩЕННЫХ
ПШЕНИЧНО-ОВСЯНЫХ СМЕСЕЙ И ПРАКТИЧЕСКОЕ
ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ..... 17

О. В. Шкабров, В. Д. Резниченко, И. М. Чернуха, Т. Н. Болашенко, Л. В. Лазовикова

МЕХАНИКА ФОРМИРОВАНИЯ ЦВЕТА МЯСА И СПОСОБЫ ЕГО
РЕГИСТРАЦИИ (обзор)..... 44

З. В. Василенко, Ш. Н. Атаханов, Т. Н. Болашенко, Е. Н. Кучерова, Т. В. Трофименко

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА,
БЕЛКОВО-МИНЕРАЛЬНОГО И ВИТАМИННОГО СОСТАВА СДОБНОЙ
БУЛОЧКИ С ДОБАВЛЕНИЕМ МУКИ ИЗ ЖМЫХА РАПСА..... 64

Ю. С. Назарова, Н. А. Шелегова

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ДРОБНОГО СУХОГО ОХМЕЛЕНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ
КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ СБРАЖИВАНИЯ ПИВНОГО
СУСЛА..... 75

Т. Д. Самуйленко, Т. А. Гуринова, Е. В. Гущенко, М. А. Литвинчук

ПОВЫШЕНИЕ СОХРАНЯЕМОСТИ ЗАВАРНОГО ХЛЕБА ЗА СЧЕТ
СТАБИЛИЗАЦИИ ЕГО СВОЙСТВ ТЕРМООБРАТИМЫМ ПЕКТИНОМ..... 87

<i>З. В. Василенко, Ш. Н. Атаханов, Т. В. Трофименко</i> ВЛИЯНИЕ МУКИ ИЗ ЖМЫХА РАПСА НА КАЧЕСТВО КЛЕЙКОВИНЫ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ И ПОДЪЕМНУЮ СИЛУ ДРОЖЖЕЙ.....	97
<i>А. В. Покрашинская, Л. В. Рукшан</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПИРТОВОЙ БАРДЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РЖАНО-ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА.....	105
<i>О. И. Купцова, Ю. Ю. Чеканова</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА СМЕТАНЫ ИЗ СЛИВОЧНО-ПАХТОВОЙ СМЕСИ.....	114

ПРОЦЕССЫ, АППАРАТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

<i>А. В. Акулич, В. М. Лустенков, В. М. Акулич, Л. А. Гостинщикова</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТИ УЛАВЛИВАНИЯ ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ СИСТЕМЫ ЦИКЛОН-ВИХРЕВОЙ ПРОТИВОТОЧНЫЙ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЬ.....	128
--	------------

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

<i>В. В. Богатырёва, М. П. Самоховец</i> НАУЧНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СТАНОВЛЕНИЯ КАТЕГОРИИ «ФИНАНСОВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ»	137
<i>А. П. Костеров</i> БЕССМЕРТНАЯ ПАМЯТЬ ХРАНИТ НАРОДНУЮ ТРАГЕДИЮ И ТЕРНИСТЫЙ ПУТЬ К ВОЗРОЖДЕНИЮ.....	145

ПИЩЕВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 664.864:339.13

АНАЛИЗ КОНКУРЕНТНОГО ПОТЕНЦИАЛА НОВЫХ КОНСЕРВИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА

М. Л. Зенькова¹, А. В. Акулич²

¹Белорусский государственный экономический университет, Республика Беларусь

²Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение: актуальность исследований обусловлена анализом и оценкой конкурентного потенциала новых консервированных продуктов на основе пророщенного зерна в соответствующей группе товаров по органолептическим показателям качества. Научная задача исследования – прогнозирование конкурентного потенциала новых консервированных продуктов на основе пророщенного зерна в сравнении с продуктами из групп натуральных консервов и консервированных фруктовых десертов.

Материалы и методы: образцы консервированных продуктов промышленного производства. Конкурентные преимущества определяли экспертным методом на основании рейтинговой оценки уровня качества органолептических показателей с использованием балльных шкал.

Результаты: определена номенклатура единичных показателей качества, описаны критерии качества и основные допустимые дефекты для них, определены коэффициенты весомости показателей качества. Представлена градация продуктов по уровням качества: 0,99 и выше – очень высокое качество (эталон), 0,98–0,95 – отличное качество, 0,94–0,80 – хорошее качество, 0,79–0,60 – удовлетворительное качество, 0,59 и ниже – неудовлетворительное, неприемлемое качество.

Выводы: разработанные пятибалльные шкалы позволяют количественно оценить органолептические показатели качества пищевой продукции с высоким уровнем объективности. Новые консервированные продукты на основе пророщенного зерна имеют конкурентное преимущество по органолептическим показателям в отношении консервов, реализуемых в торговой сети, и поэтому могут завоевывать определенный сегмент рынка.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: консервы из пророщенного зерна; органолептические показатели; балльный метод; уровень качества; комплексный показатель качества; натуральные консервы; десерты.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Зенькова, М. Л. Анализ конкурентного потенциала новых консервированных продуктов на основе пророщенного зерна / М. Л. Зенькова, А. В. Акулич // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2023. – № 2(35). – С. 3–16.

ANALYSIS OF THE COMPETITIVE POTENTIAL OF NEW CANNED PRODUCTS BASED ON SPROUTED GRAINS

M. L. Zenkova¹, A. V. Akulich²

¹Belarus State Economic University, Republic of Belarus

²Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Republic of Belarus

ABSTRACT

Introduction. The relevance of the research is determined by the analysis and assessment of the competitive potential of new canned products based on sprouted grains in the corresponding group of products according to organoleptic quality indicators. The scientific objective of the study is to predict the competitive potential of new canned products based on sprouted grains in comparison with products from the groups of natural canned foods and canned fruit desserts.

Materials and methods. Samples of canned industrial products. Competitive advantages were determined by an expert method based on a rating assessment of the quality level of organoleptic indicators using score system.

Results: A list of certain quality indicators is determined and quality criteria and their main acceptable defects are described. Weight coefficients for quality indicators are also revealed. A gradation of products according to quality levels is presented: 0,99 and above – very high quality (standard), 0,98–0,95 – excellent quality, 0,94–0,80 – good quality, 0,79–0,60 – satisfactory quality, 0,59 and below – unsatisfactory, unacceptable quality.

Conclusions: The developed five-point scales make it possible to assay the organoleptic indicators of the quality of food products with high objectivity. New canned products based on sprouted grains have a competitive advantage in terms of organoleptic indicators in relation to canned products sold in retail chains and therefore can gain a certain market segment.

KEY WORDS: canned products from sprouted grains; organoleptic indicators; scoring method; quality level; performance criterion; natural canned products; desserts.

FOR CITATION: Zenkova, M. L. Analysis of the competitive potential of new canned products based on sprouted grains / M. L. Zenkova, A. V. Akulich // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2023. – №. 2(35). – P. 3–16 (in Russian).

ВВЕДЕНИЕ

Стремительно развивающийся продовольственный рынок ставит перед производителями задачу – не потерять целевого покупателя и прибыль производства, создавать новые востребованные продукты с высокими потребительскими свойствами. Производитель пищевых продуктов должен владеть знанием маркетинговых коммуникаций, обладать предвидением и интуицией, информацией о конкурентных преимуществах продукта и недостатках, знанием технологических процессов их производства. Также необходимо постоянно реагировать и приспосабливаться к изменяющимся условиям, что требует, в свою очередь, поиска научно-обоснованных решений повышения конкурентоспособности производимой им пищевой продукции. Во времена возрастающей конкуренции необходимо, чтобы продовольственные товары обладали не только высоким качеством, были безопасными, но и имели прогнозируемые конкурентные преимущества в своей группе продуктов. Лишь некоторые консервированные продукты имеют классификацию по товарным сортам, определяющие их уровень качества. В основном это оценка качества на соответствие или несоответствие нормативному документу (стандарту). Конкурентные преимущества продукта определяют способность выдержать конкуренцию в сравнении с аналогичными продуктами на рынке. Известно, что показатель конкурентоспособности продукции является относительной, прогнозируемой величиной, получаемой путем сопоставления с показателями конкурентоспособности аналогичных видов продукции основных конкурентов [1]. В то время как государственные и межгосударственные стандарты гарантируют безопасность продукта, потребитель может оценить его качество, опираясь на собственный опыт, а также на рекламу. Поэтому часто импортные продукты низкого качества, с применением опасных пищевых добавок, но более рекламируемые, продаются по высоким ценам и пользуются большим спросом, вытесняя отечественные. Информированность о предпочтениях покупателей является инструментом, позволяющим производителю создавать продукцию, гарантированно

пользующуюся спросом. Знания предпочтений покупателей в такой области, как вкусовые качества, состав, цена, упаковка продукта, позволяют правильно позиционировать продукт на рынке относительно конкурентных товаров¹ [2]. Анализ опубликованных работ и методических материалов показывает, что подходы и методы оценки уровня качества и конкурентного преимущества (потенциала) продуктов представлены в научных публикациях, однако особенности консервированных пищевых продуктов не нашли в них отражения [3–9].

Оценка конкурентного потенциала включает такие категории, как психофизиологические аспекты, влияющие на предпочтения покупателей, мотивацию выбора покупки, органолептические характеристики продуктов и сенсорные особенности покупателей, определяющие перспективу совершения покупки. Для того, чтобы продукция была успешной на рынке, она должна нравиться покупателю. Анализ конкурентного потенциала при создании новых продуктов играет важную роль наряду с качеством и безопасностью при продвижении его на потребительском рынке [10]. Наряду с традиционными методами оценки качества консервированных продуктов [11, 12] применяют способы с привлечением как экспертов, так и потребителей. Часто при расширении ассортимента и создании новых продуктов к оценке качества привлекаются потребители, которые высказывают свое субъективное мнение [13–15]. Характеристика органолептических показателей, значения физико-химических показателей безопасности, представленные в нормативных документах, не позволяют разделить продукцию по категориям качества. Однако, используя балльный метод органолептического анализа, который имеет популярность при оценке качества продукции, можно оценить в том числе ее конкурентный потенциал. Учеными, в области оценки качества свежих фруктов и овощей, а также продуктов их переработки, проводятся исследования, посвященные разработке терминологического словаря и балльных шкал, позволяющих повысить объективность органолептического анализа. В настоящее время имеются публикации, в которых представлены аспекты разработки балльных шкал для оценки качества продуктов переработки фруктов и овощей [16–21]. Следовательно, разработка балльных шкал для оценки качественных характеристик новых консервированных продуктов на основе пророщенного зерна для оценки конкурентного потенциала является важной и актуальной задачей.

Целью исследований является изучение конкурентного потенциала новых видов консервированных продуктов на основе пророщенного зерна для прогнозирования их спроса.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- теоретически обоснованы принципы и разработана методология оценки конкурентного потенциала консервированных продуктов с участием покупателей;
- апробирована методика оценки конкурентного потенциала новых консервированных продуктов на основе пророщенного зерна.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнялась в Белорусском государственном университете пищевых и химических технологий и Белорусском государственном экономическом университете в 2021–2023 гг. Объектом исследований являлись промышленные образцы консервов «Зерна пророщенные (пшеница)» и «Десерт фруктовый с облепихой и пророщенной гречихой», а также образцы консервов, реализуемые в розничной торговле. Основные этапы оценки конкурентного потенциала новых консервированных продуктов представлены на рис. 1.

Оценка конкурентных преимуществ продукта может производиться на разных стадиях его жизненного цикла, поэтому цель оценки может быть разной. При разработке новых видов продукции или расширении ассортимента важно прогнозировать конкурентный потенциал продукта в группе однородной продукции.

¹Акулич, И. Л. Маркетинг: учебник. 8-е изд., перераб. и доп. Минск: Вышэйшая школа, 2014. – 543 с.

Маркетинговые исследования рынка проведены для выбора объектов исследования из одной группы продуктов.

Выбор номенклатуры показателей изначально проведен в соответствии с органолептической характеристикой продуктов. Для консервов «Зерна пророщенные (пшеница)» эксперты, участвующие в разработке балльной шкалы, выделили «внешний вид», «цвет зерен», «вкус и запах», «консистенция зерен», а для консервов «Десерт фруктовый с облепихой и пророщенной гречихой» – «внешний вид», «вкус и запах», «цвет» и «консистенция», как это и установлено в нормативных документах на готовые продукты. В консервах «Зерна пророщенные (пшеница)» эксперты объединили «внешний вид» и «качество заливочной жидкости», а в консервах «Десерт фруктовый с облепихой и пророщенной гречихой» разделили «вкус и запах» на два единичных показателя – «запах» и «вкус и послевкусие» – в связи с тем, что запах может быть слабый, пустой или обезличенный, вкус выраженный или невыраженный, а послевкусие наиболее ярко отражает дефекты и посторонние привкусы.

После выбора номенклатуры показателей разработана описательная 5-балльная шкала для каждого вида консервов. Характеристика показателей продуктов осуществляется по пяти качественным уровням: 5 баллов – отлично; 4 балла – хорошо; 3 балла – удовлетворительно, 2 балла – неудовлетворительно (может быть продукт с многочисленными допустимыми отклонениями); 1 – очень плохой (может быть продукт с недопустимыми отклонениями). При разработке балльных шкал учитывается, что используемые в ней термины должны быть общеупотребляемыми и с однозначным пониманием. При этом показатель продукта, оцениваемый на 5, 4, 3 балла, должен отвечать требованиям нормативных документов и допускаться в реализацию.

Определение весомости показателей качества осуществлено экспертами ранговым методом¹ [22]. Число экспертов (компетентных специалистов в области проводимых исследований) составило 5 человек.

Степень согласованности результатов ранжирования оценивается при помощи коэффициента конкордации W по формуле (1):

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (1)$$

где S – сумма квадратов отклонений от среднего значения рангов по показателям качества;

m – число экспертов;

n – число показателей.

Среднее значение рангов по показателям качества S_{cp} рассчитывается по формуле (2):

$$S_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m S_{ij}}{n}, \quad (2)$$

где S_{ij} – ранги, присвоенные экспертами (i) показателю (j).

Сумма квадратов отклонений S от среднего значения рангов рассчитывается по формуле (3):

$$S = \sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^m S_{ij} - S_{cp})^2. \quad (3)$$

Коэффициент конкордации изменяется в интервале $0 \leq W \leq 1$, причем $W = 0$ означает

¹Заворохина, Н. В. Сенсорный анализ продовольственных товаров на предприятиях пищевой промышленности, торговли и общественного питания: учебник / Н. В. Заворохина, О. В. Голуб, В. М. Позняковский. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 144 с.

отсутствие какого-либо согласия во мнениях экспертов, $W = 1$ означает полное согласие всех экспертов.

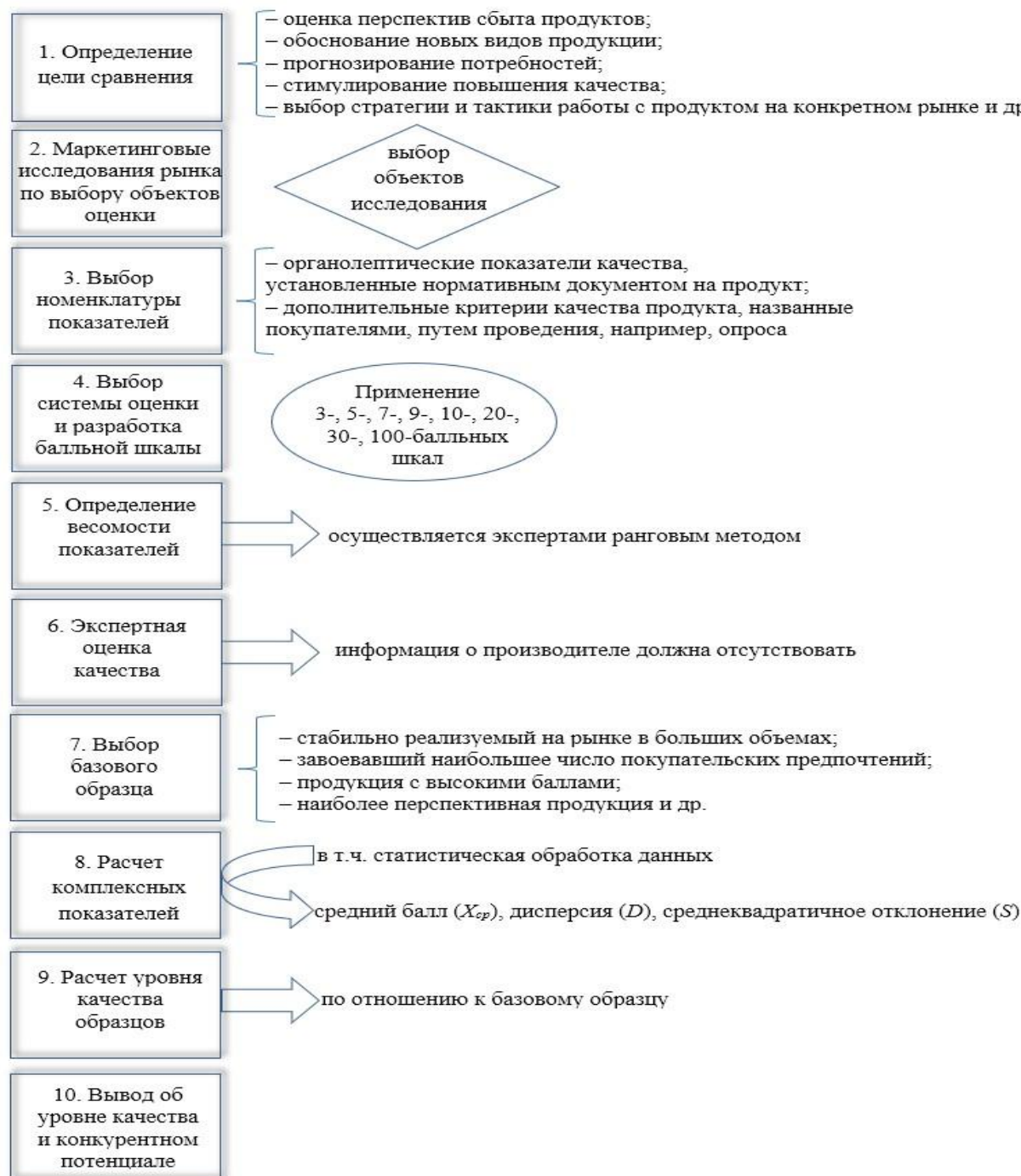


Рис. 1. Методологическая схема оценки конкурентного потенциала новых консервированных продуктов из пророщенного зерна

Fig. 1. Methodological scheme for assessing competitive potential Of new canned sprouted grain products

Экспертную оценку качества продуктов проводили эксперты с использованием разработанных балльных шкал и данные заносили в регистрационный лист.

Для получения объективных данных соблюдали процедуру оценки качества:

- образцы были закодированы;
- во время дегустации эксперты не общались;
- каждый эксперт индивидуально заполнял заранее подготовленные бланки регистрационных листов;
- экспертам предоставляли минимум информации о продукте (во избежание предвзятости);
- в период дегустации эксперт не употреблял чай или кофе (во избежание снижения порога чувствительности);
- после дегустации каждого образца предусмотрен короткий перерыв и нейтрализация рецепторов глотком воды.

Оценке качества пищевых продуктов уделяется значительное внимание на разных этапах товародвижения, что обеспечивает их безопасность [23].

Выбор базового образца осуществляли из оцениваемой группы продуктов. При оценке конкурентного потенциала новых видов продуктов за базовый образец принимали продукт с наибольшим значением комплексного показателя качества.

Расчет комплексного показателя. Комплексный показатель качества представляет собой сумму произведений средних баллов по единичным показателям качества на соответствующие коэффициенты весомости. При статистической обработке регистрационных листов необходимо вычислить средний балл по каждому показателю, а также среднее квадратичное отклонение. Средний балл X_{cp} по единичному показателю рассчитывается по формуле (4):

$$X_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (4)$$

где x – оценки в баллах по каждому показателю;

n – количество экспертов.

Средний балл (X_{cp}) выражает коллективное мнение группы экспертов.

Дисперсия оценок D показывает степень согласованности мнений экспертов в выставлении баллов и рассчитывается по формуле (5):

$$D = \frac{1}{n} \sum (X_i - X_{cp})^2. \quad (5)$$

Среднее квадратичное отклонение S определяет степень разброса оценок по данному единичному показателю и рассчитывается по формуле (6):

$$S = \sqrt{D}. \quad (6)$$

Комплексный показатель качества консервированных продуктов с учетом коэффициента весомости по каждому органолептическому показателю в баллах $Q_{кач}$ рассчитывается по формуле (7):

$$Q_{кач} = \sum (X_{cp} \cdot k), \quad (7)$$

где k – коэффициент весомости единичного органолептического показателя;

X_{cp} – средний балл по единичному органолептическому показателю.

Расчет уровней качества образцов K_i проводили по отношению к базовому образцу по формуле (8):

$$K_i = \frac{Q_{\text{кач } i}}{Q_{\text{баз}}} . \quad (8)$$

Вывод делается на основании градации уровня качества:

0,99 и выше – очень высокое качество (эталон);

0,98–0,95 – отличное качество;

0,94–0,80 – хорошее качество;

0,79–0,60 – удовлетворительное качество;

0,59 и ниже – неудовлетворительное, неприемлемое качество.

При $K < 1$ анализируемый продукт уступает базовому образцу, при $K > 1$ – превосходит базовый образец.

Таким образом, анализируя результаты исследований уровня качества продукта, изучали показатели, которые в большей степени влияют на конечный результат. Далее делали вывод о конкурентном потенциале продукта.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценивая уровень качества новых видов консервированных продуктов предполагается получить объективные данные о качестве продукции, ее техническом уровне и конкурентоспособности на этапе ее внедрения в массовое производство [24]. Сравнительная оценка качества консервов из пророщенного зерна и сахарной кукурузы проводилась ранее с использованием балльной шкалы [25].

Для оценки конкурентного потенциала новых консервированных продуктов из группы натуральных консервов отобраны следующие образцы:

– образец 1 – консервы «Зерна пророщенные (пшеница)» стерилизованные; опытный образец, страна изготовления – Беларусь;

– образец 2 – консервы натуральные «Кукуруза сладкая в зернах в вакуумной упаковке», продукт стерилизованный; товарный знак «Globus», страна изготовления – Россия;

– образец 3 – консервы овощные стерилизованные «Горошек зеленый» 1 сорт; товарный знак «Mikado», страна изготовления – Россия;

– образец 4 – консервы из фасоли «Фасоль белая «Классическая»», продукт стерилизованный; товарный знак «Bonduelle», страна изготовления – Россия.

В качестве объектов сравнения из группы десертов отобраны образцы, наиболее близкие по составу:

– образец 1 – «Десерт фруктовый с облепихой и пророщенной гречихой», стерилизованный, опытный образец, страна изготовления – Беларусь;

– образец 2 – Ягодный десерт из натуральных ингредиентов «Облепиха, протертая с сахаром, с пророщенным зерном»; товарный знак «Goldenmix», страна изготовления – Россия;

– образец 3 – Десерт фруктовый «Голубика-яблоко-черная смородина-банан», обогащенный пребиотиком гуммиарабик (пищевое волокно Фибрегам В); товарный знак «BioNergy», страна изготовления – Россия;

– образец 4 – «Пюре из яблок, абрикоса и чернослива с добавлением творога, льняной клетчатки, ростков пшеницы, экстракта гуараны, обогащенное инулином», гомогенизированное стерилизованное; товарный знак «Fruds», страна изготовления – Беларусь.

Для оценки конкурентного потенциала в каждой группе консервов определены коэффициенты весомости единичных показателей качества методом ранжирования. Число экспертов составило 5 человек. Каждый эксперт присваивал показателям номера натурального ряда в порядке убывания их значимости (табл. 1, 2).

Табл. 1. Определение коэффициентов весомости показателей качества для группы натуральных консервов

Table 1. Determination of weight coefficients of quality indicators for a group of natural canned products

Наименование показателей (j)	Ранги, выставленные экспертами (i)					Сумма рангов (S _{ij})	Коэффициент весомости, k	Разница между S _{ij} и S _{ср}	Квадрат отклонений S
	1	2	3	4	5				
Внешний вид	2	3	4	3	3	15	0,30	2,5	6,25
Цвет зерен	4	4	3	4	4	19	0,38	6,5	42,25
Вкус и запах	1	1	1	1	1	5	0,10	-7,5	56,25
Консистенция зерен	3	2	2	2	2	11	0,22	-1,5	2,25
ИТОГО	10	10	10	10	10	50	1,0		107,00
Среднее значение рангов S _{ср}						12,5			

Исходя из расчетных данных (табл. 1), наиболее значимыми показателями для группы натуральных консервов являются цвет зерен, внешний вид продукта и консистенция зерен, а наименее – вкус и запах.

Степень согласованности результатов ранжирования оценивается при помощи коэффициента конкордации по формуле (1):

$$W = \frac{12 \cdot 107}{5^2 \cdot (4^3 - 4)} = 0,856.$$

Величина коэффициента конкордации составляет 0,856, что свидетельствует об удовлетворительной согласованности мнений экспертов.

Исходя из данных, полученных в табл. 2, наиболее значимыми показателями для группы консервов «Десерты фруктовые» являются внешний вид продукта, вкус, послевкусие и цвет, а наименее – запах и консистенция.

Также рассчитана степень согласованности результатов ранжирования при помощи коэффициента конкордации по формуле (1) и получено такое же значение, как в предыдущих расчетах.

$$W = \frac{12 \cdot 214}{5^2 \cdot (5^3 - 5)} = 0,856.$$

Табл. 2. Определение коэффициентов весомости показателей качества для группы консервов «Десерты фруктовые»

Table 2. Determination of weight coefficients of quality indicators for a group of canned products «Fruit desserts»

Наименование показателей (j)	Ранги, выставленные экспертами (i)					Сумма рангов (S _{ij})	Коэффициент весомости, k	Разница между S _{ij} и S _{ср}	Квадрат отклонений S
	1	2	3	4	5				
Внешний вид	5	5	5	5	5	25	0,33	10,0	100,0
Запах	2	2	3	1	2	10	0,13	-5,0	25,0
Вкус и послевкусие	3	4	2	4	4	17	0,23	2,0	4,0
Цвет	4	3	4	3	3	17	0,23	2,0	4,0
Консистенция	1	1	1	2	1	6	0,08	-9,0	81,0
ИТОГО	15	15	15	15	15	75	1,0		214,00
Среднее значение рангов S _{ср}						15,0			

Проведена оценка качества образцов консервов по разработанным пятибалльным шкалам. В табл. 3 и 4 представлено деление консервированных продуктов по уровням качества в соответствии с предложенным описанием.

Табл. 3. Описательная пятибалльная шкала для группы натуральных консервов

Table 3. Five-point descriptive scale for a group of natural canned products

Показатели	Характеристика	Кол-во баллов
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Внешний вид	целые зерна, однородные по величине, без примесей растительного происхождения и других посторонних примесей; для пророщенного зерна – с признаками зародышевого корешка; для кукурузы – целые зерна с одинаковой глубиной срезки; заливка прозрачная, характерного цвета	5
	целые зерна, однородные по величине, без примесей растительного происхождения и других посторонних примесей; для пророщенного зерна – с признаками зародышевого корешка; для кукурузы – целые зерна с неодинаковой глубиной срезки	4
	присутствие единичных разваренных, треснувших и битых (половинки или кусочки зерен, оболочки и их частицы) зерен, заливка с небольшой опалесценцией, характерного цвета, с небольшим крахмалистым осадком; для кукурузы молочного оттенка с опалесценцией	4
	целые зерна, неоднородные по величине, без примесей растительного происхождения и других посторонних примесей; для пророщенного зерна – с признаками зародышевого корешка, присутствие единичных зерен без признака зародышевого корешка; для кукурузы – целые зерна с неодинаковой глубиной срезки; присутствие разваренных, треснувших и битых (половинки или кусочки зерен, оболочки и их частицы) зерен менее 10 %, заливка с опалесценцией, характерного цвета, с небольшим количеством взвешенных частиц, с крахмалистым осадком, допускается мутность; для кукурузы и пророщенного зерна мутная, молочного оттенка	3
	целые зерна, неоднородные по величине, присутствие примесей растительного происхождения и других посторонних примесей; для пророщенного зерна – без признака зародышевого корешка; для кукурузы – целые зерна с неодинаковой глубиной срезки; присутствие разваренных, треснувших и битых (половинки или кусочки зерен, оболочки и их частицы) зерен более 10 %, заливка мутная	2
	целые зерна, наличие единичных зерен, поврежденных сельскохозяйственными вредителями	1
Цвет зерен	однородный в единице упаковки, характерный для сырья после тепловой обработки	5
	присутствие единичных зерен, отличающихся по цвету от основной массы	4
	неоднородный цвет зерен, но характерный для сырья после тепловой обработки	3
	наличие пятнистых зерен	2
	наличие зерен темно-коричневого или бурого цвета; для фасоли наличие фасоли разного типа	1
Вкус и запах	приятный, нейтральный, свойственный сырью после термической обработки, без постороннего привкуса и запаха	5
	выраженный солоноватый или сладковатый, без постороннего привкуса и запаха	4
	умеренно соленый или сладкий, с крахмалистым привкусом, без постороннего запаха	3
	сильно соленый или сладкий, крахмалистый, со слегка уловимым кислым запахом	2
	кислый вкус и запах	1

Продолжение табл. 3.

1	2	3
Консистенция зерен	мягкая, различима оболочка без чрезмерной жесткости	5
	мягкая неоднородная, наличие плотных зерен	4
	мягкая, наличие разваренных или твердых зерен	3
	плотные или твердые зерна с жесткой оболочкой	2
	кашицеобразная, переваренные зерна	1

Табл. 4. Описательная пятибалльная шкала для группы консервов «Десерты фруктовые»

Table 4. Five-point descriptive scale for a group of natural canned products «Fruit desserts»

Показатели	Характеристика	Кол-во баллов
1	2	3
Внешний вид	однородная масса в виде пюре или пюре с равномерно распределенными в нем целыми или нарезанными фруктами, орехами, пророщенными зернами; присутствуют единичные семена от ягод; без примесей растительного происхождения и других посторонних примесей	5
	однородная масса в виде пюре или пюре с равномерно распределенными в нем целыми или нарезанными фруктами, орехами, пророщенными зернами; присутствуют единичные семена от ягод, частицы кожицы, фрукты, орехи или пророщенные зерна, не сохранившие форму; без примесей растительного происхождения и других посторонних примесей	4
	однородная масса в виде пюре или пюре с равномерно распределенными в нем целыми или нарезанными фруктами, орехами, пророщенными зернами; присутствуют семена от ягод, грубые частицы кожицы, фрукты, орехи или пророщенные зерна, не сохранившие форму, примеси растительного происхождения, другие посторонние примеси отсутствуют; наблюдается незначительное отделение жидкости на поверхности	3
	наличие примесей растительного происхождения и посторонних примесей; значительное отделение жидкости на поверхности	2
	наличие минеральных и посторонних примесей	1
Запах	натуральный, приятный, гармоничный, хорошо выраженный, свойственный смеси компонентов, из которых изготовлен десерт; без посторонних запахов	5
	натуральный, выраженный, свойственный смеси компонентов, из которых изготовлен десерт; без посторонних запахов	4
	негармоничный и/или слабовыраженный, без посторонних запахов	3
	пустой и/или слабовыраженный, пригорелый, не установленный посторонний	2
	химический, не свойственный компонентам, из которых изготовлен десерт	1
Вкус и послевкусие	натуральный, хорошо выраженный, соответствует компонентам рецептуры, от кисло-сладкого до сладкого приятного, с освежающим сладковатым фруктовым послевкусием; без постороннего привкуса	5
	соответствует компонентам рецептуры, сладко-кислый, со сладковатым фруктовым послевкусием; без постороннего привкуса	4
	соответствует компонентам рецептуры, сладко-кислый, с кислым послевкусием; без постороннего привкуса	3
	кислый, негармоничный, с плесневелым и/или пригорелым послевкусием	2
	горький и/или кислый, с химическим послевкусием	1
Цвет	средней интенсивности, однородный по всей массе пюре, свойственный цвету смеси компонентов рецептуры	5
	средней интенсивности, свойственный цвету смеси компонентов рецептуры; наличие незначительного потемнения верхнего слоя десертов, в состав которых входили темноокрашенные фрукты; наличие оранжевого кольца в верхнем слое десертов, изготовленных из сырья оранжевого/желтого цвета	4
	средней интенсивности, свойственный цвету смеси компонентов рецептуры; наличие бурого оттенка пюре и/или бурых полос или пятен	3

Продолжение табл. 4.

1	2	3
Консистенция	интенсивный, не свойственный цвету смеси компонентов рецептуры; значительное потемнение на поверхности и внутри десерта	2
	яркий неестественный, не свойственный цвету смеси компонентов рецептуры; «ядовитый»	1
	пюреобразная, с включениями целых или нарезанных фруктов, или орехов, или семян, или пророщенного зерна, или без них	5
	густая, с незначительными признаками желирования, с включениями целых или нарезанных фруктов или орехов, или семян, или пророщенного зерна, или без них	4
	желеобразная, с включениями целых или нарезанных фруктов или орехов, или семян, или пророщенного зерна, или без них	3
	густая, с включением не установленных плотных ингредиентов или без них	2
	жидкая, с добавлением целых или нарезанных фруктов или орехов, или семян, или пророщенного зерна, или без них	1

Перед дегустацией эксперты проходят инструктаж и им выдается регистрационный лист. Результаты экспертной оценки и расчет комплексного показателя качества на примере образца 1 из группы натуральных консервов представлены в таблице 5.

Табл. 5. Оценка комплексного показателя качества образца 1

Table 5. Evaluation of performance criterion of sample 1

Эксперты	Оценка экспертов по органолептическим показателям, балл				Комплексный показатель качества
	внешний вид	цвет зерен	вкус и запах	консистенция зерен	
Эксперт 1	4	4	5	4	
Эксперт 2	3	4	5	4	
Эксперт 3	4	5	5	4	
Эксперт 4	4	5	5	5	
Эксперт 5	4	5	4	4	
Сумма баллов	19	23	24	21	
Средний балл, $X_{\text{ср}}$	3,8	4,6	4,8	4,2	
Дисперсия, D	0,16	0,24	0,16	0,16	
Среднеквадратичное отклонение, S	0,40	0,49	0,40	0,40	
Коэффициент весомости, k	0,30	0,38	0,10	0,22	
Комплексный показатель качества	1,140	1,748	0,480	0,924	4,292

Проведена статистическая обработка регистрационных листов: вычислен средний балл по единичному показателю, а также дисперсия и среднеквадратичное отклонение по формулам (4), (5) и (6) соответственно, комплексный показатель качества – по (7). Считается, что результат статистически значим, если значение среднеквадратичного отклонения не превышает 0,5. Аналогично проведены расчеты по всем образцам и результаты расчетов комплексного показателя качества представлены в табл. 6.

Для оценки уровня качества и конкурентного потенциала определены базовые образцы в группах продуктов по наибольшему расчетному значению комплексного показателя качества. Проведен расчет уровня качества оцениваемых образцов по отношению к базовому образцу (табл. 6).

Табл. 6. Оценка уровня качества новых видов консервов на основе пророщенного зерна**Table 6.** Evaluation of the quality level of new types of canned products based on sprouted grains

Наименование образцов	Страна изготовитель	Товарный знак	Комплексный показатель качества	Уровень качества по отношению к базовому образцу (K)
<i>Оценка уровня качества натуральных консервов</i>				
Консервы «Зерна пророщенные (пшеница)» стерилизованные	Беларусь		4,292	0,979 (отличное)
Консервы натуральные «Кукуруза сладкая в зернах в вакуумной упаковке» стерилизованные	Россия	Globus	4,384	базовый образец
Консервы овощные стерилизованные «Горошек зеленый» 1 сорт	Россия	Mikado	3,588	0,818 (хорошее)
Консервы из фасоли «Фасоль белая «Классическая»» стерилизованные	Россия	Bonduelle	3,948	0,901 (хорошее)
<i>Оценка уровня качества консервированных фруктовых десертов</i>				
«Десерт фруктовый с облепихой и пророщенной гречихой», стерилизованный	Беларусь		4,494	0,947 (отличное)
Ягодный десерт из натуральных ингредиентов «Облепиха, протертая с сахаром, с пророщенным зерном»	Россия	Goldenmix	3,990	0,841 (хорошее)
Десерт фруктовый «Голубика-яблоко-черная смородина-банан», обогащенный пребиотиком гуммиарабик (пищевое волокно Фибрегам В)	Россия	BioNergy	4,744	базовый образец
«Пюре из яблок, абрикоса и чернослива с добавлением творога, льняной клетчатки, ростков пшеницы, экстракта гуараны, обогащенное инулином», гомогенизированное стерилизованное	Беларусь	Fruds	3,620	0,763 (удовлетворительное)

В результате исследований установлено, что среди исследуемых образцов новые консервированные продукты по органолептическим показателям имеют конкурентный потенциал по отношению к консервам «Фасоль белая «Классическая»» и «Горошек зеленый» в линейке натуральных консервов, а также по отношению к консервам из натуральных ингредиентов «Облепиха, протертая с сахаром, с пророщенным зерном» и «Пюре из яблок, абрикоса и чернослива с добавлением творога, льняной клетчатки, ростков пшеницы, экстракта гуараны, обогащенное инулином», гомогенизированное стерилизованное в линейке фруктовых десертов (таблица 6). Качество новых консервированных продуктов на основе пророщенного зерна по сравнению с базовыми образцами отнесены к высокому уровню.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одной из важных задач при оценке конкурентного потенциала является установление градаций качества пищевой продукции. В результате проведенных исследований разработаны две пятибалльные шкалы для групп натуральных консервов и консервированных фруктовых десертов. Дана оценка конкурентного потенциала новых видов консервированных продуктов

на основе пророщенного зерна с применением экспертного метода, основанного на сравнении органолептических показателей качества образцов и вычисления степени согласованности мнений экспертов. В работе рассчитаны коэффициенты весомости органолептических показателей качества продуктов методом ранжирования. Определена совокупность показателей, которые обуславливают уровень качества в группах натуральных консервов и консервированных фруктовых десертов. Установлен уровень качества новых консервированных продуктов по отношению к базовым образцам «Кукуруза сладкая в зернах в вакуумной упаковке», продукт стерилизованный, товарный знак «Globus», страна изготовления Россия и десерт фруктовый «Голубика-яблоко-черная смородина-банан», обогащенный пребиотиком гуммиарабик (пищевое волокно Фибрегам В)», товарный знак «BioNergy», страна изготовления Россия. Таким образом, новые консервированные продукты из пророщенного зерна по органолептическим показателям имеют конкурентный потенциал по отношению к консервам соответствующей группы, реализуемым в торговой сети.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Дубинина, Н. А. Системная характеристика содержания понятия «конкурентоспособность продукции» / Н. А. Дубинина // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Экономика. – 2015. – № 1. – С. 30–37.
- 2 Воловская, Н. М. Предпочтения потребителей: понятие, теоретические подходы / Н. М. Воловская, А. И. Идрисова // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2020. – № 4–1(62). – С. 73–75. <https://doi.org/10.24411/2411-0450-2020-10259>.
- 3 Gabrielsen, G. A multi-level model for preferences / G. Gabrielsen // Food Quality and Preference. – 2001. – № 12(5–7). – P. 337–344. [https://doi.org/10.1016/s0950-3293\(01\)00019-2](https://doi.org/10.1016/s0950-3293(01)00019-2).
- 4 Краснова, И. С. Оценка потребительских предпочтений сублимированных йогуртов методом hierarchy analysis metod / И. С. Краснова, М. А. Никитина, Г. В. Семенов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2022. – № 4. – С. 38–48. <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2022-15-4-38-48>.
- 5 Worch, T. Ideal profile method (IPM): The ins and outs / T. Worch [et al.] // Food Quality and Preference. – 2013. – Vol. 28, Iss. 1. – P. 45–59. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.08.001>.
- 6 Ramírez-Rivera E. J. Analytic hierarchy process as an alternative for the selection of vocabularies for sensory characterization and consumer preference / E. J. Ramírez-Rivera [et al.] // Journal of Sensory Studies. – 2019. – Vol. 35, Iss. 1. – article e12547. <https://doi.org/10.1111/joss.12547>.
- 7 Овчарук, Н. Ю. Механизм формирования конкурентных преимуществ (на примере пищевой отрасли региона) / Н. Ю. Овчарук, Е. Л. Прокопьева // Региональная экономика: теория и практика. – 2017. – Т. 15, Вып. 1. – С. 101–116.
- 8 Фазуллина, О. Ф. Применение дескрипторно-профильного метода для оценки качества обогащенных макаронных изделий / О. Ф. Фазуллина, С. О. Смирнов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. – 2020. – Т. 8. – № 4. – С. 53–58. <https://doi.org/10.14529/food200407>.
- 9 Шпак, Т. И. Применение расчетных методов для прогнозирования потребительского спроса / Т. И. Шпак [и др.] // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. – 2020. – № 10(125). – С. 39–43.
- 10 Резниченко, И. Ю. Анализ конкурентных преимуществ функциональных мучных кондитерских изделий / И. Ю. Резниченко, А. М. Чистяков, М. С. Щеглов // Ползуновский вестник. – 2021. – № 3. – С. 147–154. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.020>.
- 11 Влащик, Л. Г. Оценка качества и безопасности овощных консервов «Зеленый горошек» / Л. Г. Влащик, А. В. Тарасенко, Ю. А. Кийкова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 69. – С. 298–302.
- 12 Саманкова, Н. В. Ассортимент и технология новых видов замороженных фруктовых соусов на основе черной и красной смородины / Н. В. Саманкова, В. Н. Тимофеева, Ю. С. Назарова // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. – 2020. – № 1(28). – С. 3–11.
- 13 Groves, A. M. Authentic British food products: a review of consumer perceptions / A. M. Groves // International Journal of Consumer Studies. – 2008. – Vol. 25, Iss. 3. – P. 246–254. <https://doi.org/10.1046/j.1470-6431.2001.00179.x>.
- 14 Крупицын, В. В. Потребительские предпочтения и оценка качества йогуртов, обогащенных натуральными ингредиентами на основе продуктов пчеловодства / В. В. Крупицын, Ю. А. Шилов, Е. И. Рыжков // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2016. – № 1(36). – С. 98–104.

- 15 Крукович, О. В. Проектирование потребительских свойств напитка брожения на основе листьев крапивы двудомной методом QFD-анализа / О. В. Крукович, С. Л. Масанский // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов XI Международной научно-технической конференции, Могилев, 20–21 апреля 2017 г. – Могилев: МГУП, 2017 – С. 369.
- 16 Габинский, А. В. Органолептическая оценка качества икры из кабачков / А. В. Габинский [и др.] // Ползуновский вестник. – 2013. – № 4–4. – С.132–137.
- 17 Глебова, С. Ю. Разработка балльной шкалы органолептической оценки качества овощных соусов / С. Ю. Глебова, О. В. Голуб, Н. В. Заворохина // Пищевая промышленность. – 2018. – № 2. – С. 20–23.
- 18 Глебова, С. Ю. Разработка описательной балльной шкалы для органолептической оценки качества быстрозамороженных овощей / С. Ю. Глебова, Н. В. Заворохина, О. В. Голуб // Пищевая промышленность. – 2019. – № 3. – С. 26–29.
- 19 Резниченко, И. Ю. Правильная этикетка – залог успешных продаж / И. Ю. Резниченко, О. Ю. Тихонова, И. Л. Сельская // Пищевая промышленность. – 2019. – № 7. – С. 19–24. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10097>.
- 20 Кожемяко, А. В. Квалиметрическая оценка качества овощных соусов / А. В. Кожемяко, И. Ю. Сергеева, Е. А. Вечтомова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2020. – № 4. – С. 67–78. <https://doi.org/10.24411/2311-6447-2020-10084>.
- 21 Табала, Е. Б. Исследование показателей качества припасов из дикорастущих ягод брусники и клюквы на разных сроках хранения / Е. Б. Табала // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2021. – № 11. – С. 219–226. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-11-219-226>.
- 22 Зенькова, М. Л. Оценка уровня качества продовольственных товаров // Маркетинг, підприємство і торгівля: сучасний стан, напрямки розвитку: колективна монографія / Одеська національна академія харчових технологій: М.Р. Мардар (отв. ред). – Роздільна: Вид-во «Лерадрук», 2020. – С. 680–695.
- 23 Шелегова, Н. А. Товароведческая экспертиза как инструмент защиты прав потребителей: теоретические аспекты / Н. А. Шелегова, А. С. Воденкова // Актуальные вопросы права, образования и психологии: сб. науч. тр. / Могилев. ин-т МВД. – Могилев, 2021. – Вып. 9. – С. 134–140.
- 24 Зенькова, М. Л. Технология консервированного продукта из пророщенного зерна: научные основы с применением QFD методологии: моногр. / М. Л. Зенькова, А. В. Акулич. – Могилев: БГУТ, 2022. – 147 с.
- 25 Зенькова, М. Л. Товароведная оценка консервированной продукции из пророщенного зерна и сахарной кукурузы / М. Л. Зенькова, М. Ю. Бойко, А. Н. Лилишенцева // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. – 2015. – № 1(18). – С. 3–6.

Поступила в редакцию 12.11.2023 г.

ОБ АВТОРАХ:

Мария Леонидовна Зенькова, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров, факультет коммерции и туристической индустрии, Белорусский государственный экономический университет (БГЭУ), e-mail: mariya_lz@mail.ru.

Александр Васильевич Акулич, доктор технических наук, профессор, заслуженный изобретатель Республики Беларусь, проректор по научной работе, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий (БГУТ), e-mail: akulichav57@mail.ru.

ABOUT AUTHORS:

Maria L. Zenkova, Candidate of Sciences in Technology, Associate Professor, Assistant Professor of Commodity Science and Examination of Goods, Department of Commerce and Tourism Industry, Belarus State Economic University (BSEU), e-mail: mariya_lz@mail.ru.

Alexander V. Akulich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Inventor of the Republic of Belarus, Vice-Rector for Scientific Work, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: akulichav57@mail.ru.

УДК 664.769

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА ПРОРОЩЕННЫХ ПШЕНИЧНО-ОВСЯНЫХ СМЕСЕЙ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

М. Н. Галдова, Е. Н. Урбанчик

Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Технология полизлаковых продуктов на основе пророщенного зерна ресурсозатратна из-за необходимости осуществлять отдельные технологические операции для различных злаковых культур. Гипотеза состоит в поиске интегральных параметров переработки зерна пшеницы и овса голозерного путем изменения условий проращивания, сокращения продолжительности процесса и количества технологических операций, снижая ресурсоемкость технологии, с целью производства пророщенных смесей как функционально-технологического ингредиента для использования в промышленности. Научная задача – обоснование технологии производства пророщенных пшенично-овсяных смесей как функционально-технологического ингредиента.

Материалы и методы. Зерно пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и овса голозерного (*Avena sativa*), пророщенное зерно пшеницы и овса голозерного, пророщенные пшенично-овсяные смеси и продукты на их основе. Стандартизированные и общепринятые методы исследований.

Результаты. Разработана технология производства пророщенных пшенично-овсяных смесей, которая включает отдельные операции: очистка зерна от примесей и сортирование; совместные операции: мойка, обеззараживание, проращивание, сушка, измельчение, фасовка и упаковка. Впервые установлены интегральные режимы переработки зерна пшеницы и овса голозерного, обеспечивающие сокращение технологического цикла производства пророщенных смесей на 34 %. Максимальное содержание витаминов (В₁, В₂, В₆, В₉, РР, Е, β-каротин), минеральных веществ (К, Са, Mg, Р, Fe, Zn, Cu, Se) и достаточно высокая биологическая ценность белка достигнуты при совместном проращивании зерна пшеницы и овса голозерного в процентном соотношении 60/40 и 70/30. Синергетический и аллелопатический типы взаимодействия исследуемых культур оказывают влияние на активность роста смесей и продолжительность процесса проращивания. Разработан способ обеззараживания в процессе проращивания зерна пшеницы и овса голозерного с высокой микробной обсемененностью ($1,5 \times 10^6$ и $8,3 \times 10^7$ КОЕ/г соответственно), обеспечивающий снижение показателя общей микробной обсемененности пророщенного зерна в 3,0–3,3 раза. Установлен срок хранения смесей, при котором регламентируемые показатели качества находятся в допустимых пределах – 12 месяцев.

Выводы. Доказана возможность использования пророщенных пшенично-овсяных смесей в качестве функционально-технологического ингредиента высокого качества в промышленности при обоснованных технологических параметрах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: зерно; пшеница; овес голозерный; пророщенные пшенично-овсяные смеси; обеззараживание; химический состав; биологическая ценность; пищевая ценность; проращивание; оптимизация; синергетический тип; аллелопатический тип; функциональный ингредиент.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Галдова, М. Н. Технологические аспекты производства пророщенных пшенично-овсяных смесей и практическое их использование в промышленности // М. Н. Галдова, Е. Н. Урбанчик // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2023. – № 2(35). – С. 17–43.

TECHNOLOGICAL ASPECTS FOR THE PRODUCTION OF SPROUTED WHEAT-OAT MIXTURES AND THEIR PRACTICAL USE IN INDUSTRY

М. М. Haldova, A. M. Ourbantchik

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

ABSTRACT

Introduction. The technology of multi-cereal products based on sprouted grains is resource consuming due to the need to carry out separate technological operations for various cereal crops. The hypothesis is to find integral parameters for the processing of wheat grain and hulless oats by changing sprouting conditions, reducing the duration of the process and the number of technological operations and lowering the resource intensity of the technology in order to produce sprouted mixtures as a functional and technological ingredient for use in industry. The scientific task is to substantiate the production technology of sprouted wheat-oat mixtures as a functional and technological ingredient.

Materials and methods. Wheat grain (*Triticum aestivum* L.) and hulless oats (*Avena sativa*), sprouted grains of wheat and hulless oats, sprouted wheat-oat mixtures and sprouted wheat-oat mixture products. Standardized and generally accepted research methods.

Results. A technology has been developed for the production of sprouted wheat-oat mixtures, which includes separate operations: cleaning grain from impurities and sorting; combined operations: washing, disinfection, germination, drying, grinding, packaging and packing. Integrated processing modes for wheat grain and hulless oats have been first established, ensuring a reduction in the technological cycle for the production of sprouted mixtures by 34 %. The maximum content of vitamins (B₁, B₂, B₆, B₉, PP, E, β-carotene), minerals (K, Ca, Mg, P, Fe, Zn, Cu, Se) and high biological value proteins were obtained with combined germination of wheat grains and hulless oats in a percentage ratio of 60/40 and 70/30. Synergistic and allelopathic types of interaction between the crops under study influence the growth activity of mixtures and duration of germination process. A method has been developed for disinfection during the germination of wheat and hulless oat grains with high microbial contamination ($1,5 \times 10^6$ and $8,3 \times 10^7$ CFU/g, respectively), ensuring a reduction in the total microbial contamination of sprouted grain by 3,0–3,3 times. There has been determined the shelf life of the mixtures, at which the regulated quality indicators are within acceptable limits - 12 months.

Conclusions. The possibility of using sprouted wheat-oat mixtures as a functional-technological ingredient of high quality under technology-based parameters has been proven.

KEY WORDS: grain; wheat; hulless oats; sprouted wheat-oat mixtures; disinfection, chemical composition; biological value; food value; sprouting; optimization; synergetic type; allelopathic type; functional ingredient.

FOR CITATION: Haldova, M. M. Technological aspects for the production of sprouted wheat-oat mixtures and their practical use in industry / M. M. Haldova, A. M. Ourbantchik // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2023. – No. 2(35). – P. 17–43 (in Russian).

ВВЕДЕНИЕ

Согласно Доктрине национальной продовольственной безопасности, разработка и физическая доступность высококачественной продукции с достаточным количеством функциональных полезных веществ заключается в развитии научно-технического потенциала сельского хозяйства за счет комплексной переработки местного сырья в условиях безотходного ресурсосберегающего производства. В Республике Беларусь зерно занимает первое место по объему производства среди сельскохозяйственной продукции и определяет продовольственную безопасность страны¹.

Зерновые продукты из пшеницы и овса являются источником витаминов, незаменимых аминокислот, минеральных веществ и относятся к продуктам массового потребления, доступных для всех слоев населения [1–3]. Однако при производстве различных зерновых продуктов из них удаляются наиболее ценные их компоненты, что обуславливает целесообразность поиска направлений использования цельного зерна [4, 5]. Определённый интерес в этом направлении представляют проростки зерна как источник функциональных

¹О Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года. [Электронный ресурс]: Постановление Совета Министров Республики Беларусь, 15.12.2017 г., № 962. – Режим доступа: <http://www.government.by/ru/solutions/3060>. – Дата доступа: 21.09.2023 г.

пищевых ингредиентов [6–8]. В научных источниках имеются сведения о том, что при проращивании в значительной степени увеличивается содержание отдельных биологически активных веществ¹ [9, 10] и повышается их биодоступность для организма человека [7, 11, 12], что делает его перспективным сырьем для продукции здорового питания [13, 14]. Исследованиями сохранения качества пророщенного зерна и технологических процессов производства и применения его в промышленности занимались многие ученые. В частности, учеными О. В. Бережной, Г. Г. Дубцовым, Л. И. Войно предложено использование проростков пшеницы в хлебопекарной и кулинарной продукции. Авторами разработана технология получения ростков пшеницы, включающая замачивание в течение 2 ч в воде с температурой 25 °С, размещение слоем 30 мм для проращивания при температуре 20 °С в течение 48 ч до образования ростков длиной около 2 мм, периодически увлажняя. Полученные авторами проростки пшеницы характеризовались высокой экстрактивностью, увеличением содержания свободных аминокислот в семь раз, витамина В₆ – более чем в пять раз, витамина В₁ – в 1,5 раза, фолиевой кислоты – в четыре раза, витамина В₂ – в 13,5 раза, а также обнаружено около 16 мг / 100 г аскорбиновой кислоты по сравнению с исходным зерном [15]. Исследователями М. Л. Микулинич, Н. А. Гузиковой предложено использование пророщенного зерна в заливке экстракта солодового или полисолодового вязкого в консервированной продукции. Авторами предложено солодоращение зерна пшеницы, овса голозерного, включающее замачивание зерна в воде с температурой (14±1) °С длительностью 24–32 ч до влажности 45 % и проращивание при температуре воздуха (14±1) °С в течение 2–3 суток до длины ростка $l = 2/3$ (примерно 3–5 мм) длины зерна по всему объему.

В результате исследованиями разработана консервированная продукция – пророщенный овес голозерный с солодовым экстрактом, пророщенная пшеница с солодовым экстрактом, пророщенная пшеница с полисолодовым экстрактом, которая обладает достаточно высокой биологической ценностью белка – 58–73 % и удовлетворением суточной потребности в витамине В₁ на 19–27 %, В₂ – 11–24 %; цинке – 8–21 %, меди – 45–65 %, железе – 11–69 % [16]. Исследователями Е. Н. Урбанчик и А. Е. Шалюта разработана технология производства хлопьев повышенной пищевой ценности из пророщенного зерна гороха, а также показатель комплексно характеризующий процесс проращивания зерна – Ар (активность роста). Авторами предложено замачивание при температуре 8–10 °С проращивание зерна гороха при температуре воздуха от 10 до 30 °С с длиной ростка не более 3 мм и длительностью проращивания не более 30,4 часа. Разработанные хлопья из пророщенного гороха превосходят контрольный образец гороховых хлопьев по содержанию всех исследуемых витаминов: витамина С в 25,2 раза, витамина В₁ в 1,9 раза, витаминов В₂ и В₆ в 2,6 и 2,75 раза соответственно, витамина РР в 2 раза и витамина Е в 1,4 раза.

Проведенный анализ отечественных и зарубежных источников информации свидетельствует об отсутствии практического применения смесей пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного ввиду нерешенных вопросов совместной технологической переработки и сохранности качества смесей в условиях безотходного ресурсосберегающего производства.

Известно, что на проращивание зерна влияют влага, температура воздуха, доступ кислорода. Микроклимат производственных помещений, в частности температура воздуха, меняющаяся в зависимости от времени года, оказывает наибольшее влияние на длительность процесса проращивания. Подбор оптимального сочетания параметров проращивания с учетом различной температуры воздуха в производственных условиях позволит оперативно корректировать технологические режимы и рационально использовать ресурсоемкость

¹Урбанчик, Е. Н. Технология производства хлопьев повышенной пищевой ценности из пророщенного зерна гороха / Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта. – Могилев: МГУП, 2019. – 158 с.

предприятия, обеспечивая максимальный выход пророщенного зерна.

Экономия ресурсов предприятия и как следствие снижение себестоимости продукции из пророщенных смесей обуславливает актуальность поиска интегральных технологических режимов проращивания для зерна пшеницы и овса голозерного, а также изучение физико-химических свойств зерна и смесей – водопоглощения, массы и объема зерновых смесей в зависимости от времени замачивания, которые необходимо учитывать при выборе замочных емкостей и степени заполнения их зерном и водой. Показатель водопоглощения позволяет установить рациональное количество воды, необходимое для замачивания зерна и смесей.

В настоящее время возрастает интерес потребителей к продуктам, содержащим функциональные компоненты, благоприятно влияющим на физиологические функции организма. Оперативная корректировка технологических параметров обеспечивает получение пророщенного зерна с заданными функционально-технологическими свойствами. Востребованными для промышленности являются задачи управления и моделирования содержания полезных нутриентов, меняющихся в зависимости от заданных режимов на всем цикле появления ростка.

Известны исследования, направленные на повышение эффективности процесса проращивания путем смешивания зерновых культур и сидератов. Исследователями отмечены синергетический (усиливающий) и аллелопатический (угнетающий) типы их взаимодействия, влияющие на метаболические процессы зерновых культур и интенсификацию процесса их совместного проращивания¹ [16, 17]. В литературе отсутствуют данные проращивания зерна пшеницы и овса голозерного в составе смесей.

В качестве зернового сырья в работе использовали зерно пшеницы и овса, поскольку продукты их переработки относятся к продуктам ежедневного потребления. Химический состав продуктов является основным показателем их ценности. Исследуемые культуры и их проростки имеют различный химический состав [9]. Например, высокое содержание в зерне голозерных сортов белка, растительного жира, а также отсутствие пленок делает его ценным сырьем для комплексной переработки с пшеницей. Растворимая клетчатка овса частично усваивается организмом и способствует лучшему обмену веществ, предотвращает колебания уровня сахара в крови и оказывает тонизирующее воздействие, а нерастворимая клетчатка пшеницы относится к балластным веществам и усиливает перистальтику кишечника, способствуя пищеварению [18]. Комплексная переработка пшеницы и овса голозерного позволит создать новый зерновой продукт, обладающий большой популярностью и высокой функциональной ценностью.

Проращивание зерна происходит в условиях, благоприятных для размножения микроорганизмов, что вызывает его порчу и кратковременное хранение ввиду высокой влажности. Например, плесневение из-за роста грибов родов *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Geotrichum* [19–22]. Последствиями развития патогенных микроорганизмов являются желудочно-кишечные инфекции, часто связанные с *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Aeromonas hydrophilia*, простейшими, крайне редко – с *Listeria monocytogenes*, а также вспышки эпидемий, обусловленные *Escherichia coli* или бактериями рода *Salmonella* [23–25].

Согласно официальным рекомендациям, обеззараживание семян, зерна и проростков проводят препаратами растительного происхождения бактериофунгостатического действия [15], этанолом или его 70 %-ным раствором в течение не более 1 мин², настоями лекарственных трав и чеснока [26], раствором гипохлорита натрия [27], который лишь снижает уровень микробного поражения семян. Среди других реагентов эффективными

¹Rashidova, S. Synergetics of agricultural seeds capsulation / S. Rashidova, B. Oksengendler, N. Turaeva // FAN Tashkent. – 2013. – 96 p.

²Дитченко, Т. И. Культуры эукариотических клеток (электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине) / Дитченко Т. И. – Минск, 2016. – 75 с.

дезинфектантами являются диоксид хлора, пероксикислоты, каприлово-каприновая и молочная кислоты, глицерол монолаурат [28], уксусная кислота [29], соли хлорофиллина и их комплексы с хитозаном [30, 31]. Известен способ деконтаминации пророщенного зерна высокотемпературной обработкой, например, в Японии проводили бланширование в течение 30 секунд в кипящей воде при 98 °С, однако данный способ снижает жизнеспособность зерна [32]. Следует отметить, что применяемые методы дезинфекции либо дорогостоящие, либо не всегда определено их влияние на процесс прорастания зерна и свойства проростков. Поэтому при постоянно растущем спросе на пророщенное зерно, микробиологическая безопасность проростков обеспечивается постоянным совершенствованием существующих и разработкой новых способов обеззараживания.

Важнейшей технологической операцией по приведению пророщенного зерна в устойчивое при хранении состояние является сушка. Удаление избыточной влаги в пророщенном зерне и доведение его до сухого состояния (влажность должна быть ниже критической), позволит сохранить его в течение длительного времени. Согласно официальным данным известны разные типы зерносушилок, которые различаются способами сушки – конвективный, кондуктивный; сорбционная, радиационная, механическая сушка; вакуум-сушка; сушка с помощью токов разной частоты; комбинированная и сушка инфракрасным излучением [33, 34]. Из известных способов сушки зерна на предприятиях зерноперерабатывающей промышленности чаще всего используют конвективную сушку как наиболее распространенную и не требующую финансовой модернизации производственных линий. Поэтому подбор режимов сушки является актуальной задачей сохранения качества пророщенных смесей и потребительских свойств продукции на их основе. При длительном хранении зернопродуктов жир расщепляется на глицерин и жирные кислоты, следствием которого является повышение кислотности и появление неприятного запаха и прогорклого вкуса¹. Поэтому актуальной задачей является изучение сроков хранения пророщенных смесей.

В связи с вышеизложенным разработка современной технологии производства пророщенных пшенично-овсяных смесей как функционально-технологического ингредиента является перспективным направлением в зерноперерабатывающей промышленности.

Цель исследования – проектирование производства пшенично-овсяных смесей в качестве функционально-технологического ингредиента и практическое их использование в промышленности.

Научная задача – обоснование технологии производства пророщенных пшенично-овсяных смесей как функционально-технологического ингредиента.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами экспериментальных исследований явились зерно пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и овса голозерного (*Avena sativa* L.) (2014–2021 гг. урожаев, Могилев), пророщенное зерно пшеницы, пророщенное зерно овса голозерного, а также пророщенные смеси исследуемых культур; пшенично-овсяные смеси «BioMix» и «BioGrain» и продукты на их основе – коктейль зерновой «AquaGrain», маска косметическая «Zerno», маска косметическая «BioMixGrain», напиток шипучий растворимый сухой «LARI».

При исследовании свойств зерна пшеницы и овса голозерного, а также пророщенных пшенично-овсяных смесей и продуктов на их основе применялись общепринятые и специальные в промышленности, научных учреждениях республики и за рубежом методы исследований. Расчеты, построение графиков и диаграмм осуществляли с помощью приложений Microsoft Office. При планировании эксперимента и обработке полученных результатов процесса проращивания применяли метод статистической обработки данных с

¹Казаков, Е. Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Е. Д. Казаков. – М: Агропромиздат, 1989. – 368 с.

помощью программного приложения Statgraphics Plus.

Отбор проб зерна пшеницы и овса голозерного осуществляли в соответствии с ГОСТ 13586.3, проб пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» – по ГОСТ 27668, проб коктейля зернового «AquaGrain», напитка шипучего растворимого сухого «LARI» – по ГОСТ 6687.0, проб маски косметической «Zerno» и маски косметической «BioMixGrain» – по ГОСТ 29188.0. Влажность зерна проводили по – ГОСТ 13586.5; пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» – по ГОСТ 9404; коктейля зернового «AquaGrain», напитка шипучего растворимого сухого «LARI» – по ГОСТ Р 54642; изменение объема, массы, водопоглощения в процессе проращивания – специальными методами оценки зерна в научных учреждениях. Содержание белка определяли по ГОСТ 26889 и по ГОСТ 10846, жира – экстракционно-весовым методом по ГОСТ 29033, крахмала – поляриметрическим методом по ГОСТ 10845, клетчатки – по ГОСТ 13496.2, сахара – согласно МВИ.МН 4475. Экспресс-анализ влажности, температуры зерна и смесей в процессе исследования контролировали с помощью анализатора влажности зерна Aqua TR II и влагомера Wile; белка, жира, крахмала, клетчатки – с помощью инфракрасного анализатора Infraneo. Ферментативную активность α -амилазы и β -амилазы зерна и смесей определяли по методу SKB, протеолитическую активность – по скорости реакции гидролиза субстрата при температуре 50 °С и pH 5,5 до низкомолекулярных продуктов, количественное содержание определяли методом Кьельдаля.

Микробиологические показатели пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» определяли по ГОСТ 26972, ГОСТ 10444.12, ГОСТ 10444.15, ГОСТ 30518, ГОСТ 30519, ГОСТ 31747; коктейля зернового «AquaGrain», напитка шипучего растворимого сухого «LARI» – по ГОСТ 30712, ГОСТ 31659, ГОСТ 30519, ГОСТ 31747, ГОСТ 26670; маски косметической «Zerno», маски косметической «BioMixGrain» – по ГОСТ ISO 21148, ГОСТ ISO 21149, ГОСТ ISO 18416, ГОСТ ISO 22717, ГОСТ ISO 22718, ГОСТ ISO 21150, ГОСТ ISO 16212, ГОСТ ISO 18415, ГОСТ ISO 17516. Кислотность пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» определяли по ГОСТ 27493, коктейля зернового «AquaGrain», напитка шипучего растворимого сухого «LARI» – по ГОСТ 6687.4; водородный показатель pH маски косметической «Zerno», маски косметической «BioMixGrain» – по ГОСТ 29188.2, пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» с помощью лабораторного настольного pH-метра HI 5221-02; крупность пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain», коктейля зернового «AquaGrain», напитка шипучего растворимого сухого «LARI», маски косметической «Zerno», маски косметической «BioMixGrain» – по ГОСТ 27560; металломагнитной примеси пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» – по ГОСТ 20239; зараженности и загрязненности вредителями пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» – по ГОСТ.27559; органолептические показатели пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» – по ГОСТ 27558; коктейля зернового «AquaGrain», напитка шипучего растворимого сухого «LARI» – по ГОСТ 6687.5; маски косметической «Zerno», маски косметической «BioMixGrain» – по ГОСТ 29188.0. Токсикологические показатели безопасности: общетоксическое действие, кожно-раздражающее действие, действие на слизистые маски косметической «Zerno», маски косметической «BioMixGrain» определяли по ГОСТ 32893 и по инструкции № 004-612. Клинические (клинико-лабораторные) показатели: раздражающее действие, сенсибилизирующее действие маски косметической «Zerno», маски косметической «BioMixGrain» определяли по ГОСТ 33483 и по инструкции № 004-612.

Содержание токсичных элементов маски косметической «Zerno», маски косметической «BioMixGrain»: ртуть, мышьяк, свинец определяли по ГОСТ 26927, ГОСТ 26930, ГОСТ 30178, ГОСТ 31676. Содержание токсичных элементов пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain»: свинец, кадмий, ртуть, мышьяк определяли по МУК 4.1.986-00, ГОСТ Р 53183, ГОСТ 31707; радионуклидов пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» – по ГОСТ 32161, МВИ 70-94, пестицидов пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» – по МУ 2142-80, МУ 1541-76; микотоксинов пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» – по ГОСТ 30711, МУК 4.1.2204-07, МВИ МН 2479, МВИ МН 2480, МВИ МН 2559.

Процесс проращивания исследуемых культур проводили водно-воздушным способом, принцип которого заключался в чередовании водных и воздушных пауз. Для замачивания зерна использовали водопроводную воду с температурой $(10 \pm 2)^\circ\text{C}$. Проращивание осуществляли в суховоздушном термостате марки IPP 55 Memmert, в котором поддерживалась постоянная температура согласно эксперименту и относительная влажность воздуха 85 % в течение 30 ч. Процесс проращивания контролировали визуально и завершали при содержании в образцах не менее 75 % зерен пшеницы и овса голозерного с длиной ростков, не превышающей 2,0 мм. Для оптимизации процесса проращивания планировали эксперимент с использованием двух факторов: длительность водной паузы, длительность воздушной паузы. Выходной параметр – активность роста (A_p) определяли по формуле (1):

$$A_p = \frac{k_n}{\tau_n}, \quad (1)$$

где k_n – количество проросших зерен с длинной ростка не более 2 мм, %;

τ_n – время прорастания зерна (в момент подсчета количества проросших зерен), ч.

Отбор проб, методы определения витаминов осуществляли в соответствии с ГОСТ 7047–55. Содержание витамина B_1 и B_2 определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии согласно МВИ.МН 2052 и МВИ.МН 2147, витамина B_6 и фолиевой кислоты в зерне и зерновых смесях – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии согласно ГОСТ EN 14663 и МВИ.МН 2146, β -каротина – спектрофотометрическим методом по МВИ.МН 3239, витамина PP – колориметрическим методом по ГОСТ 29140, витамина E – колориметрическим методом по ГОСТ 30627.3.

Содержание аминокислот определяли с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии – МВИ.МН 1363. Биологическую ценность белка оценивали по аминокислотному составу при сравнении его с аминокислотным составом «идеального» белка. В качестве «идеального» белка применяли аминокислотную шкалу Комитета ФАО/ВОЗ. Для определения биологической ценности белков использовали метод X. Митчела и Р. Блока¹, согласно которому рассчитывается показатель аминокислотного скор (АС). Лимитирующую кислоту в исследуемом белке устанавливали по наименьшему скору. Скор представляет собой отношение содержания незаменимой аминокислоты (АК) в исследуемом белке к ее количеству в эталонном белке и выражается либо в процентах, либо безразмерной величиной.

Аминокислотный скор можно рассчитать по формуле (2):

$$AC = \frac{AK_6}{AK_3}, \quad (2)$$

где AK_6 – содержание незаменимой АК в 100 г исследуемого белка, г;

AK_3 – содержание незаменимой АК в 100 г эталонного белка, г.

¹Нечаев, А. П. Пищевая химия / А. П. Нечаев [и др.], СПб.: ГИОРД, 2001. – 672 с.

Принято считать, что если аминокислотный скор имеет значение меньше 100, то физиологические потребности организма человека не в полной мере удовлетворяются по рассчитываемой аминокислоте. Если скор больше или равен 100, то продукт содержит достаточное количество данной аминокислоты.

Другой метод определения биологической ценности белков заключался в определении индекса незаменимых аминокислот (ИНАК). При записи формулы (3) применяется сокращенное название аминокислот по первым трем буквам. Метод представляет собой модификацию метода химического сора и позволяет учитывать количество всех незаменимых аминокислот. Расчет индекса может быть выполнен по формуле (3):

$$\text{ИНАК} = \sqrt[n]{\frac{\text{Лиз}_б}{\text{Лиз}_э} \times \frac{\text{Три}_б}{\text{Три}_э} \times \dots \times \frac{\text{Гис}_б}{\text{Гис}_э}}, \quad (3)$$

где n – общее число аминокислот, шт.;

нижние индексы $б$ и $э$ относятся к содержанию аминокислоты в изучаемом и эталонном белках соответственно, г.

Подготовку проб минеральных элементов проводили по инструкции 4.1.10-14-5 методом автоклавной пробоподготовки, а также минерализацией по ГОСТ 26929. Содержание магния определяли атомно-абсорбционным методом по ГОСТ 30502, селена – флуориметрической методикой согласно инструкции 4.1.10-15-12; меди, цинка и железа – атомно-абсорбционным методом по ГОСТ 30178, калия – по ГОСТ 30504, фосфора и кальция – по МВИ.МН 1792.

Расчет энергетической ценности производился путем умножения значений удельной энергетической ценности белков, жиров и углеводов на их содержание в продуктах: из расчета 4, 4 и 9 ккал и 17, 17 и 37 кДж соответственно на 1 г углеводов, белка и жира.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для установления возможности комплексной переработки зерна пшеницы и овса голозерного проводили исследование процесса проращивания. Для определения технологических режимов, обеспечивающих максимальный выход пророщенного зерна, применяли способ оптимизации процесса проращивания зерна на основании математического моделирования водно-воздушного способа замачивания.

С учетом меняющейся температуры производственных помещений в течение года оптимизация процесса проращивания зерна пшеницы и овса голозерного проведена в диапазоне температур от 5 до 30 °С с интервалом 5 °С. В ходе предварительного эксперимента установлено, что проращивание зерна пшеницы и овса голозерного при температуре менее 5 °С превышает 5 дней, что приводит к увеличению ресурсоемкости технологии.

Ежегодно на протяжении 7-летнего цикла наблюдений в различное время года планировалось 24 матрицы эксперимента для 6 температурных режимов первого и 6 температурных режимов второго этапов проращивания сортового и продовольственного зерна пшеницы и овса голозерного. На основании анализа контурных графиков поверхности отклика установили максимальную и минимальную длительность водных и воздушных пауз каждого температурного режима для зерна пшеницы и овса голозерного, в которых значения активности роста (A_p) являются максимальными. Результаты определения рациональных режимов представлены (рис. 1–4) на примере температуры воздуха (20±1) °С – среднее значение в теплый и холодный период года производственных помещений в соответствии с нормативной документацией¹.

¹Санитарные нормы и правила «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях»: СанПиН от 30.04.2013 № 33. – Введ. 27.05.2013. – Минск. – Режим доступа: <https://energodoc.by/document/view?id=2285>. – Дата доступа: 16.10.2023.

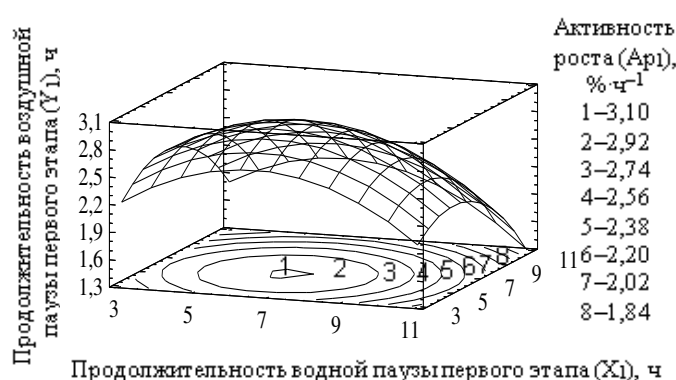


Рис. 1. График определения первого этапа проращивания зерна пшеницы

Fig. 1. Schedule for the first stage of wheat germination

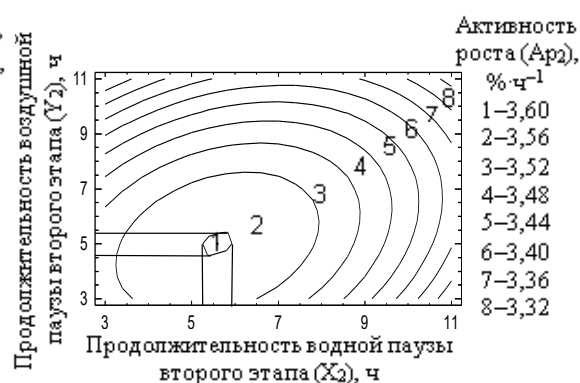


Рис. 2. График определения второго этапа проращивания пшеницы

Fig. 2. Schedule for the second stage of wheat germination

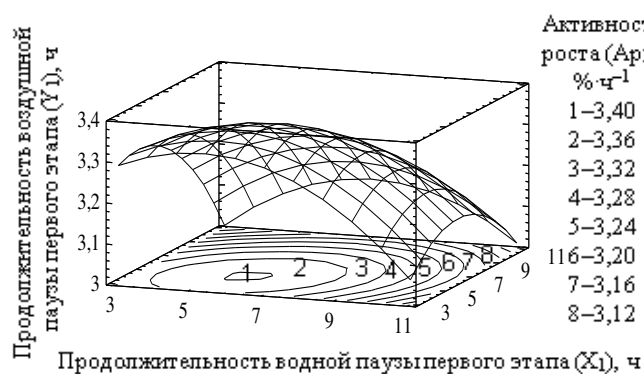


Рис. 3. График определения первого этапа проращивания зерна овса голозерного

Fig. 3. Schedule for the first stage of hulless oats germination



Рис. 4. График определения второго этапа проращивания овса голозерного

Fig. 4. Schedule for the second stage of hulless oats germination

Проращивание при температуре свыше 25 °С ведет к снижению активности роста и появлению постороннего запаха, не свойственного зерну, а при 30 °С происходит инаktivация процесса. Следовательно, температурный диапазон 26–30 °С был исключен из дальнейших исследований.

Впервые получены данные о значениях активности роста на каждом этапе проращивания зерна в зависимости от температуры воздуха 5–25 °С: для зерна пшеницы первого этапа – от 2,40 до 3,25 %·ч⁻¹, второго этапа – от 2,90 до 3,76 %·ч⁻¹; для зерна овса голозерного первого этапа – от 2,06 до 3,40 %·ч⁻¹, второго этапа – от 2,3 до 3,95 %·ч⁻¹.

На основании полученных оптимальных режимов проращивания построены графики для определения длительности воздушно-водяных пауз проращивания зерна пшеницы и овса голозерного при температурных режимах 5–25 °С (рис. 5, 6).

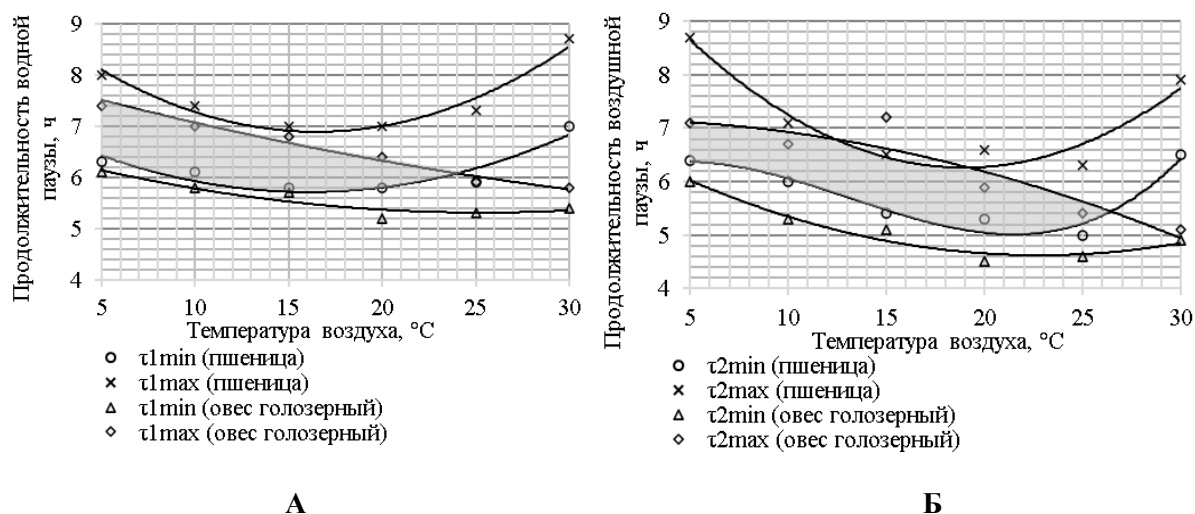


Рис. 5. Номограмма определения продолжительности водной (А) и воздушной (Б) пауз первого этапа проращивания зерна пшеницы и овса голозерного

Fig. 5. Chart for determining the duration of water (A) and air (B) pauses of the first stage of germination of wheat and hulless oats

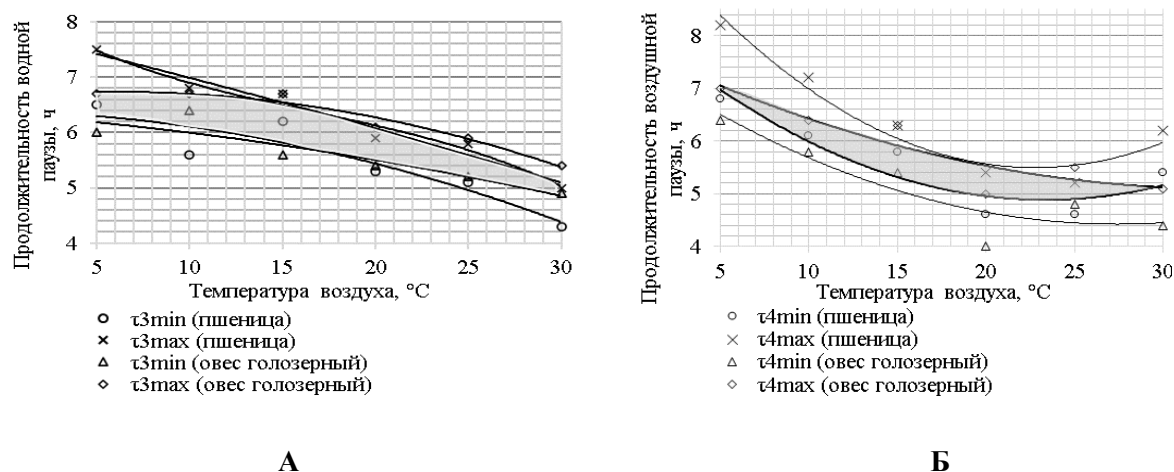


Рис. 6. Номограмма определения продолжительности водной (В) и воздушной (Г) пауз второго этапа проращивания зерна пшеницы и овса голозерного

Fig. 6. Chart for determining the duration of water (A) and air (B) pauses of the second stage of germination of wheat and hulless oats

Впервые установлены интегральные режимы проращивания зерна, представленные на рис. 5 и 6, в диапазоне температур 5–25 °C с интервалом 5 °C, которые находятся в серой зоне перекрытия и свидетельствуют о возможности совместного проращивания пшеницы и овса голозерного в составе смесей.

На основании проведенных исследований впервые получены данные минимальной и максимальной длительности водно-воздушных пауз первого и второго этапов проращивания зерна пшеницы и овса голозерного в составе смесей, которые позволяют оперативно скорректировать режимы без потерь выхода пророщенного зерна и их смесей в зависимости от температуры воздуха на производстве.

С целью моделирования содержания нутриентов в зависимости от выбранных режимов изучено влияние времени проращивания на химический состав зерна пшеницы и овса голозерного, пророщенных по отдельной технологии.

Проведенные исследования позволили получить данные по изменению химического состава, ферментативной активности белково-протеиназного и углеводно-амилазного комплексов зерна пшеницы и овса голозерного в зависимости от времени проращивания (от 0 до 25 ч с интервалом 5 ч) при разработанных режимах оптимизации. Обработка экспериментальных данных позволила получить уравнения регрессии линейного вида (табл. 1), описывающие изменения химического состава и ферментативной активности зерна пшеницы и овса голозерного при проращивании, которые могут быть использованы для оперативного управления процессом проращивания. Значения коэффициентов корреляции линейной регрессии находятся в пределах от 0,77 до 0,98 и характеризует высокую степень согласия уравнений с фактическими величинами.

Табл. 1. Зависимости, описывающие изменения химического состава, ферментативной активности зерна в зависимости от времени проращивания

Table. 1. Dependencies describing changes in the chemical composition and enzymatic activity of grain depending on germination time

Показатели	Зависимости вида $y=kx+b$	Показатели	Зависимости вида $y=kx+b$
Крахмал пшеницы	$y = -0,28x + 69,13$	Крахмал овса голозерного	$y = -0,24x + 65,23$
Белок пшеницы	$y = -0,02x + 15,36$	Белок овса голозерного	$y = -0,05x + 20,54$
Клетчатка пшеницы	$y = 0,11x + 10,49$	Клетчатка овса голозерного	$y = 0,03x + 3,28$
Сахара пшеницы	$y = 0,16x + 0,46$	Сахара овса голозерного	$y = 0,25x + 2,05$
Жир пшеницы	$y = -0,01x + 1,71$	Жир овса голозерного	$y = -0,02x + 6,66$
α -амилаза пшеницы	$y = 0,14x - 0,26$	α -амилаза овса голозерного	$y = 0,07x - 0,09$
β -амилаза пшеницы	$y = 5,34x + 77,70$	β -амилаза овса голозерного	$y = 0,86x - 0,96$
Протеолитическая активность пшеницы	$y = 0,02x + 0,18$	Протеолитическая активность овса голозерного	$y = 0,04x + 0,03$

Согласно полученным данным содержание крахмала, белка, жира снижается, в то время как содержание клетчатки, сахаров и витаминов увеличивается, значительные изменения ферментативной активности в зерне овса голозерного происходят с 10 часов, пшеницы – с 15 часов проращивания, общее содержание незаменимых аминокислот зерна пшеницы и овса голозерного увеличивается на 13,2–17,2 % соответственно, что согласуется с данными других ученых¹.

Установлено, что для зерна овса голозерного и пшеницы содержание В₁ увеличивается в 1,3–1,6 раз; В₉ в 1,5–1,6 раз; β -каротин в 1,4 раза; В₆ в 1,2 раза, Е в 1,2–1,4 раза соответственно.

Изменения содержания микро- и макроэлементов до 4,0 % обусловлены переходом в зерно химических веществ воды согласно литературным данным^{2,3}, причем кальций увеличивается на 3,8–4,0 %, магний на 2,4–3,4 %, железо на 1,7–1,9 %, калий, фосфор, медь, цинк, селен практически не изменяются.

Анализ экспериментальных данных показал, что пророщенное при разработанных режимах

¹Дубина, Т. А. Технология производства муки из овса голозерного: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Т. А. Дубина. – Могилевский государственный университет продовольствия. – Могилёв, 2013. – 233 с.

²Урбанчик, Е. Н. Технология производства хлопьев повышенной пищевой ценности из пророщенного зерна гороха / Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта. – Могилев: МГУП, 2019. – 158 с.

³Мячикова, Н. И. Пророщенные семена как источник пищевых и биологически активных веществ для организма человека / Н. И. Мячикова [и др.] / Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5; [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=7007> – Дата доступа: 29.10.2023.

зерно пшеницы и овса голозерного имеет высокий биотехнологический потенциал ввиду содержания белка, пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ и аминокислот.

На следующем этапе изучено влияние противомикробной обработки на микробную обсемененность зерна пшеницы и овса голозерного. Дезинфекцию зернового сырья проводили растворами перманганата калия, лимонной кислоты и смесью ферментного препарата глюкозооксидаза и глюкоза, а также водно-тепловой обработкой. Результаты представлены в табл. 2.

Табл. 2. Влияние противомикробной обработки на микробную обсемененность зерна пшеницы и овса голозерного

Table. 2. Influence of antimicrobial treatment on microbial contamination of wheat grain and hulless oats

Наименование обработки	Параметры обработки	Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов					
		Пшеница			Овес голозерный		
		КОЕ/г	lg КОЕ/г	% к контролю	КОЕ/г	lg КОЕ/г	% к контролю
Перманганат калия	0,0025 %	$8,8 \times 10^4$	4,94	80,1	$3,85 \times 10^5$	5,59	70,6
	0,0025 %	$8,4 \times 10^4$	4,92	79,7	$3,0 \times 10^5$	5,48	69,2
Лимонная кислота	0,025 %	$7,3 \times 10^4$	4,86	78,8	$9,1 \times 10^4$	4,96	62,6
	0,05 %	$1,1 \times 10^4$	4,04	65,5	$1,3 \times 10^4$	4,11	52,0
Водно-тепловая обработка ($\tau_{\min} = 30$ сек)	70 °C	$8,0 \times 10^5$	5,90	95,6	$5,1 \times 10^6$	6,71	84,7
	80 °C	$7,2 \times 10^4$	4,86	78,8	$8,0 \times 10^5$	5,90	74,5
	90 °C	$4,3 \times 10^3$	3,63	58,8	$8,3 \times 10^3$	3,92	49,5
Глюкозооксидаза + глюкоза	100 ед/мл + 0,05 %	$3,2 \times 10^6$	6,50	105,3	$9,8 \times 10^7$	7,99	101,0
Контроль (мойка без дезинфектанта)	0	$1,5 \times 10^6$	6,17	100	$8,3 \times 10^7$	7,92	100

Показано, что перманганат калия (KMnO_4), который традиционно используют в качестве дезинфектанта в технологии получения пророщенного зерна, в общепринятой концентрации (0,0025 %, вес/объем) снижал обсемененность пшеницы на 20 %, овса голозерного – 29 %. Сходное влияние на микрофлору зерна в таком же количестве оказывала и лимонная кислота, причем с повышением концентрации обсемененность снижалась в 1,2–1,4 раза в сравнении с действием KMnO_4 (0,0025 %). В результате водно-тепловой обработки (90 °C) по сравнению с традиционным обеззараживанием KMnO_4 (0,0025 %) снижалась в 1,7 раз для пшеницы и в 2 раза для овса голозерного по сравнению с контролем (без обработки дезинфектантом).

Использование ферментативного (глюкозооксидазного) способа дезинфекции, эффективность которого установлена для семян овощных культур¹, не привело к достоверному снижению микробной контаминации зерна. На основании полученных данных выбраны экономически выгодные дезинфектанты – KMnO_4 ($c = 0,0025$ %) и водно-тепловая обработка ($t_{\text{воды}} = 90$ °C, $\tau = 30$ с).

Следующим этапом исследований являлось обоснование способа обеззараживания зерна пшеницы и овса голозерного с высокой естественной обсемененностью ($1,10 \times 10^6$ и $8,3 \times 10^7$ КОЕ/г соответственно). Процесс получения пророщенного зерна с учетом обеззараживания проведен тремя способами. Количество этапов и их последовательность варьирования представлена на рис. 7.

¹Прищепа, Л. И. Применение препаратов глюкозооксидаз для предпосевной обработки семян овощных культур (Методическое пособие) / Л. И. Прищепа [и др.]. – Минск, 2005. – 8 с.

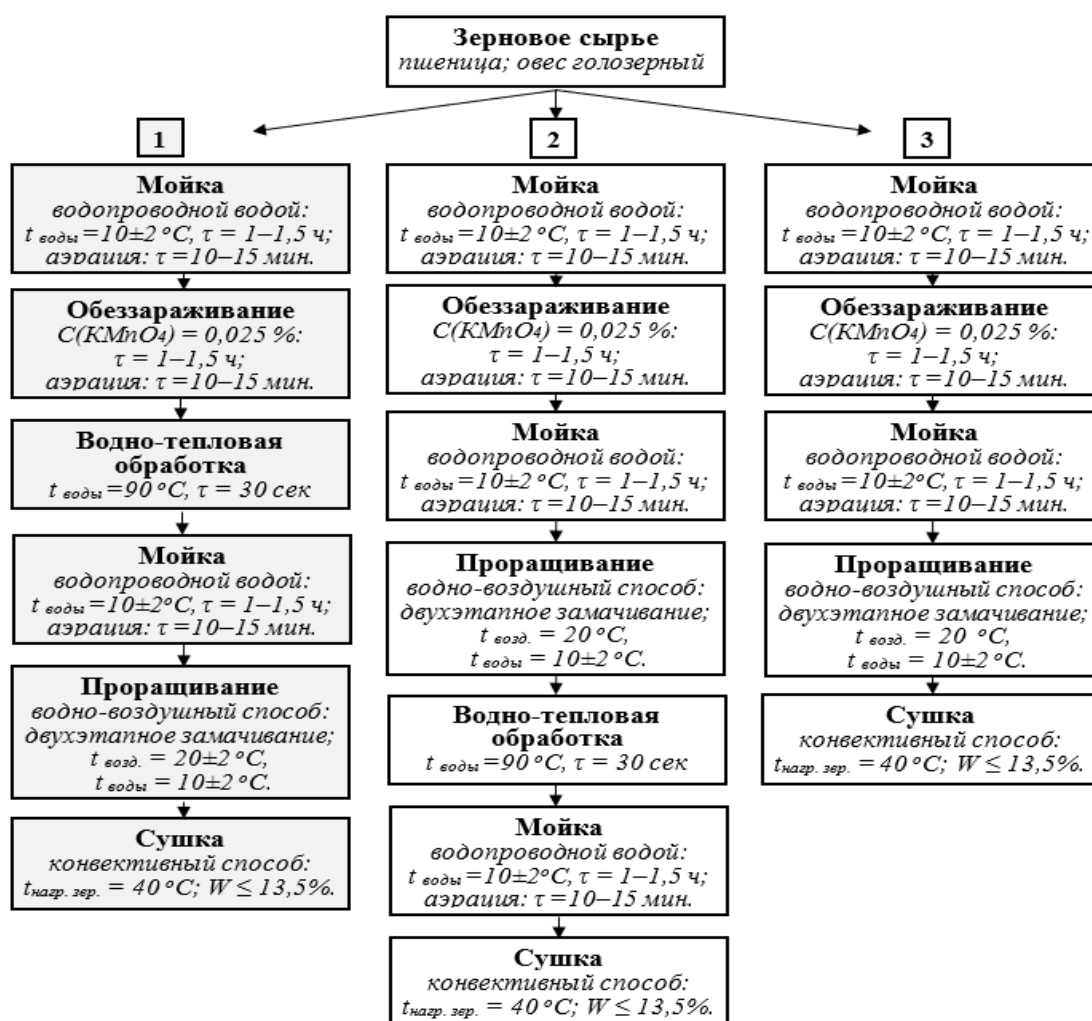


Рис. 7. Способы обеззараживания пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного

Fig. 7. Methods for disinfection of sprouted grains of wheat and hulless oats

Результаты микробной обсемененности пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного представлены на рис. 8.

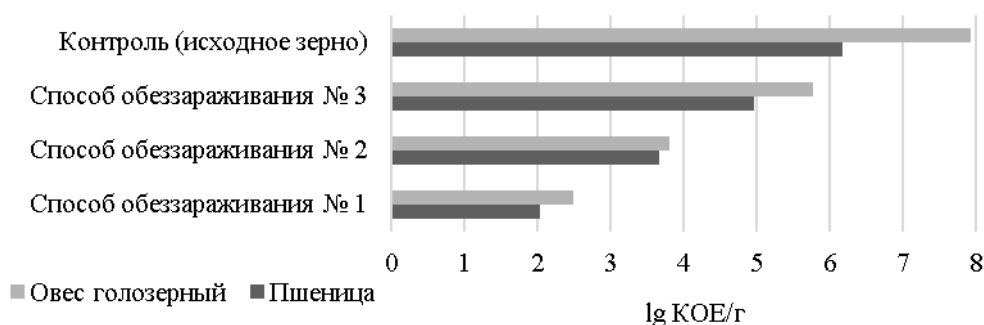


Рис. 8. Динамика общей микробной обсемененности пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного в зависимости от способа обеззараживания

Fig. 8. Dynamics of total microbial contamination of sprouted grains of wheat and hulless oats depending on the method of disinfection

Анализ данных показал, что в результате получения пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного, согласно способу 1, показатель общей микробной обсемененности снижается в 3,0–3,2 раза в сравнении с контролем.

Следующим этапом работы являлось совместное проращивание зерна пшеницы и овса голозерного в диапазоне температур 5–25 °С с интервалом 5 °С. Процесс проращивания смеси производился по значениям установленных интегральных режимов для пшеницы и овса голозерного. Результаты влияния совместного процесса проращивания зерна пшеницы и овса голозерного в соотношении от 10 до 90 % на технологические показатели смесей показаны в табл. 3.

Табл. 3. Влияние совместного проращивания различных соотношений зерна пшеницы и овса голозерного на технологические показатели смесей

Table. 3. Influence of combined germination of different ratios of wheat and hulless oats grains on technological parameters of mixtures

Соотношение сырья в смеси (пшеница/овес голозерный), %	Температура воздуха, °С									
	5		10		15		20		25	
	Ар, %×ч ⁻¹	τ, ч	Ар, %×ч ⁻¹	τ, ч	Ар, %×ч ⁻¹	τ, ч	Ар, %×ч ⁻¹	τ, ч	Ар, %×ч ⁻¹	τ, ч
90/10	2,90	28,5	3,0	27,0	3,20	25,7	3,60	23,6	3,50	22,5
80/20	3,0	27,7	3,10	25,6	3,30	24,5	3,70	23,2	3,60	22,1
70/30	3,30	26,8	3,60	24,8	3,70	23,7	3,90	22,5	3,90	20,6
60/40	3,40	26,0	3,70	24,0	4,0	23,0	4,40	21,0	4,20	20,0
50/50	2,65	27,5	2,90	25,4	3,10	24,3	3,30	22,3	3,20	21,4
40/60	2,70	27,8	3,05	25,7	3,20	24,7	3,40	22,6	3,35	21,6
30/70	2,80	27,9	3,10	25,9	3,25	24,9	3,50	22,8	3,40	21,8
20/80	2,90	28,5	3,15	26,2	3,30	25,0	3,60	23,0	3,45	21,9
10/90	3,0	28,7	3,20	26,6	3,35	25,5	3,70	23,4	3,50	22,3

Показано, что при соотношении 60/40 и 70/30 (пшеница/овес голозерный) наблюдался синергетический (усиливающий) тип, который характеризовался максимальной активностью роста смеси и минимальной продолжительностью процесса проращивания в сравнении с другими модельными образцами смеси. Аллелопатический (угнетающий) тип взаимодействия культур, который характеризовался снижением активности роста смеси и повышением продолжительности процесса проращивания, наблюдался при остальных соотношениях.

Следовательно, с учетом установленных типов взаимодействия компонентов смеси и интенсификации процесса проращивания наиболее выгодным является проращивание в соотношении 60/40, 70/30 (пшеница/овес голозерный). По результатам полученных данных, представленных в табл. 3. для дальнейших исследований выбрана температура воздуха 20 °С, которая соответствует среднему значению в теплый и холодный период года производственных помещений в соответствии с нормативной документацией¹.

Практическую значимость для рационального контроля производственных ресурсов в процессе проращивания зерна и смесей исследуемых культур представляет изучение влияния времени проращивания на физико-химические свойства зерна – объем, масса и водопоглощение.

Для изучения влияния времени проращивания на изменение объема зерна пшеницы, овса голозерного и пшенично-овсяных смесей эксперимент проводили в мерных цилиндрах объемом 0,5 л. Измерения объема, занимаемого зерном и смесью, определяли от 0 до 24 ч с

¹Санитарные нормы и правила «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях»: СанПиН от 30.04.2013 № 33. – Введ. 27.05.2013. – Минск. – Режим доступа: <https://energodoc.by/document/view?id=2285>. – Дата доступа: 16.10.2023.

интервалом в 1 ч. Длительности воздушно-водяных пауз и этапов проращивания при различных температурах воздуха (5–25 °С с интервалом 5 °С) значительно отличаются, однако наблюдается равное приращение объема в конечных точках пауз проращивания. Значения приращения объема зерна и смесей при температуре воздуха 20 °С (рис. 9) соответствует среднему значению объема зерна и смесей при всех исследуемых температурах, поэтому исследования изменений объема проводили при данной температуре.

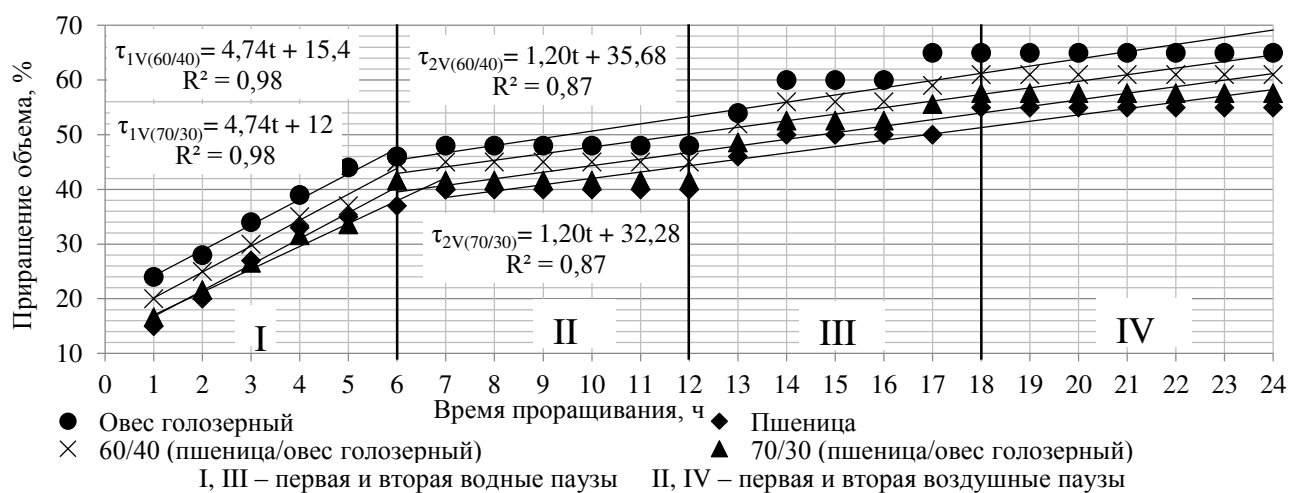


Рис. 9. Изменение объема при проращивании зерна пшеницы, овса голозерного и пшенично-овсяных смесей

Fig. 9. Changes in volume during germination of wheat, hulless oats grains and wheat-oat mixtures

Увеличение объема зерна и смесей в процессе проращивания происходит в водную паузу первого и второго этапов проращивания по отношению к их исходному объему. В воздушные паузы объем смеси не уменьшается, что позволяет сделать вывод об удерживании влаги, необходимой для процесса прорастания. Установлено, что в процессе проращивания в течение 24 ч объем и масса зерна пшеницы увеличивается в 1,4 раза и в 1,5 раз, овса голозерного – в 1,5 и 1,6 раз соответственно. Объем и масса пшенично-овсяных смесей увеличиваются в 1,4 и 1,5 раз. Наибольший объем смеси наблюдается через 18 ч (во вторую водную паузу), однако максимальное значение показателя активности роста (A_p) достигается через 21 ч (во вторую воздушную паузу) проращивания.

Для определения рационального количества воды для проращивания зерна и смеси определяли количество поглощенной воды в водные паузы с интервалом в 1 ч и влажность зерна и смесей в конечных точках эксперимента. Полученные результаты представлены на рис. 10.

Определена степень водопоглощения, которая составляет (113 ± 4) % к начальной массе зерна пшеницы и (120 ± 4) % к начальной массе зерна овса голозерного. Влажность зерна влияет на технологические процессы переработки и составляет: для зерна пшеницы в конечной точке проращивания составила $(44,5 \pm 0,4)$ %, овса голозерного – $(45,3 \pm 0,3)$ %. Степень водопоглощения пшенично-овсяных смесей составляет (115 ± 2) % к начальной массе смесей, влажность смесей в конечной точке проращивания $(45,7 \pm 0,4)$ %. В результате обработки экспериментальных данных получены линейные уравнения регрессии, позволяющие рассчитать минимальное количество воды, необходимой для замачивания смесей в соотношениях 60/40 и 70/30 (пшеница/овес голозерный) и приращение объема смесей

от времени проращивания, которое необходимо учитывать при выборе замочных емкостей.

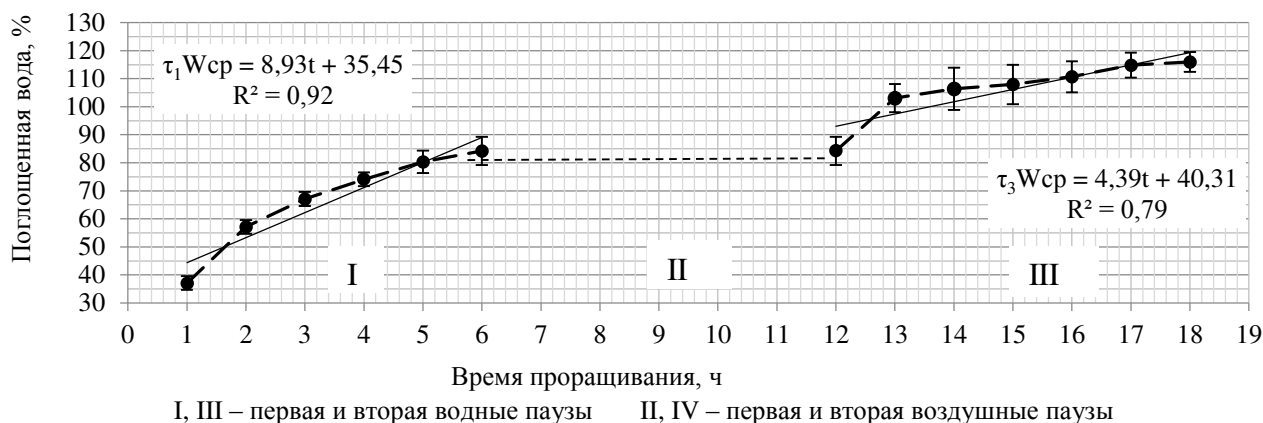


Рис. 10. Водопоглощение пшенично-овсяных смесей при проращивании

Fig. 10. Water absorption of wheat-oat mixtures during germination

Длительное хранение пророщенных пшенично-овсяных смесей возможно только в сухом состоянии. Из известных способов сушки была выбрана конвективная сушка как наиболее распространенная и не требующая финансовой модернизации производственных линий. С целью сохранения качества пророщенных смесей и потребительских свойств продукции на их основе изучены режимы термомеханической обработки, которая включает сушку и измельчение.

Пророщенные смеси подвергали тепловой обработке от 40 до 80 °С с интервалом 10 °С и определяли содержание α-амилазы, β-амилазы, протеолитических ферментов, изменения которых при тепловой обработке могут свидетельствовать о снижении термолабильных витаминов и аминокислот и согласуется с данными других ученых¹. Результаты представлены в табл. 4.

Таб. 4. Влияние температурных режимов конвективного способа сушки на ферментативную активность пророщенных пшенично-овсяных смесей

Table. 4. Influence of temperature conditions of the convective drying method on the enzymatic activity of sprouted wheat-oat mixtures

Темпера тура, °С	Активность α-амилазы				Активность β-амилазы				Протеолитическая активность				Длитель ность сушки, ч (W≤14,5 %)
	Содержание, ед/г		Снижение, %		Содержание, ед/г		Снижение, %		Содержание, ед/г		Снижение, %		
	60/40*	70/30*	60/40	70/30	60/40	70/30	60/40	70/30	60/40	70/30	60/40	70/30	
40	4,35	4,65	–	–	300,0	315,0	–	–	0,60	0,55	–	–	8
50	4,15	4,45	4,60	4,30	280,0	295,0	6,60	6,30	0,58	0,53	3,30	3,6	7
60	3,80	4,10	12,60	11,80	250,0	265,0	16,7	15,8	0,57	0,52	5,0	5,4	6
70	3,10	3,40	28,70	26,90	190,0	205,0	36,7	34,9	0,49	0,46	18,3	16,4	5
80	2,70	2,90	40,20	37,60	155,0	170,0	48,3	46,0	0,42	0,40	30,0	27,2	4

*Примечание – 60/40 (пшеница/овес голозерный); 70/30 (пшеница/овес голозерный)

Согласно полученным данным, представленным в табл. 4, содержание ферментов

¹Урбанчик, Е. Н. Технология производства хлопьев повышенной пищевой ценности из пророщенного зерна гороха / Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта. – Могилев: МГУП, 2019. – 158 с.

уменьшается незначительно до 6,6 % при температуре сушки не более 50 °С и длительность сушки составила 7–8 часов, при данных режимах влажность пророщенных смесей составила 10 %, что соответствует температурному режиму сушки для семенного зерна¹.

Измельчение проводили на электрической жерновой мельнице НК-820 путем пропуска пшенично-овсяной смеси через регулируемый зазор 0,3 мм, который согласно инструкции оборудования соответствует крупности цельносмолотого продукта не более 220 мкм и соответствует крупности муки второго сорта².

На основании проведенных исследований установлены рациональные режимы термомеханической обработки пророщенных пшенично-овсяных смесей: температура сушки 50 °С, длительность сушки 7 ч до влажности не более 10 %, зазор между жерновами – 0,3 мм, крупность частиц цельносмолотого продукта не более 220 мкм.

На основании представленных результатов исследований разработана технологическая схема производства пророщенных пшенично-овсяных смесей, которая включает отдельные операции: очистка зерна от примесей и сортирование; совместные операции: мойка, обеззараживание, проращивание, сушка, измельчение, фасовка и упаковка. В сравнении с традиционной технологией проращивания зерна предлагаемая технология позволяет сократить количество операций с 15 до 10, что позволяет характеризовать разработанную технологию как ресурсосберегающую, за счет объединения технологических операций для двух культур – мойка, обеззараживание, проращивание, сушка, измельчение, фасовка и упаковка. Проведена опытно-промышленная проверка разработанной технологии на Горьком филиале ОАО «Булочно-кондитерская компания «Домочай» Республики Беларусь.

Исследованы показатели качества и безопасности экспериментальных партий пророщенных пшенично-овсяных смесей, которые представлены в табл. 5–8.

Табл. 5. Показатели качества пророщенных пшенично-овсяных смесей

Table. 5. Quality indicators of sprouted wheat-oat mixtures

Показатели	Значение	Показатели	Значение
Внешний вид	Однородная смесь измельченных компонентов, допускается комкование продукта	Зараженность и загрязненность вредителями хлебных запасов	Не обнаружены
Цвет	Серовато-кремовый с вкраплением частиц более темного цвета	Металломагнитная примесь, мг/ кг	Не обнаружено
Запах	Свойственный зерновому продукту, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневелый	Кислотность, град	4,4±0,1
Влажность, %	9,0±1,0	Значение водородного показателя (рН)	5,5±0,5

Проведена оценка качества пророщенных пшенично-овсяных смесей в сравнении с отдельно пророщенными пшеницей и овсом голозерным. Полученные продукты зерновые «BioMix» по содержанию витаминов превосходят образцы пшеницы пророщенной: В₁ в 2,4 раза, В₂ в 1,1 раз, В₆ в 2,5 раза, В₉ в 2,2 раза, Е в 1,2 раза; образцы овса голозерного пророщенного: В₁ в 1,2 раза, В₆ в 1,3 раза, В₉ в 1,5 раза, РР в 4,4 раза, Е в 1,7 раза, β-каротина в 2,6 раз.

¹Шаршунов, В. А. Послеуборочная обработка и хранение зерна и семян: Пособие в 2 частях / В. А. Шаршунов, Е. Н. Урбанчик. Том 1., часть 2. – Минск: Мисанта, 2014. – 848 с.

²Мука пшеничная. Технические условия: СТБ 1666-2006. – Переиздан 01.12.2013. – Минск: Гос. Комитет по стандартизации Республики Беларусь: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2013. – 15 с.

Табл. 6. Показатели безопасности пророщенных пшенично-овсяных смесей

Table. 6. Safety indicators of sprouted wheat-oat mixtures

Показатели	Допустимые уровни, не более		Содержание	
			«BioMix»	«BioGrain»
Токсичные элементы, мг/кг	Свинец	0,5	0,17	0,31
	Мышьяк	0,2	0,01	<0,05
	Кадмий	0,1		0,01
	Ртуть	0,03	Не обнаружено	<0,005
Микотоксины, мг/кг	Афлотоксин В1	0,005		<0,001
	Т-2 токсин	0,1		<0,05
	Охратоксин	0,05	<0,005	–
	Охратоксин А	0,005	–	<0,005
Пестициды, мг/кг	ГХЦГ (α, β, γ-изомеры)	0,5	Не обнаружено	
	ДДТ и его метаболиты	0,02		
	2,4-Д кислота	Не допускается		
Удельная активность радионуклидов, Бк/кг	Цезий-137	90	<30,0	–
		60	–	<5,7

Табл. 7. Микробиологические показатели безопасности пшенично-овсяных смесей

Table. 7. Microbiological indicators of wheat-oat mixtures safety

Показатели	Допустимые уровни	Содержание	
		«BioMix»	«BioGrain»
Общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в 1,0 г (мл) продукта, КОЕ, не более	1,0×10 ³	3,75×10 ²	3,0×10 ²
<i>Candida albicans</i> в 0,1 г или 0,1 мл	не допускается	не обнаружены	
<i>Escherichia coli</i> в 0,1 г или 0,1 мл			
<i>Staphylococcus aureus</i> в 0,1 г (0,1 мл)		не обнаружены	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> в 0,1 г (0,1 мл)			
Бактерии группы кишечной палочки (колиформы) в 0,1 г продукта	100 не регламентируется	не обнаружены	
Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы, в 25 г продукта		не обнаружены	
Плесени в 1,0 г продукта, КОЕ, не более		не обнаружены	
Дрожжи в 1,0 г продукта, КОЕ		не обнаружены	

Табл. 8. Химический состав пророщенных пшенично-овсяных смесей

Table. 8. Chemical composition of sprouted wheat-oat mixtures

Показатели	Содержание на СВ, %		Показатели	Содержание, мг/кг	
	«BioMix»	«BioGrain»		«BioMix»	«BioGrain»
Белок	17,0	16,2	Fe	49,0	47,6
Крахмал	60,2	60,8	Zn	20,6	19,9
Жир	3,4	2,7	Cu	1,8	1,7
Клетчатка	11,7	10,8	Se	0,3	0,29
Сахара	5,0	4,6	Витамины	Содержание, мг/100 г	
Энергетическая ценность, ккал/кДж	406/6905	405/6877	B ₁	0,55	0,43
			B ₂	0,12	0,11
Минеральные элементы	Содержание, мг/кг		B ₆	0,30	0,23
K	5810,2	4988,8	B ₉	0,60	0,40
Ca	448,3	467,7	PP	7,47	7,25
Mg	1558,5	1503,7	E	1,30	1,10
P	4789,6	4689,6	β-каротин	0,26	0,24

Полученная смесь зерновая «BioGrain» по содержанию витаминов превосходит образцы пшеницы пророщенной: В₁ и В₆ в 1,9 раза, В₉ в 1,5 раз; образцы овса голозерного пророщенного: РР в 4,3 раза, Е в 1,4 раза, β-каротин в 2,4 раза.

Следующим этапом исследований являлось изучение аминокислотного состава сырья и пророщенных пшенично-овсяных смесей (табл. 9). В качестве сравнительной характеристики аминокислот разработанных смесей с продовольственным зерном пшеницы и овса голозерного, а также с пророщенным по отдельной технологии произведен расчет аминокислотного сора и индекса незаменимых аминокислот.

Табл. 9. Анализ аминокислотного состава сырья и пророщенных пшенично-овсяных смесей

Table. 9. Analysis of the amino acid composition of raw materials and sprouted wheat-oat mixtures

Наименование аминокислоты	Эталонный белок по данным ФАО/ВОЗ (2013 г)	Аминокислотный сор, %					
		Пшеница	Овес голозерный	Пшеница пророщенная	Овес голозерный пророщенный	«BioMix»	«BioGrain»
Валин	4	73	74	105	99	110	108
Гистидин	1,6	159	172	188	245	220	215
Изолейцин	3,0	131	121	177	163	168	173
Лейцин	6,1	108	106	127	129	135	129
Лизин	4,8	57	45	90	78	85	89
Метионин+ цистеин	2,3	99	91	133	106	130	116
Треонин	2,5	86	92	196	174	180	189
Триптофан	0,66	92	125	132	147	142	145
Фенилаланин+ тирозин	4,1	178	179	218	232	238	236
Индекс незаменимых аминокислот ИНАК		0,98	0,97	1,39	1,35	1,42	1,42

Анализ экспериментальных данных показал, что разработанные пророщенные пшенично-овсяные смеси превосходят продовольственное зерно пшеницы и овса голозерного по индексу незаменимых аминокислот в 1,5 раза, а пророщенное зерно пшеницы и овса голозерного на 2,1 и 4,9 % соответственно. Лимитирующей аминокислотой является лизин, что согласуется с данными ученых, изучавших пророщенное зерно пшеницы и овса голозерного белорусской селекции [16].

Согласно нормативной документации^{1, 2}, разработанные смеси могут быть отнесены к функциональным продуктам при содержании в них белка, пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ более 15 % от суточной физиологической потребности человека. Поэтому следующим этапом работы произведен расчет суточной потребности для населения от 18 до 59 лет. Установлено, что 100 г пророщенной пшенично-овсяной смеси «BioMix» удовлетворяет суточную потребность для взрослых от 18 до 59 лет в белках на 22,7 %, в пищевых волокнах – на 39,0 %, в витамине В₁ – на 36,7 %, В₂ – на 6,7 %, в витамине В₆ – на 15,0 %, в витамине В₉ – на 15,0 %, в витамине РР – на 37,4 %; в витамине Е – на 8,7 %; в витамине β-каротин – на 5,2 %, в макроэлементе К – на 23,2 %, в макроэлементе Са – на 4,5 %, в макроэлементе Mg – на 38,9 %, в макроэлементе Р – на 59,9 %, в микроэлементе Fe – на 35,0 %, в микроэлементе Zn – на 17,2 %, в

¹Санитарные нормы и правила. Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь: СанПиН №180 от 20.11.2019. – Введ. 01.07.2013, Минск: Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2012. – 21 с.

²Технический регламент Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки» ТР ТС 022/2011. – Введ. 01.07.2013 – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, издание в режиме правки и переиздания. 2019. – 18 с.

микроэлементе Cu – на 18,0 %, в микроэлементе Se – на 48,0 %; 100 г разработанной пророщенной пшенично-овсяной смеси «BioGrain» – в белках на 22,0 %, в пищевых волокнах – на 36,0 %, в витамине В₁ – на 28,7 %, В₂ – на 6,1 %, в витамине В₆ – на 1,5 %, в витамине В₉ – на 9,9 %, в витамине РР – на 36,3 %; в витамине Е – на 7,0 %; в витамине β-каротин – на 4,8 %, в макроэлементе К – на 20,0 %, в макроэлементе Са – на 4,7 %, в макроэлементе Mg – на 37,6 %, в макроэлементе Р – на 58,6 %, в микроэлементе Fe – на 34,0 %, в микроэлементе Zn – на 16,6 %, в микроэлементе Cu – на 17,0 %, в микроэлементе Se – на 46,4 %.

Следовательно, разработанная пшенично-овсяная смесь «BioMix» по содержанию белка, пищевых волокон, витаминов В₁, РР, макроэлементов К, Mg, Р, микроэлементов Fe, Zn, Cu, Se более чем на 15 %, может быть отнесена к функциональным изделиям. Следует отметить, что невысокое содержание витамина В₂ улучшает усвоение Fe и усиливает действие Zn на организм, витамина Е – улучшает биодоступность Se для организма, β-каротин – является провитамином А и усиливает антиоксидантное действие, макроэлемент Са положительно взаимодействует с витамином D и К [35]. Разработанная пшенично-овсяная смесь «BioGrain» по содержанию белка, пищевых волокон, витаминов В₁, РР, макроэлементов К, Mg, Р, микроэлементов Fe, Zn, Cu, Se более чем на 15 %, может быть отнесена к функциональным изделиям. Наличие витамина В₆ улучшает усвоение К и Mg, витамина В₉ – усиливает эффективность использования В₆ и В₁₂.

Таким образом, разработанные смеси содержат в своем составе физиологически функциональные ингредиенты, обладающие доказанной эффективностью и свойствами при употреблении в пищу и применении в дерматологии. Поэтому рационально использовать пророщенные смеси и полезные вещества, находящиеся в них, не только в пищевой, но и для косметической продукции взамен импортного растительного сырья.

Задача перерабатывающей промышленности – предоставить широкий ассортимент разнообразной продукции и сырья высокого качества, максимально сохранив в нем полезные вещества. Исследования по изучению сроков хранения разработанных смесей проводили на основании изменения кислотности (рис. 11) и органолептической характеристики смесей, так как при хранении жир расщепляется на глицерин и жирные кислоты, в результате чего происходит образование свободных жирных кислот и повышение кислотности продукта, а также появление неприятного запаха и прогорклого вкуса.

Обработка экспериментальных данных позволила получить уравнения регрессии, описывающие изменения кислотности смесей в процессе хранения с достоверностью 93 и 94 %. Согласно проведенной органолептической оценке, разработанные смеси, хранящиеся от 1 до 12 месяцев, обладали запахом, свойственным используемому сырью, без затхлого, плесневелого и других посторонних запахов; цвет смесей оставался серовато-кремовым с вкраплением частиц более темного цвета. Проведенные исследования позволяют заключить, что при соблюдении установленных режимов хранения показатели качества остаются неизменными в течение 12 месяцев.

Популяризация здорового образа жизни обуславливает повышение потребительского спроса на продукцию правильного питания и натуральных косметических средств на основе растительных ингредиентов отечественного производства. Поэтому разработка ассортимента новой пищевой и косметической продукции на основе пшенично-овсяных смесей имеет значимый социально-экономический эффект.

Впервые разработан и зарегистрирован ассортимент пищевой и косметической продукции: рецептура коктейля зернового «AquaGrain» (РЦ ВУ 700036606.280) и рецептура маски косметической «Zerno» (РЦ ВУ 700036606.235) на основе продукта зернового «BioMix»; рецептура маски косметической «BioMixGrain» (РЦ ВУ 700036606.279) и технические условия «Напиток шипучий растворимый сухой «LARI» (ТУ ВУ 791156149.002) на основе смеси зерновой «BioGrain».

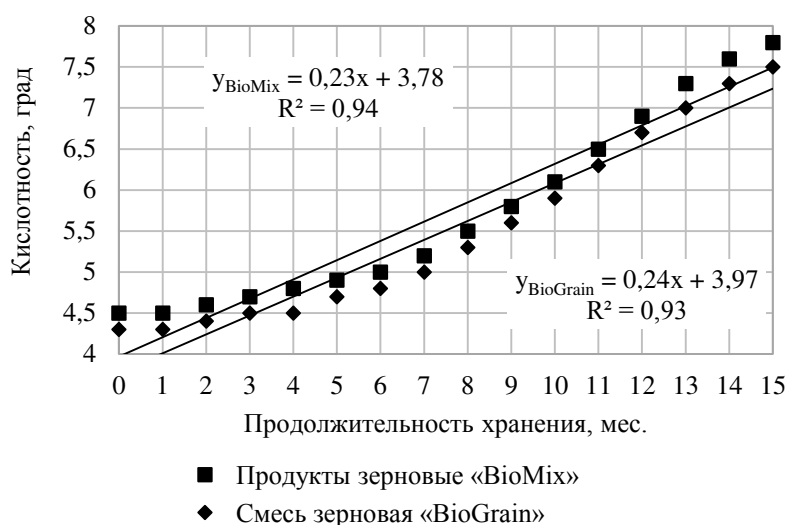


Рис. 11. Изменение кислотности пророщенных пшенично-овсяных смесей в процессе хранения

Fig. 11. Changes in the acidity of sprouted wheat-oat mixtures during storage

Проведены опытно-промышленные испытания по производству пищевой и косметической продукции в производственных условиях НТЦ «Техностарт», ООО «Свитджой» в г. Могилеве (Республика Беларусь) и на экспериментальной линии ИП Румянцев в г. Санкт-Петербурге (Российская Федерация). Изготовлены опытные партии и определены показатели качества и безопасности пищевой и косметической продукции, представленные в табл. 10, 11.

Табл. 10. Показатели качества и безопасности пищевой продукции

Table. 10. Indicators of quality and safety of food products

Показатели	Коктейль зерновой «AquaGrain»	Напиток шипучий растворимый сухой «LARI»
Внешний вид	Сыпучий порошок без комков, без посторонних включений.	
Цвет	Допускаются неплотные комочки	
Запах	Свойственный включенным в состав продукции компонентам смеси, белый с желтым оттенком	
Кислотность (после разведения водой в 200 мл)	Не более 7,0	Не более 10,0
Влажность, не более %	10,0	5,0
Крупность, % – проход через сито 220 мкм	Допускается изменение по согласованию производителя, не менее 90,0	
Посторонние примеси	Не допускаются	
КМАФАнМ, не более	1×10^4 КОЕ/г	
Дрожжи и плесени, не более	10 КОЕ/г	
Escherichia coli	Не допускаются в 1,0 г	
Патогенные микроорганизмы в т.ч. сальмонеллы в 25 г	Не допускаются	

Проведена оценка показателей качества и безопасности пищевой продукции, которая подтверждает их соответствие требованиям, установленным в нормативной документации¹.

¹Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 021/2011. – Введ. 01.07.2013. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, переиздание 2020. – 143 с.

Табл. 11. Показатели качества и безопасности косметической продукции

Table. 11. Indicators of quality and safety of cosmetic products

Показатели	Значение показателей по ТС ТР 009/2011	Значение показателей маски косметической	
		«Zerno»	«BioMixGrain»
Физико-химические показатели продукции			
Водородный показатель (рН)	3,0–9,0	6,0	5,3±0,2
Токсичные элементы			
Ртуть	Не более 1,0 мг/кг	Менее 0,03	0,0781±0,0122
Мышьяк	Не более 5,0 мг/кг	Менее 0,5	0,3371±0,0403
Свинец		Менее 0,1	0,7852±0,1104
Токсикологические показатели безопасности продукции			
Общетоксическое действие, определяемое альтернативным методом in vitro (индекс токсичности – люминесцентный бактериальный тест)	Отсутствие	–	Отсутствие
Кожно-раздражающее действие Действие на слизистые	0 баллов (отсутствует)	0 баллов (отсутствует)	
Клинические (клинико-лабораторные) показатели продукции			
Раздражающее действие	0 баллов (отсутствует)	0 баллов (отсутствует)	0 баллов (отсутствует)
Микробиологические показатели безопасности продукции			
КМАФАнМ	Не более 1×10 ³ КОЕ/г	Менее 1,0×10	Менее 10
Candida albicans	Не допускается в 0,1 г или в 0,1 мл	Не обнаружено в 0,1 г	Не обнаружено в 0,1 мл
Escherichia coli			
Staphylococcus aureus			
Pseudomonas aeruginosa			

Проведена оценка показателей качества и безопасности косметической продукции, которая подтверждает их соответствие требованиям нормативной документации¹.

Получены декларации о соответствии напитка шипучего растворимого сухого «LARI» (регистрационный номер декларации о соответствии ЕАЭС № ВУ/112 11.01. ТР 021 008 05787, дата регистрации декларации о соответствии 08.09.2020), маски косметической «Zerno» (регистрационный номер декларации о соответствии:

№ ТС ВУ/112 11.01. ТР 009 008 01532, дата регистрации декларации о соответствии 09.10.2015) и маски косметической «BioMixGrain» (регистрационный номер декларации о соответствии: ЕАЭС N RU Д ВУ.НВ42.В.12418/20, дата регистрации декларации о соответствии 16.11.2020) требованиям технических регламентов Таможенного союза². Получен патент на изобретение «Сухая косметическая маска и способ ее производства» (ВУ 21666 С1 2018.02.28).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые разработана, апробирована и внедрена в производство технология производства пророщенных пшенично-овсяных смесей для использования в качестве функционально-технологического ингредиента высокого качества при производстве пищевой и

¹Технический регламент Таможенного союза «О безопасности парфюмерно-косметической продукции»: ТР.ТС.009/2011. – Введ. 23.09.2011 – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, переиздание 2012. – 257 с.

²Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 021/2011. – Введ. 01.07.2013 – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, переиздание 2020. – 143 с.

косметической продукции. Показано, что разработанная технология позволяет сократить технологический цикл на 34 % в сравнении с технологией полизлаковых продуктов из пророщенного зерна, что обеспечит снижение себестоимости продукции на их основе ввиду импортозамещения дорогостоящего сырья, повысит эффективность использования отечественного сырья и минимизирует зависимость белорусских производителей от повышения цен и изменения ситуации на внешних рынках.

Исследован процесс проращивания зерна пшеницы и овса голозерного. Впервые получены новые данные о значениях активности роста зерна пшеницы и овса голозерного на различных этапах проращивания в диапазоне температур воздуха 5–25 °С, характеризующие максимальный выход пророщенного зерна за минимальное время. Установлены математические зависимости химического состава, ферментативной активности и физико-химических свойств зерна пшеницы и овса голозерного от времени проращивания, позволяющие моделировать содержание сложных органических веществ, микро- и макронутриентов пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного и продуктов на их основе.

Впервые установлены интегральные режимы проращивания зерна. Доказана возможность проращивания пшеницы и овса голозерного в составе смесей. Показано, что при соотношении 60/40 и 70/30 (пшеница/овес голозерный) наблюдался синергетический (усиливающий) тип взаимодействия исследуемых культур, который определялся повышенным содержанием витаминного и аминокислотного состава разработанных смесей, а также высокой активностью роста при минимальной продолжительности процесса проращивания в сравнении с образцами исследуемых культур, пророщенных отдельно. Установлены уравнения регрессии, позволяющие рассчитать количество воды, необходимой для проращивания смесей и объемы замочных емкостей.

Исследовано влияние противомикробной обработки на микробную обсемененность зерна пшеницы и овса голозерного. Разработан способ обеззараживания в процессе проращивания зерна пшеницы и овса голозерного с высокой микробной обсемененностью ($1,5 \times 10^6$ КОЕ/г и $8,3 \times 10^7$ КОЕ/г соответственно), обеспечивающий снижение показателя общей микробной обсемененности пророщенного зерна в 3,0–3,3 раза в сравнении с контролем и его соответствие допустимым уровням микробиологической безопасности для пищевой (5×10^4 КОЕ/г) и косметической продукции (1×10^3 КОЕ/г).

Исследовано влияние термической обработки на динамику ферментативной активности пророщенных пшенично-овсяных смесей. Установлено, что содержание α -амилазы, β -амилазы, протеолитических ферментов уменьшается незначительно (до 6,6 %) при температуре сушки до 50 °С, что косвенно свидетельствует о снижении термолабильных витаминов и аминокислот, при этом длительность сушки составила не более 8 часов до влажности 10 %.

Разработана и зарегистрирована нормативно-техническая документация на пророщенные смеси в процентном соотношении 60/40 и 70/30 (пшеница/овес голозерный): продукты зерновая «BioMix» (ТУ BY 700036606.115) и смесь зерновая «BioGrain» (ТУ BY 700036606.128). Проведена оценка качества пророщенных пшенично-овсяных смесей в сравнении с отдельно пророщенными пшеницей и овсом голозерным.

Рассчитана степень удовлетворения суточной потребности для населения от 18 до 59 лет. Показано, что при употреблении 100 г пророщенных пшенично-овсяных смесей «BioMix» и «BioGrain» – в белках на 22,0–22,7 %, в пищевых волокнах на 36,0–39,0 %, в витамине В₁ на 28,7–36,7 %, В₂ на 6,1–6,7 %, в витамине В₆ на 11,5–15,0 %, в витамине В₉ на 9,9–15,0 %, в витамине РР на 36,3–37,4 %, в витамине Е на 7,0–8,7 %, в витамине β -каротин на 4,8–5,2 %, в макроэлементе К на 20,0–23,2 %, в макроэлементе Са на 4,5–4,7 %, в макроэлементе Mg на 37,6–38,9 %, в макроэлементе Р на 58,6–59,9 %, в микроэлементе Fe на 34,0–35,0 %, в микроэлементе Zn на 16,6–17,2 %, в микроэлементе Cu на 17,0–18,0 %, в микроэлементе Se на

46,4–48,0 %. Разработанные продукты обладают достаточно высокой биологической ценностью, в сравнении с продовольственным и пророщенным по отдельности зерном пшеницы и овса голозерного, который характеризовался индексом незаменимых аминокислот и составил 1,42.

Исследован процесс хранения смесей. Установлено, что срок хранения смесей, при котором регламентируемые показатели качества находятся в допустимых пределах, составляет 12 месяцев в фольгированной упаковке.

На основании анализа отечественных и зарубежных источников информации о применении пророщенного зерна в промышленности выявлена необходимость практического использования полученных пророщенных пшенично-овсяных смесей не только при производстве пищевой, но и косметической продукции на их основе. В результате исследования показателей качества и безопасности смесей установлено их соответствие требованиям, предъявляемым к продовольственному и косметическому сырью. Впервые разработан и зарегистрирован ассортимент пищевой и косметической продукции на основе пророщенных пшенично-овсяных смесей. Разработанная продукция введена в обращение на рынках Республики Беларусь и Российской Федерации.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследования, описанные в данной статье, проводились в рамках государственной программы научных исследований «Фундаментальные основы биотехнологий» подпрограммы «Новые биотехнологии» по теме «Разработка научных основ получения из зерна пшеницы и гороха пищевых продуктов с улучшенными потребительскими свойствами» (номер госрегистрации 20141456), государственной программы научных исследований «Качество и эффективность агропромышленного производства» подпрограммы «Продовольственная безопасность» по теме «Формирование научно-практических основ получения функциональных косметических средств антивозрастной направленности на основе местного растительного сырья» (номер госрегистрации 20162270), государственной программы научных исследований «Биотехнологии» подпрограммы «Микробные биотехнологии» по теме «Обоснование эффективности ферментативного получения из злаковых, зернобобовых и масличных культур биологически активного сырья для косметических целей» (номер госрегистрации 20162139); в рамках гранта магистранта «Разработка технологии получения биологически активной зерновой композиции на основе цельнозернового овса голозерного для производства сухих косметических смесей» (номер госрегистрации 2015734), гранта аспиранта «Разработка технологии получения смесей биоактивированного зерна и многокомпонентных порошковых продуктов на их основе» (номер госрегистрации 20180823), государственной программы научных исследований «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность», подпрограммы «Продовольственная безопасность» по теме «Научное обоснование создания сухих концентратов детоксикационного действия с использованием пектиносодержащих фитокомпозиций» (номер госрегистрации 20211976) при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь; а также гранта Белорусского инновационного фонда на коммерциализацию результатов инновационного проекта «Косметическая экспресс-маска антивозрастной направленности на основе биологически активного растительного сырья» (номер договора № 8-КО от 04.03.2019).

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Бастриков, Д. Н. Функциональные зернопродукты как путь развития отрасли / Д. Н. Бастриков // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. – 2018. – № 10(10). – С. 34–41.
- 2 Павелзик, Е. Характеристика овса голозерного и возможности его переработки в пищевых целях / Е. Павелзик // Mlunsko-Pekarensku prumusi. – 1987. – № 2. – С. 166–168.
- 3 Токарева, А. Новые разработки по применению пшеницы в функциональных продуктах / А. Токарева, И. А. Сорокина, Е. В. Панина // Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 69-й студенческой научной конференции, Воронеж, 01 марта 2018 года. Том III. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2018. – С. 102–106.
- 4 Леонова, С. А. Взаимосвязь технологических и биохимических свойств различных сортов пшеницы и их изменения в процессе переработки / С. А. Леонова // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2007. – № 9. – С. 14–16.
- 5 Кандроков, Р. Х. Роль шелушения зерна в технологии переработки твердой пшеницы / Р. Х. Кандроков, Г. Н. Панкратов // Научно-инновационные аспекты хранения и переработки зерна: к 85-летию ГНУ ВНИИЗ Россельхозакадемии: под редакцией Мелешкиной Е. П. – М.: Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки, 2014. – С. 76–80.
- 6 Алехина, Н. Н. Биоактивированное зерно пшеницы как источник функциональных пищевых ингредиентов / Н. Н. Алехина, Е. И. Пономарева, К. С. Пожидаева // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: Материалы VI Международной научно-технической конференции, Воронеж, 11–12 декабря 2017 года / Министерство образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий». – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017. – С. 265–268.
- 7 Peñas, E. Advances in Production, Properties and Applications of Sprouted Seeds/ E. Peñas, C. Martínez-Villaluenga // Foods (Basel, Switzerland). – 2020. – vol. 9 (6): 790.
- 8 Белоусова, С. В. Разработка технологии функциональных продуктов на основе пророщенного зерна / С. В. Белоусова, М. А. Захаренко // Агропромышленному комплексу – новые идеи и решения: Материалы XXI Внутривузовской научно-практической конференции, Кемерово, 04 февраля 2022 года / Редколлегия: Е. А. Ижмулкина [и др.]. – Кемерово: Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт, 2022. – С. 108–114.
- 9 Галдова, М. Н. Обоснование технологии проращивания пшеницы и овса голозерного в составе зерновой смеси для получения функционального ингредиента / М. Н. Галдова, Е. Н. Урбанчик // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2023. – № 1 (34). – С. 41–61.
- 10 Benincasa, P. Sprouted Grains: A Comprehensive Review / P. Benincasa, [et al.]. Galieni Sprouted Grains: // Nutrients. – 2019. – vol. 11(2):421.
- 11 Yu-Wei, Luo Effects of germination on iron, zinc, calcium, manganese, and copper availability from cereals and legumes/ Yu-Wei Luo, Wei-Hua Xie, Xiao-Xiao Jin, Qian Wang & Yi-Jian He (2014). – CyTA – Journal of Food – 12:1. – P. 22–26.
- 12 Карачевцева, Е. С. Употребление ростков пшеницы в рационе питания: польза и свойства / Е. С. Карачевцева // Юность и знания – гарантия успеха – 2021: Сборник научных трудов 8-й Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Курск, 16–17 сентября 2021 года. Том 2. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 211–213.
- 13 Самбулов, А. М. Пророщенное зерно как растительное сырье для продукции здорового питания / А. М. Самбулов, Е. В. Крюкова // Пища. Экология. Качество: труды XVII Международной научно-практической конференции, Новосибирск, 18–19 ноября 2020 года. – Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет, 2020. – С. 576–580.
- 14 Белоусова, С. В. Разработка технологии функциональных продуктов на основе пророщенного зерна / С. В. Белоусова, М. А. Захаренко // Агропромышленному комплексу – новые идеи и решения: Материалы XXI Внутривузовской научно-практической конференции, Кемерово, 04 февраля 2022 года / Редколлегия: Е. А. Ижмулкина [и др.]. – Кемерово: Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт, 2022. – С. 108–114.
- 15 Бережная, О. В. Проростки пшеницы – ингредиент для продуктов питания / О. В. Бережная, Г. Г. Дубцов, Л. И. Войно // Пищевая промышленность. – 2015. – № 5. – С. 26–29.
- 16 Микулинич, М. Л. Технологические аспекты получения и потребительская оценка консервированного продукта с использованием пророщенного зерна и экстракта солодового / М. Л. Микулинич, Н. А. Гузикова // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2022. – № 1(32). – С. 74–91.

- 17 Орлова, Н. А. Метаболические изменения при совместном проращивании культурных растений и сидератов / Н. А. Орлова [и др.] // The Scientific Heritage. – 2021. – № 75–4(75). – С. 15–20.
- 18 Генджаева, Д. Ш. Физиолого-биохимические показатели семян пшеницы и люпина при совместном проращивании / Д. Ш. Генджаева // Молодость. Интеллект. Инициатива: Материалы VIII Международной научно-практической конференции студентов и магистрантов, Витебск, 22 апреля 2020 года / Редколлегия: И. М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: Витебский государственный университет им. П. М. Машерова, 2020. – С. 56–57.
- 19 Ардатская, М. Д. Роль пищевых волокон в коррекции нарушений микробиоценоза кишечника на фоне антибактериальной терапии / М. Д. Ардатская // Эффективная фармакотерапия. – 2021. – Т. 17, № 28. – С. 46–52.
- 20 Robertson, L. J. Microbiological analysis of seed sprouts in Norway / L. J. Robertson [et al.] // Int. J. Food Microbiol. – 2002. – Vol. 75, No. 1–2. – P. 119–126.
- 21 Montville, R. Monte Carlo simulation of pathogen behavior during the sprout production process (Review) / R. Montville, D. Schaffner // Appl. Environ. Microbiol. – 2005. – Vol. 71, No. 2. – P. 746–753.
- 22 Olaimat, A. N. Factors influencing the microbial safety of fresh produce: A review / A. N. Olaimat, R. A. Holley // Food Microbiol. 2012. Vol. 32. P. 1–19.
- 23 Богатырева, Т. Г. Способы и средства предотвращения плесневения хлеба/ Т. Г. Богатырева [и др.]// Хлебопечение России. 1999. – № 3.– С. 16–17.
- 24 Kim, S. A. Changes in microbial contamination levels and prevalence of foodborne patho-gens in alfalfa (*Medicago sativa*) and rapeseed (*Brassica napus*) during sprout production in manu-facturing plants / S. A. Kim, O. M. Kim, M. S. Rhee // Lett. Appl. Microbiol. 2013. Vol. 56. P. 30–36.
- 25 Ding, H. Microbial contamination in sprouts: how effective is seed disinfection treatment. / H. Ding, T.-J. Fu, M. A. Smith // J. Food Sci. 2013. Vol. 78. P. R495–R501.
- 26 Pierre, P. M. Inactivation of *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella typhimurium* DT104, and *Listeria monocytogenes* on inoculated alfalfa seeds with a fatty acid-based sanitizer / P. M. Pierre, E. T. Ryser // J. Food Prot. 2006. Vol. 69. P. 582–590.
- 27 Лазарев, А. М. Подготовка семян овощных культур / А. М. Лазарев // Защита и карантин растений. – 2009. – № 1. – С. 43–44.
- 28 Limon, R. I. Role of 421 elicitors on the health-promoting properties of kidney bean sprouts / R. I. Limon [et al.]. // LWT – Food Sci. Technol. 2014. Vol. 56. P. 328–334.
- 29 Kumar, M. Inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella* on mung beans, alfalfa, and other seed types destined for sprout production by using an oxychloro-based sanitizer / M. Kumar [et al.] // J. Food Prot. 2006. Vol. 69. P. 1571–1578.
- 30 Delaquis, P. J. Disinfection of mung bean seed with gaseous acetic acid / P. J. Delaquis, P. L. Sholberg, K. Stanich // J. Food Prot. 1999. Vol. 62. P. 953–957.
- 31 Luksiene, Z. Novel approach to the microbial decontamination of strawberries: chlorophyllin-based photosensitization / Z. Luksiene, E. Paskeviciute // J. Appl. Microb. – 2011. – Vol. 110. – P. 1274–1283.
- 32 Buchovec, I. Novel approach to control microbial contamination of germinated wheat sprouts: photoactivated chlorophyllin-chitosan complex / I. Buchovec, Z. Luksiene // Int. J. Food Proc. Technol. – 2015. – Vol. 2. – P. 26–30.
- 33 Archana, Reduction of polyphenol and phytic acid content of pearl millet grains by malting and blanching. / Archana, S. Sehgal, A. Kawatra // Plant Foods Hum. Nutr.–1999.– Vol. 53.– No 2. P. 93–98.
- 34 Бурова, Н. О. Особенности производства сухих пророщенных зерен пшеницы и ржи/ Н. О. Бурова [и др.]. // Вестник Марийск. гос. ун-та. Сер. сельскохозяй. науки, экон. науки. 2016. – Т. 2, № 3(7). С.10–15.
- 35 Шаршунов, В. А. Оптимизация режимов термомеханической обработки пророщенного зерна гороха / В. А. Шаршунов, Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2014. – № 4. – С. 109–114.

Поступила в редакцию 18.12.2023 г.

ОБ АВТОРАХ:

Галдова Марина Николаевна, начальник центра дистанционного обучения Института повышения и переподготовки, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: galdova@mogilev.bgut.by.

Елена Николаевна Урбанчик, кандидат технических наук, доцент, директор Института повышения и переподготовки, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: urbanchik@mogilev.bgut.by.

ABOUT AUTHORS:

Maryna M. Haldova, Postgraduate student, Head of the Center for Distance Learning, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: galdova@mogilev.bgut.by.

Alena M. Ourbantchik, Ph. D. (Engineering), Associate Professor, Director of the Institute of Advanced Studies and Specialists Retraining, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: urbanchik@mogilev.bgut.by.

УДК 642.58:658.5.011

МЕХАНИКА ФОРМИРОВАНИЯ ЦВЕТА МЯСА И СПОСОБЫ ЕГО РЕГИСТРАЦИИ (обзор)

О. В. Шкабров¹, В. Д. Резниченко², И. М. Чернуха³, Т. Н. Болашенко⁴, Л. В. Лазовикова⁴

¹Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Республика Беларусь

²ОАО «Слуцкий мясокомбинат», Республика Беларусь

³ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Российская Федерация

⁴Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Биохимические процессы, активно протекающие после убоя, влияют на цвет мяса и мясных продуктов, который является основным признаком, по которому потребитель оценивает его качество. Цвет мяса определяется сложностью его состава и микроструктуры, а также механическими взаимодействиями миоглобина с множеством экзогенных и эндогенных факторов. Знание основных молекулярных механизмов цветоформирования мяса позволит разработать эффективные стратегии для улучшения стабильности цвета и продления сроков хранения. Цветометрический анализ эффективен в изучении послеубойных автолитических изменений и классификации мясного сырья по степени автолиза для дальнейшего использования.

Материалы и методы. Научные статьи, патенты на изобретения, монографии, диссертации, опубликованные в открытой печати за последние 10 лет. Методы системного анализа, логическое обобщение тематической информации, представленной в онлайн-ресурсах Elsevier, ResearchGate, PubMed, cyberleninka.ru, findpatent.ru и eLIBRARY.RU.

Результаты. Проанализированы основные физико-химические и механические механизмы формирования цвета и окраски мяса. Выделены наиболее существенные причины изменения окраски мышечной ткани при хранении. Рассмотрен биохимический механизм ухудшения цвета, появления радужного отлива. Приведены основные инструментальные методы определения цвета и окраски мясного сырья, выделены недостатки и преимущества каждого из них. Особое внимание уделено методу электронной спектроскопии, который позволяет судить о глубине автолитических процессов на уровне всех компонентов биологических тканей.

Выводы. Изучение молекулярных механизмов цветообразования мяса посредством различных инструментов позволит разработать правильные инженерные стратегии по повышению качества мяса как на предприятии-изготовителе, так и в розничной торговле. Развитие спектрофотометрического анализа цветности мяса позволит глубже понять биохимические процессы, протекающие в нём после убоя и при технологической обработке, а также автоматизировать сортировку мяса по его цвету и группам качества.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: цвет мяса; спектрофотометрический анализ; механизмы цветообразования мяса; факторы цветообразования; ухудшение цвета мяса.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Шкабров, О. В. Механика формирования цвета мяса и способы его регистрации / О. В. Шкабров [и др.] // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2023. – № 2(35). – С.44– 63.

MECHANICS OF MEAT COLOR FORMATION AND METHODS OF ITS REGISTRATION (review)

O. V. Shkabrov¹, V. D. Reznichenko², I. M. Chernukha³, T. N. Bolashenko⁴, L. V. Lazovikova⁴

¹Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus, Republic of Belarus²ОАО "Slutsk Meat Processing Plant", Republic of Belarus³FSBNU "FSC Food Systems named after V.M. Gorbato" RAS, Russian Federation⁴Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Republic of Belarus**ABSTRACT**

Introduction. Biochemical processes that actively occur after slaughter affect the color of meat and meat products, which is the main feature by which the consumer evaluates its quality. The color of meat is determined by the complexity of its composition and microstructure, as well as by the mechanical interaction of myoglobin with many exogenous and endogenous factors. Knowledge of the underlying molecular mechanisms of meat color formation will allow us to develop effective strategies for improving color stability and extending shelf life. Colorimetric analysis is effective in studying post-slaughter autolytic changes and classifying raw meat according to the degree of autolysis for further use.

Materials and methods. Scientific articles, patents for inventions, monographs, dissertations published in the open press over the past 10 years. Methods of system analysis, logical generalization of thematic information presented in online resources Elsevier, ResearchGate, PubMed, cyberleninka.ru, findpatent.ru and eLIBRARY.RU.

Results. The main physicochemical and mechanical mechanisms of meat color formation are analyzed. The most significant causes of changes in the color of muscle tissue during storage are identified. The biochemical mechanism of color deterioration as well as the appearance of iridescence are considered. The main instrumental methods for determining color of meat raw materials are described, and their disadvantages and advantages are highlighted. Special attention is paid to electron spectroscopy, which makes it possible to consider the depth of autolytic processes at the level of all components of biological tissues.

Conclusions. The study of the molecular mechanisms of meat color formation using various tools will make it possible to develop the right engineering strategies for improving the quality of meat both at the processing plant and in retail. The development of spectrophotometric analysis of color will allow us to understand better the biochemical processes occurring in meat after slaughter and during technological processing, as well as automate meat grading by its color and quality groups.

KEY WORDS: *meat color; spectrophotometric analysis; meat color formation mechanisms; color formation factors; deterioration of the meat color.*

FOR CITATION: Shkabrov, O. V. Mechanics of meat color formation and methods of its registration (review) / O. V. Shkabrov [et al.] // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2023. – № 2(35). – P. 44–63 (in Russian).

ВВЕДЕНИЕ

Визуальное восприятие потребителя играет важную роль в оценке качества мяса. Цвет мяса, как скоропортящегося продукта, является важным показателем качества, который потребители ассоциируют со свежестью и полезностью. Отклонения от предпочтительного ярко-вишнево-красного цвета приводят к тому, что мясо сначала уценивают, а в конечном итоге выбрасывают, в зависимости от степени ухудшения цвета и внешнего вида [1].

Как отмечают исследователи Департамента зоотехники и промышленности Канзасского государственного университета [2], в течение последних 3-х десятилетий яркий вишнево-красный цвет мяса остаётся главной органолептической характеристикой для потребителей, принимающих решение о покупке мяса. Многочисленные разработки мясных продуктов с использованием красителей на растительной основе для имитации ярко-красного цвета подтверждают важность сенсорного восприятия для оценки качества мяса.

Несмотря на то, что ярко-красный цвет мяса не является надежным индикатором микробиологической безопасности, неспособность оправдать ожидания потребителей в отношении безопасного и полезного мяса может привести к экономическим потерям и образованию органических отходов. Как показывают результаты исследований [3, 4],

ежегодные потери мяса в результате ухудшения цвета в сетях розничной торговли могут варьировать от 2 до 20 %, что не всегда связано с порчей продукта.

По различным причинам потребитель или эксперт не могут оценить запах, консистенцию или другие сенсорные характеристики мяса, не вскрывая упаковку. Поэтому только цвет и внешний вид мяса позволяют судить о товарном виде продукции, её качестве, о состоянии определённых групп мышц, а также об аутолитических изменениях, происходящих в мясе.

Таким образом, одной из важнейших характеристик качества мясного сырья и мясных продуктов является их цвет, регистрация изменения которого может быть положена в основу цифровых методов экспресс-контроля. Данные методы, в дополнение к органолептическому анализу, могут быть применимы для оценки качества, технологичности и промышленной пригодности мяса к переработке на различных этапах производства: приёмки, холодильной обработки, хранения, переработки, реализации мясной продукции [5, 6].

Интерес исследователей в области цветометрии мяса с каждым годом всё больше увеличивается, что подтверждают результаты анализа публикаций по исследованию цвета мяса и мясных продуктов¹. Так, количество опубликованных статей по указанной теме за последние 10 лет возросло в 7,5 раз².

Так как цвет мяса является одним из важнейших факторов на любом этапе «от поля до вилки», необходимо понимать причины его формирования и изменчивости, чтобы свести к минимуму появление нежелательного цвета, который в конечном итоге приводит к потерям продукта. Знание особенностей цветоформирования мяса имеет ключевое значение как для производителей, так и для розничной торговли. Сохранение цвета свежего мяса на уровне розничной торговли приведет к уменьшению потерь, увеличению сроков годности и более высокой вероятности продажи в оригинальной упаковке. В данном обзоре показаны основные механизмы формирования цвета мяса и инструментальные способы качественной и количественной его оценки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для отбора литературных данных на русском и английском языках провели поиск по ключевым словам, в научных базах данных Elsevier, ResearchGate, PubMed eLIBRARY.RU, cyberleninka.ru, findpatent.ru, в библиографических базах «Web of Science» и «Scopus». Отобранные научные статьи, патенты на изобретения, монографии, диссертации, опубликованные в открытой печати за последние 10 лет, были просмотрены с учетом степени их релевантности.

Поиск информации осуществляли по следующим ключевым словам и их комбинациям: meat wastage (потери мяса), meat discoloration (ухудшение цвета мяса), meat color (цвет мяса), myoglobin chemistry (химия миоглобина), structure of meat (структура мяса).

Для составления обзора были использованы методы системного анализа и логическое обобщение тематической информации.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Механизм формирования окраски мяса

В теории цвета различают два таких близких понятия, как окраска предмета и его цвет. Окраска характеризует спектральные свойства поверхности предмета отражать те или иные излучения в направлении глаза (или измерительного прибора). Цвет предмета – это то, как реализуется эта отражательная способность с учетом условий его освещения и рассматривания [7–11].

¹National Library of Medicine [Электронный ресурс] // 8600 Rockville Pike Bethesda, MD 20894. – Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov> – Дата доступа: 23.04.2023.

²Elsevier [Электронный ресурс] // RELX Group plc. – Режим доступа: <https://www.elsevier.com> – Дата доступа: 23.04.2023.

Для формирования окраски мяса необходимо избирательное поглощение видимой части спектра электромагнитного излучения. Взаимодействие света и живой материи начинается с акта поглощения фотонов и перехода молекул в возбужденное состояние. Согласно теории строения атомов поглощение света вызывает перескок некоторой части электронов освещаемого вещества на менее энергетически выгодные орбиты. С помощью фотонов для возбужденных атомов и молекул обеспечивается возможность безызлучательных электронных переходов. В результате безызлучательного рассеивания энергии поглощенных квантов в виде тепла возникает эффект «вычитания» части светового потока, падающего на поверхность тела [12, 13].

Как отмечают авторы [14–16], окраска тканей мяса зависит от их химического состава, строения цветных соединений и колеблется от белого (для свиного жира) до различных оттенков жёлтого, жёлто-коричневого, коричнево-красного и красного. Считается, что мясо взрослого КРС имеет ярко-красную окраску, молодняка до 1,5 лет – бледно-красную, свиней – красную. На интенсивность окраски мяса влияют вид, порода, пол, возраст животного и способ откорма. Окраска мяса в значительной степени зависит от физико-химических показателей. С увеличением величины pH окраска мяса варьирует от светлого до тёмного. Послеубойное изменение величины pH способствует формированию мяса с признаками PSE, RSE, PFN, RFN, DFD, которые значительно отличаются друг от друга по оптическим свойствам.

Формирование окраски мяса обусловлено механизмами цветообразования, характерными как для органических, так и неорганических веществ.

Окраска неорганических веществ определяется присутствием в твердом теле ионов переходных металлов [17]. В состав пигментов мяса входят катионы таких переходных металлов, как Fe, Co, Cu. Электронные переходы между d-орбиталями ионов переходных металлов (d-переходы) – основная причина возникновения многих распространенных типов окраски неорганических соединений. С этими явлениями, например, связаны различные оттенки голубого и зеленого цвета комплексных соединений меди (II).

Органические молекулы поглощают видимый свет при возбуждении π электронов в системах сопряженных двойных связей. Коэффициент поглощения и длина волны полосы поглощения у молекул с двойными связями зависят от протяженности сопряженной системы, ее особенностей, наличия ауксохромных групп. С увеличением числа сопряженных двойных связей в системе возрастает коэффициент поглощения, а максимум полосы поглощения смещается в длинноволновую сторону. Частично процессы формирования цветности органических веществ объясняет хромофорная теория.

Согласно хромофорной теории Витта, появление полосы поглощения в спектре исследуемого вещества обязано хромофору – структурной группе в его составе, которая обуславливает избирательное поглощение света в электронном спектре. Обычно это группы, для которых характерны переходы $\pi \rightarrow \pi^*$ и $n \rightarrow \pi^*$, т.е. содержащие кратные связи: $C=C$, $C \equiv C$, $C=O$, $N=N$, $N=O$, системы $C=C-C=O$, ароматическое ядро и т. д. Насыщенная группа в органическом соединении ($-NH_2$, $-OH$ и др.), присоединение которой к хромофору может изменять положение (батохромный, гипсохромный сдвиги) и интенсивность (гиперхромный, гипохромный эффекты) полосы поглощения последнего в спектре, получила название ауксохрома [18].

Как отмечают авторы [19], для некоторых пигментов мяса характерны фотофизические люминесцентные эффекты, которые могут быть использованы для оценки качества мясного сырья. Так, учеными Сеченовского университета с коллегами из Австралии предложен более быстрый и дешевый способ оценки качества мяса, который основан на воздействии УФ-излучения на небольшой образец и измерении спектра люминесценции [20].

Люминесценция – свойство вещества излучать свет под воздействием возбуждающих

факторов, как правило, без повышения температуры. По продолжительности люминесценцию подразделяют на флюоресценцию и фосфоресценцию. Данное свойство положено в основу люминесцентного анализа для санитарной оценки качества мяса.

Животные ткани способны флуоресцировать в различных областях видимого спектра: синей, зеленой и красной. Синим светом на $\lambda=460-470$ нм флуоресцируют пиридиннуклеотиды НАДН и НАДФН (в мышечной ткани флуоресценция обусловленная НАДФН незначительна), для ее возбуждения в силу стоксова смещения необходимо облучение ультрафиолетом с $\lambda=365$ нм. Окисление НАДН сопровождается потерей способности флуоресцировать. Окисленные флавопротеиды (ФП) флуоресцируют в зеленой области на $\lambda=520-530$ нм, для которого также необходимо облучение ультрафиолетом с $\lambda=365$ нм или синим светом. Восстановленные ФП утрачивают способность флуоресцировать.

Таким образом, спектр является индивидуальной характеристикой вещества. Положение линий в спектре является основой качественного анализа, по интенсивности линий можно проводить количественный анализ содержания вещества с той или иной степенью точности.

Влияние биохромов на окраску мяса

Образование цвета свежего мяса – довольно сложный процесс, обусловленный участием молекулярного кислорода, 4-дентатного лиганда порфирина с обширной системой сопряженных двойных связей, иона железа Fe^{+2} , способного окисляться и ряда других причин [19].

Основную и наиболее важную роль в формировании цвета мяса и мясопродуктов играют эндогенные пигменты (хромопротеиды). Различают три основные группы эндогенных пигментов:

- 1) Гемоглобиногенные пигменты (ферритин, гемосидерин, билирубин);
- 2) Протеиногенные пигменты (меланин, адrenoхром);
- 3) Липопигменты (липофусцин, цероид, липохромы).

Адренохром (коэффициент экстинкции $E_{mM} = 4,02$ при 480 нм) – один из метаболитов (продукт окисления) адреналина.

Гемосидерин – это пигмент темно-желтого цвета, представляющий собой гидроокись железа, связанную с белками, гликозаминогликанами и липидами клетки. Он образуется при распаде гемоглобина на гем и ферритин, с последующей денатурацией и депротеинизацией белка ферритина. Гемосидерин обнаруживается в ретикулярных и эндотелиальных клетках селезенки, печени, костного мозга, лимфатических узлах. В межклеточном веществе гемосидерин подвергается фагоцитозу сидерофагами. Гемосидерин образуется при кровоизлияниях. В небольших кровоизлияниях обнаруживается только гемосидерин, а в крупных – по периферии, среди живой ткани образуется гемосидерин, а в центре – кровоизлияния, где автолиз происходит без доступа кислорода и участия клеток, появляются кристаллы гематоидина. Накопление гемосидерина в тканях и органах происходит при различных заболеваниях [21].

Липофусцин – жёлто-коричневый аутофлуоресцирующий пигмент, встречающийся во всех тканях и органах. В клетках обычно концентрируется вокруг ядра в лизосомах в виде остаточных телец. По разным мнениям, липофусцин образуется и накапливается в результате окисления ненасыщенных жиров или в случае повреждения мембран органелл, в особенности из-за повреждения митохондрий и лизосом. Наибольшее содержание липофусцина отмечается в митотически неактивных клетках, таких как нейроны и кардиомиоциты [22].

В ветеринарии патологическую пигментацию липофусцином, особенно печени, почек, сердечной и скелетных мышц, нервных клеток, наблюдают при истощающих болезнях, например, при углеводно-белковой недостаточности у коров с высокой продуктивностью или при атрофии паренхиматозных органов, в том числе в старости.

Многочисленную группу пигментов мяса составляют сложные белки гемо- и

гемипротеины. Простетическими группами этих пигментов являются гем и гемин (гематин), а также продукты их распада. Гем и гемин представляют собой комплексные соединения катионов Fe^{+2} и Fe^{+3} , соответственно, и лиганда порфирина. Окисляясь, гем превращается в гемин ($\text{Fe}^{+2} \rightarrow \text{Fe}^{+3}$). Переходы между гемом и геминем определяются наличием восстановителей или окислителей, и они возможны в гемопротеинах, к которым относятся: миоглобин, гемоглобин, цитохромы. В цитохромах передача электрона связана с переходом между двумя состояниями катионов железа: Fe^{+2} и Fe^{+3} . Однако они не способны подобно миоглобину и гемоглобину связывать кислород или другой лиганд, т.к. в этих соединениях у катиона железа уже насыщены все шесть координационных связей. К гемипротеинам относятся ферменты каталаза и пероксидаза. Особенность цитохромоксидазы в том, что она одновременно содержит катионы железа и меди.

Структурно близок к гему витамин B_{12} . Отличие заключается в том, что в случае витамина B_{12} комплексообразователем выступает катион кобальта, а хелатирующим лигандом является порфириноподобная структура, содержащая меньшее число сопряженных двойных связей, чем гемовый порфирин. Это делает такую структуру оптически не активной в видимой области. Поэтому красный цвет витамина B_{12} возникает благодаря катиону кобальта, а не системе сопряженных двойных связей лиганда. Витамин B_{12} содержится преимущественно в печени и почках.

К этой же группе примыкают пигменты, являющиеся производными гема. При жизни животных биологическое окисление порфирина сопровождается дециклизацией и образованием линейных тетрапирролов – билирубиноидов: биливердина и билирубина. Биливердин имеет желтую окраску, а важнейший продукт распада – билирубин – оранжевую. Из билирубина образуется уробилин, имеющий оранжево-красный цвет. Эти пигменты содержатся в плазме крови. Окислительные процессы в автолизирующих мышцах также приводят к разрыву порфиринового кольца. Первоначально приходит разрыв α -метинового мостика и также образуются линейные тетрапирролы. При более глубоком окислении разрываются другие метиновые мостики. Совокупность этих процессов приводит к образованию продуктов окисления с разнообразной окраской (желтой, зеленой).

В плазме крови животных могут присутствовать каротиноиды, содержание которых определяется особенностями питания. Плазма крови травоядных животных может иметь желто-красный цвет из-за большого содержания каротинов и ксантофилов. Каротиноиды – это пигменты желтого, оранжевого или красного цвета с различными оттенками. У свиней с иным рационом питания, чем травоядные, плазма крови имеет бледно-желтый цвет.

Флавопротеины – это сложные белки, простетические группы которых являются производными рибофлавина. Желтый цвет присущ только окисленному состоянию рибофлавина, а восстановленная форма бесцветна.

Роль миоглобина в формировании цвета мяса

Значительную роль в формировании окраски мышечной ткани играют белки-хромопротеиды – соединения, состоящие из 96 % белка и красящего компонента – гема (4 %). Гем представляет собой комплексное соединение иона железа с 4-дентатным лигандом порфирином. Основной красящей гемовой группой является протопорфирин, четыре пирольных кольца которого объединены в молекулу кольцевой формы.

В геме возможны два вида электронных переходов, приводящих к образованию цвета. Во-первых, видимый свет поглощается в переходах $\pi \rightarrow \pi^*$ в протопорфирине IX, координированном с ионом железа и содержащим протяженную, замкнутую систему сопряженных двойных связей. Во-вторых, поглощение света может происходить в электронных переходах между определенными орбиталями в ионах железа. Следовательно, цвет гемовой группы одновременно зависит от порфиринового кольца и иона металла комплексообразователя [23].

К основным хромопротеидам мяса относятся миоглобин (Mb) 90–95 % и гемоглобин (Hb) 2–5 %. Миоглобин – это саркоплазматический белок, который состоит из одной полипептидной цепи, содержащей 153 аминокислотных остатка, которая уложена в плотную глобулу размером 4,5 x 2,5 нм (рис. 1). Глобиновая цепь состоит из восьми спиральных сегментов, образующих спиральную структуру, которые охватывают гем, расположенный в гемовом кармане. В свою очередь гем обуславливает способность Mb связывать кислород [24, 25].

Цвет Mb определяется валентностью железа (II или III). Mb и Hb имеют подобные гемовые группы, поэтому влияние различных условий на их окраску примерно одинаковое. В зависимости от окислительно-восстановительных форм на поверхности свежего мяса и связанного лиганда миоглобин может существовать в виде дезоксимиоглобина, оксимиоглобина, метмиоглобина и карбоксимиоглобина. Каждая окислительно-восстановительная форма может придавать уникальные спектры поглощения и отражения и связанные с ними пики/максимумы длин волн (табл. 1). Таким образом, в дополнение к структуре мышечных волокон, формы миоглобина также могут влиять на интенсивность покраснения (насыщенность) цвета мяса.

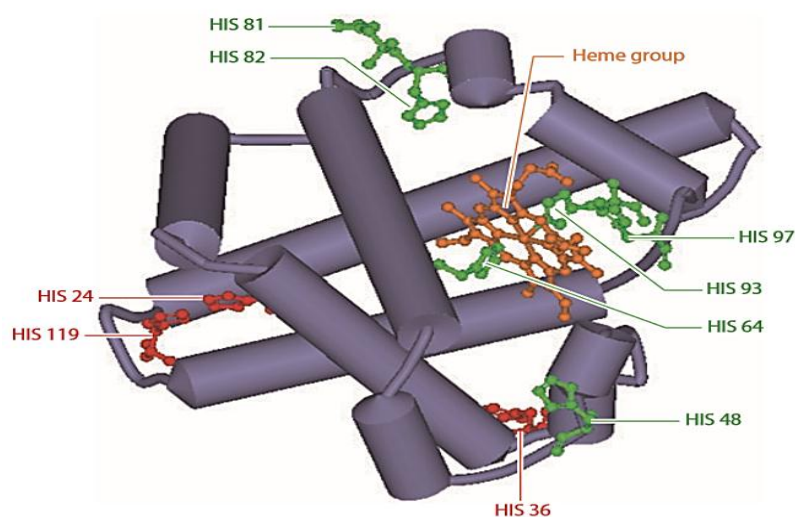


Рис. 1. Трехмерная структура миоглобина свинины: аддуктированный реакционноспособными альдегидами гистидин (красный HIS); неаддуктированные гистидины (зеленый HIS) и гемовая группа (оранжевый)

Fig. 1. Three-dimensional structure of pork myoglobin: histidine adducted by reactive aldehydes (red); unadducted histidines (green) and heme group (orange)

Табл. 1. Характеристики различных форм миоглобина

Table 1. Characteristics of different myoglobin forms

Форма миоглобина	Пик Core, (нм)	Максимум поглощения, (нм)	Максимум отражения, (нм)	Отражательная способность, (%)	Поглощение
Дезоксимиоглобин	430	503	474	12,0	1,07
Оксимиоглобин	420	582	610	15,9	0,95
Метмиоглобин	410	503	572	14,7	1,04
Карбоксимиоглобин	420	543	610	16,1	1,07

Структура Mb различных видов домашнего скота и птицы имеет некоторые различия в аминокислотной последовательности и варьирует в пределах от 0 до 30,7 %. Молекулярная масса миоглобина у различных видов скота колеблется в пределах от 16,824 Да (в козлятине) до 17,380 Да (в страусятине). Примечательно, что Mb рыбы на 300–400 Да тяжелее, чем Mb красного мяса (говядина). Это обусловлено тем, что малые остатки аминокислот заменены более крупными.

Химические свойства и функции Mb в живых тканях и мясе могут быть различными. В живой мышце Mb связывает кислород и доставляет его в митохондрии, позволяя тканям поддерживать их физиологические функции. В мясе Mb является основным пигментом, отвечающим за его красный цвет.

Функция миоглобина запастись O_2 в мышцах при его избытке и освободить при недостатке основана на способности иона Fe^{2+} обратимо связывать молекулу O_2 с образованием оксимиоглобина. Высвобождение из оксимиоглобина молекулы O_2 , необходимого работающей мышце, происходит в момент её сокращения, когда в результате сжатия капилляров парциальное давление O_2 резко падает. Белок выполняет роль водорастворимого носителя гема, предохраняющего Fe^{2+} от окисления при его взаимодействии с O_2 и регулирует величину сродства к O_2 .

Связь Mb с кислородом осуществляется за счёт координационной связи между атомом железа и атомами азот-гистидина в полипептидной цепи. Глобиновая цепь придает гемовой группе растворимость в воде и защищает гемовое железо от внешней среды и окисления, так что белок может сохранять свою функциональность. Резонансная структура сопряженных двойных связей в гемовой группе отвечает за способность Mb поглощать видимый свет и, таким образом, выполнять функцию пигмента. Гемовая группа содержит атом железа, который может существовать как в восстановленной (Fe^{2+}), так и в окисленной (Fe^{3+}) форме. Также выделяют четыре состояния, в которых может находиться гемовое железо: в ферросостоянии (дезоксимиоглобин, Fe^{2+}), в феррисостоянии (метмиоглобин, Fe^{3+} , 6-й лиганд H_2O) и в низкоспиновых ферро- и феррисостояниях (соответственно Fe^{2+} и Fe^{3+}) (рис. 2) [26].

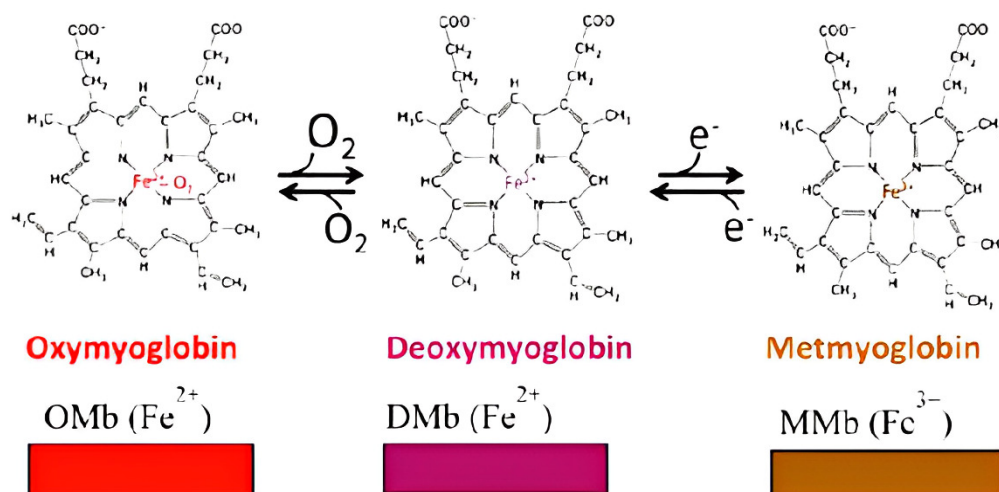


Рис. 2. Формы миоглобина

Fig. 2. Myoglobin forms

Железо может принять шесть электронов на своей внешней орбитали и, таким образом, может образовать шесть координационных связей. Связывание лигандов сопровождается

конформационными изменениями белка, и, наоборот, конформационные изменения вблизи гема изменяют его электронное состояние и реакционную способность. Четыре связи связаны с пиррольными группами гемопорфиринового кольца, а одна – с проксимальным гистидином (положение 93 в цепи глобина), который связывает гем с цепью глобина. Еще один остаток гистидина (дистальный гистидин в положении 64 в глобиновой цепи) находится вблизи гема, но не связан с гемом. Шестая координационная связь железа предназначена для присоединения кислорода (с образованием оксимиоглобина) или других лигандов: CO, цианидов и др. Пространственное расположение дистального гистидина и гема ограничивает размер лигандов, занимающих шестую координационную связь в нативном Mb, и защищает гем от взаимодействия с большими биомолекулами.

Первичная структура Mb определяет его третичную структуру, которая, в свою очередь, влияет на взаимодействие белка с биомолекулами и, в конечном итоге, влияет на цвет мяса. Кроме того, хорошо изучено [27], что первичная структура Mb влияет на его функциональные свойства как кислородоносителя и пигмента в живых мышечных тканях.

Mb свежего мяса может существовать в любом из четырех окислительно-восстановительных состояний, а именно: дезоксимиоглобин (Mb), оксимиоглобин (MbO_2), карбоксимиоглобин (COMb), которые находятся в двухвалентном состоянии и метмиоглобин (MetMb) – в трехвалентном. MbO_2 и COMb придают мясу яркий вишнево-красный цвет, однако цвет этих двух окислительно-восстановительных форм неразличим человеческим глазом. Дезоксимиоглобин имеет пурпурно-красный цвет. В молекуле MbO_2 шестая координационная связь железа занята кислородом, в COMb – CO, тогда как в Mb ни один лиганд не связан с гемовым железом. Насыщение Mb кислородом придает мясу привлекательный вишнево-красный цвет благодаря образованию MbO_2 . Mb имеет большее сродство к CO, чем к кислороду, в результате чего цветостабильность COMb выше, чем у MbO_2 . Образование коричневого MetMb происходит в результате окисления двухвалентного железа до трехвалентного. В молекуле MetMb к шестой координационной связи присоединяется молекула воды, что не дает возможности связывать кислород.

Миоглобин и гемоглобин способны к образованию устойчивых пигментов и с другими лигандами, причем необязательно красного цвета. Например, зеленый пигмент сульфмиоглобин образуется в результате взаимодействия с H_2S .

Таким образом, цветовые переходы между формами миоглобина связаны с двумя процессами: окислением/восстановлением иона комплексообразователя и изменением его лигандирования.

Все четыре формы Mb легко растворимы в воде и буферных растворах с низкой ионной силой. Спектры поглощения окислительно-восстановительных форм достаточно различны (между 500 и 600 нм). Дезоксимиоглобин демонстрирует максимум поглощения при длине волны 557 нм, тогда как MetMb демонстрирует пик при 503 нм. MbO_2 имеет большие двойные пики при 542 и 582 нм. Интересно, COMb также имеет два пика поглощения при 543 и 581 нм, что делает спектры поглощения COMb и MbO_2 практически идентичными. Тем не менее, существуют некоторые особенности: так, пик наибольшей величины наблюдается в области 580 нм в MbO_2 , тогда как в COMb пик с наибольшей величиной находится в области 540 нм. Спектры поглощения четырех окислительно-восстановительных форм пересекаются (изобестическая точка) при 525 нм, а спектрофотометрическое поглощение при длине волны 525 нм используется для оценки общей концентрации Mb в растворах, а также в экстрактах свежего мяса.

Факторы, влияющие на окраску свежего мяса

Весомая роль гемовых белков в формировании цвета мяса была отмечена авторами [28]. Удаление водорастворимых хромофоров многократным промыванием увеличило отражательную способность из-за отсутствия молекул, поглощающих свет. Однако, на

оптические свойства мяса могут влиять такие факторы, как скорость снижения pH после убоя, конечный уровень pH в мясе и технология холодильной обработки, переработки и упаковки.

Авторами [27, 29] отмечено, что в цветоформировании мяса, помимо пигментов, важную роль играют три ключевых механизма:

1) вариации расстояния между решетками миофиламентов, которая изменяется в размере за счет осмотического набухания или сокращения, или за счет изменения длины саркомера мышцы [30], как следствие, изменяя диаметр миофибрилл и мышечных волокон. Увеличение значения светлоты (значение L^*) мышц сопровождается изменением диаметра мышечных волокон;

2) вариации длины саркомеров, если это связано с изменениями диаметра миофиламентов и миофибрилл;

3) вариации в распределении саркоплазматических белков.

Мышечные волокна после убоя имеют уникальную структуру-матрицу, которая позволяет свету поглощаться, рассеиваться, отражаться и передаваться.

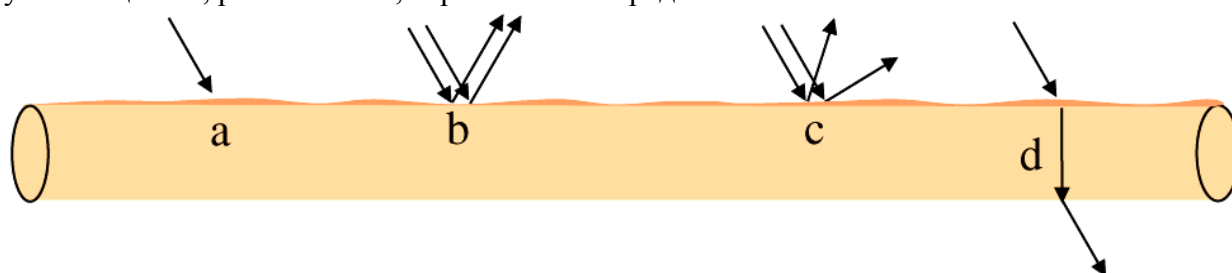


Рис. 3. Схематическое изображение световых свойств мышечного волокна при прохождении через него света: (a) поглощение; (b) отражение; (c) рассеивание; (d) преломление

Fig. 3. Schematic representation of light properties when light passes through a muscle fiber. (a) absorption; (b) reflectance; (c) scattering; (d) refraction

Как видно из рис. 3 при прохождении света через мышечное волокно можно наблюдать четыре вида взаимодействия света с его структурами. На рис. 3 (a) видно, что свет поглощается различными компонентами мяса, в том числе гемовыми белками. При отражении (рис. 3 (b)), возникающем на гладкой поверхности, падающий свет перенаправляется, угол падения света равен углу отражения. Рассеивание (рис. 3 (c)), также называемое диффузным отражением, возникает на неровной поверхности среза, когда падающий свет рассеивается или отражается в другом направлении. При преломлении (рис. 3 (d)) происходит искривление световых волн при переходе света из одной среды в другую.

Таким образом, ультраструктура мышечных волокон оказывает большое влияние на рассеивание света и поглощение пигментами мяса определенных длин волн. Например, наличие гемопротеинов, таких как миоглобин, гемоглобин и цитохромы, позволяет мясу поглощать свет в области Core (400–440 нм) и отражать свет, особенно в красной области (635–700 нм).

Биохимические механизмы живой мышечной ткани необратимо нарушаются после убоя животного, что приводит к снижению концентрации кислорода и сдвигу метаболизма мышечной ткани с аэробного на анаэробный [31]. В результате преобладания гликолитического метаболизма происходит закисление мяса после убоя. Снижение величины pH с физиологических 7,2 до 5,6 и скорость её изменения оказывают сильное влияние на цвет и другие физико-химические характеристики мяса.

Любое изменение скорости снижения или окончательного значения pH мяса после убоя может влиять как на биохимическую активность, так и на структуру мышц, что в свою очередь влияет на формирование предпочитаемого потребителем ярко-красного цвета.

Исследователями из Департамента наук о животных и пищевых продуктах университета штата Оклахома [32] установлено, что обработка NOR мяса лактатом придает ему более темный ярко-красный цвет из-за большой ферментативной конкуренции за кислород за счет смещения рН в щелочную сторону. Повышенное значение рН мяса повышает отрицательный заряд мышечного матрикса и увеличивает пространство внутри и между миофибриллами мышечной ткани, что приводит к набуханию и большей способности к удержанию внутриклеточной воды. В свою очередь, этот эффект приводит к уменьшению межволоконных пространств и свободной поверхностной воды, увеличивая тем самым поглощение света и снижая коэффициент отражения.

Гистологические срезы мышечной ткани с нормальным рН имеют большее межволоконное пространство, в то время как большая влагоудерживающая способность мышц с высоким рН приводит к уменьшению межволоконного пространства. Увеличение рН мяса приводит к более плотному расположению мышечных пучков и снижению коэффициента отражения. В результате таких структурных изменений мышечной ткани увеличивается длина пути света через мышечное волокно, что приводит к большему поглощению и меньшему рассеиванию.

Таким образом, изменению величины рН сопутствует изменение рассеивания света внутри структуры мышечного волокна. Увеличение рассеивания света объясняет, почему поверхность PSE мяса кажется бледнее, а DFD – темнее.

Атмосферный кислород или кислород, присутствующий в упаковке или в составе МГС, активно потребляются миоглобином, ферментами и митохондриями. Следовательно, миоглобин, митохондрии и ферменты, потребляющие кислород, являются основными конкурентами за него.

Функции миоглобина и митохондрий тесно связаны между собой. В живых тканях Mb выполняет роль переносчика кислорода для митохондрий. Однако митохондрии продолжают метаболизировать кислород в скелетных мышцах и в состоянии *post mortem*. Так, интактные митохондрии могут быть выделены из ткани после убоя до 60 дней. «Конкуренция» между митохондриями и Mb является ключевым компонентом в формировании ярко-красной окраски. Митохондрии могут влиять на цветостабильность за счет потребления кислорода и восстановительной активности MetMb. Низкое парциальное давление кислорода, возникающее в результате повышенной митохондриальной активности, поддерживает Mb в деоксигенированном состоянии. По этой причине мясо теряет способность образовывать характерный ярко-вишнево-красный цвета. И напротив, снижение митохондриальной активности при низких температурах приводит к лучшему цветообразованию по сравнению с мясом при повышенных температурах. Таким образом, факторы, влияющие на митохондриальную активность, также могут влиять на цвет мяса.

Конкуренция митохондрий за кислород зависит от времени после убоя и рН. Например, сразу после убоя или если рН мяса выше нормы (DFD), митохондрии очень активны, что приводит к преобладанию дезоксимиоглобина. И наоборот, когда митохондрии становятся менее активными во время созревания мяса, потребление кислорода митохондриями ограничивается. Практическим следствием является более быстрое и большее осветление мяса. Осветление мяса часто происходит быстрее при более длительном сроке хранения или при добавлении митохондриальных ингибиторов. С практической точки зрения, эти ферменты часто играют роль поглотителей кислорода, что может иметь положительный или отрицательный эффект в зависимости от желаемого цвета мяса.

Парциальное давление кислорода $\geq 159,2$ мм рт. ст. создаёт благоприятные условия для образования ярко-красного цвета, характерного для поливинилхлоридных (ПВХ) или газопроницаемых упаковочных материалов. Для образования дезоксимиоглобина в анаэробных упаковочных системах требуется почти полное удаление кислорода из упаковки.

Миоглобин уникален тем, что он склонен к окислению при низком парциальном давлении кислорода 1–1,4 мм рт. ст. в очищенном растворе и 6–7 мм рт. ст. в интактном мясе. В зависимости от концентрации кислорода на поверхности, структуры мышц и активности митохондрий кислород будет проникать внутрь мяса до тех пор, пока условия не будут способствовать самоокислению как оксимиоглобина, так и дезоксимиоглобина. При продолжительном хранении, в результате окислительных процессов, образуется метмиоглобин, что придаёт мясу нежелательный тёмный коричневый цвет.

Для недопущения образования нежелательной окраски мяса, в результате образования метмиоглобина, необходимо удалить дополнительный кислород, а трехвалентное железо гема должно быть восстановлено восстановительной системой метмиоглобина. Однако, если температура мяса ниже 2 °С, реакция образования метмиоглобина будет сильно замедлена. Если нарезанные куски мяса хранить при температуре от 4 до 8 °С и укладывать друг на друга, даже непродолжительное время, то непосредственно на свежесрезанной поверхности будет образовываться метмиоглобин. Для снижения к минимуму этого эффекта необходимо поддерживать температуру поверхности мяса от 0 до 2 °С, чтобы замедлить взаимодействие конкурентов, потребляющих кислород, и позволить кислороду проникнуть как можно глубже в мясо. В качестве альтернативы мясо может быть упаковано в модифицированной атмосфере с содержанием кислорода 40–80 %, в которой слой метмиоглобина будет формироваться значительно ниже поверхности.

Следует отметить, что на стабильность цвета и биохимию мяса влияет ряд эндогенных и экзогенных факторов. Контроль этих факторов позволит управлять цветом мяса и мясных продуктов, что лежит в основе разработки технологий переработки мяса [24].

Тип откорма, как экзогенный фактор цветообразования мяса, может влиять на общее потребление энергии, отложение гликогена и антиоксидантов, что, в свою очередь, может повлиять на цвет мяса. Генетика крупного рогатого скота, селекция и методы содержания приводят к получению более тяжелых туш, что отрицательно сказывается на скорости охлаждения и снижении pH [33].

Наличие лигандов, антиоксидантов и прооксидантов также влияет на стабильность цвета мяса. Лиганды, чаще всего газы, играют решающую роль в определении цвета свежего мяса. При воздействии атмосферного воздуха на свежее мясо в течение 30–60 минут происходит формирование вишнево-красного цвета, в результате реакции оксигенирования.

Экзогенные окислители могут способствовать формированию благоприятной среды для минимизации окисления гема и могут оказывать цветостабилизирующий эффект на целых скелетных мышцах. В мясе антиоксиданты могут использоваться в виде растворов для инъектирования, что обеспечивает равномерное распространение по всему объему куска. Чаще всего используют такие антиоксиданты, эриторбат, розмарин, аскорбат, лактат и сукцинат. Использование их демонстрирует увеличение цветостабильности и срока годности при хранении как крупнокусковых полуфабрикатов, так и мясного фарша.

Автоокисление – процесс, посредством которого дезоксимиоглобин и MbO₂ окисляются до трехвалентного MetMb, приводя к формированию коричневой окраски. Серо-коричневая окраска образуется, когда количество MetMb достигает 60 %. Влияние первичной структуры на автоокисление Mb у млекопитающих и рыб достаточно велико. Присутствие легкоокисляемых остатков в первичной структуре Mb, таких как цистеин, может быть потенциальной причиной более сильного автоокисления. Так, Mb свинины, который филогенетически далек от Mb жвачных животных, меньше подвержен автоокислению, чем у КРС.

Окислительно-восстановительное состояние Mb и его способность связывать лиганды зависят от способности белка сохранять его простетическую гемовую группу и биохимические свойства, определяемые его первичной структурой. Диссоциация гема Mb

приводит к ухудшению цвета мяса. Например, замена гистидина в положении 97 аланином обеспечивает легкий доступ молекул воды к гемовому карману и впоследствии ослабляет координацию гема проксимальным гистидином. Даже единичное замещение аминокислотного остатка в Mb может изменить способность удерживать гем и повлиять на стабильность цвета мяса.

В саркоплазме Mb непрерывно взаимодействует с другими водорастворимыми биомолекулами. Такое взаимодействие необходимо для обеспечения его функционирования в живых мышцах, а также регулирования функциональности белка в мясе. Воздействие прооксидантов может дестабилизировать Mb, тогда как антиоксиданты могут улучшить его стабильность. Этот принцип способствует формированию определенных цветных явлений, наблюдаемым в мясе.

Среди эндогенных факторов, влияющих на цвет мяса, наибольшее значение оказывают pH, вид мышцы, наличие антиоксидантов, окисления липидов и митохондриальной активности. Кроме того, различные прижизненные факторы, такие как предубойное содержание, откорм и генетика также оказывают большое влияние на цвета мяса.

Отдельные мышцы имеют специфические анатомические и физиологические функции, что приводит к различиям в метаболизме; следовательно, каждая мышца демонстрирует уникальную цветовую биохимию. Таким образом, по цветовой стабильности мышцы можно классифицировать как цветостабильные и цветолабильные. Мышцы, которые демонстрируют более высокие показатели потребления кислорода и более низкие показатели восстановления MetMb, являются цветолабильными. Тем не менее, мышцы с большей сократительной активностью более цветостабильны.

Продукты окисления липидов способствуют повышению риска изменения цвета мяса из-за ускорения окисления Mb. Высокорепактивные полярные альдегиды легко диффундируют в саркоплазму, где образуют комплексы с Mb, что усиливает окисление миоглобина. Следовательно, ингибирование окисления липидов не только снижает риск формирования прогорклости, но и улучшает стабильность цвета. Так, добавление витамина Е в качестве пищевой добавки улучшает цвет и стабильность жиров у говядины и баранины.

Использование масс-спектрометрии и протеомики показало, что Mb говядины более восприимчив к окислению, вызванному окислением липидов, чем Mb свинины. Так, продукт окисления липидов – гидроксинonenал аддуктирует семь гистидинов в Mb говядины, тогда как в Mb свинины алкилируются только три гистидина (рис. 1). Аддукция альдегида у проксимального гистидина (позиция 93) наблюдается исключительно в Mb говядины, поэтому его окисление кажется более выраженным, чем у свинины. Цветостабилизирующий эффект витамина Е наблюдается только у говядины.

Таким образом, ярко-красный цвет мяса после убоя зависит от оксигенации миоглобина, проникновения кислорода, способности гема восстанавливать железо, количества свободной воды на поверхности мяса и влияния микроструктуры мяса.

Пороки цвета в свежем мясе и способы их исключения

Образование коричневого цвета считается основным показателем ухудшения качества свежего мяса. Биохимический механизм формирования такой окраски был тщательно рассмотрен выше. Помимо потери красного цвета возникает такое явление как радужность или радужный отлив.

Радужный отлив носит физический характер и не вызван биохимическими процессами, его часто понимают как показатель порчи продукта или наличия химикатов. Это физическое явление связано с оптической рефракцией и дифракцией, возникающими из-за поперечнополосатой структуры скелетных мышц. Радужный эффект в мясе появляется в результате отражения света, попадающего на поперечный срез. Мясо, порезанное вдоль волокон, переливаться не будет.

Улучшение стабильности цвета мяса имеет решающее значение для потребителя и способствует прибыльности мясной промышленности. Таким образом, изучение молекулярных механизмов цветообразования мяса посредством различных инструментов позволит разработать правильные инженерные стратегии по повышению качества мяса как на предприятии-изготовителе, так и в розничной торговле.

Антиоксидантные механизмы в скелетных мышцах перестают функционировать после завершения преобразования мышц в мясо [34]. Изменение цвета мяса неизбежно во время хранения и розничной торговли, и поэтому способы, направленные на продление стабильности цвета, вносят значительный вклад в прибыльность. Основными способами сохранения цвета мяса являются использование упаковки или антиоксидантов.

Известно, что на стабильность качества охлажденного мяса влияют способы упаковки. Так, высокое содержание кислорода в модифицированной газовой среде придает говядине стабильный ярко-красный цвет, но снижает нежность и сочность, способствует появлению посторонних привкусов. Упаковка посоленного мяса в бескислородной среде снижает развитие окислительных процессов, сохраняет интенсивность аромата и соленого вкуса мяса. Упаковку, в сочетании с другими технологическими приемами, сегодня следует рассматривать не только как гигиенический «барьер» при транспортировании и хранении, но и фактор, активно участвующий в формировании качества конечного продукта [35].

Ухудшение цвета, вызванное окислением липидов мяса, можно уменьшить добавлением синтетических или натуральных антиоксидантов. Антиоксиданты используются для восстановления свободных радикалов, тем самым замедляя окисление липидов, замедляя развитие неприятного запаха и улучшая стабильность цвета. В связи с потенциальными проблемами со здоровьем, связанными с синтетическими антиоксидантами, наблюдается повышенный интерес к использованию натуральных антиоксидантов в свежем мясе. Различные природные антиоксиданты, в том числе экстракт виноградных косточек, хитозан, розмарин и экстракт оливковых листьев позволяют эффективно улучшить стабильность окраски мяса.

Известно о применении природных антиоксидантных соединений, таких как травы, специи, фрукты, растительные эфирные масла и экстракты, в мясе и мясных продуктах для улучшения их цвета, качества и срока хранения [36].

Авторами патента [37] представлен способ обеспечения поверхностной стабилизации естественного цвета, присущего мясу при обработке его безопасным составом, и увеличения срока сохранения такого естественного цвета. Мясо обрабатывают путем погружения его в водный раствор, содержащий 0,5 % дрожжевой вытяжки и 0,5 % аскорбиновой кислоты, при соотношении массы мяса и водного раствора как 1:1. Выдерживают мясо в водном растворе дрожжевой вытяжки и аскорбиновой кислоты в течение 5 минут при последующем хранении его при температуре от 0 до 4 °C.

Инструментальное определение цветовых параметров мяса

Поскольку цвет – величина субъективная, актуальной задачей при определении цветовых параметров мяса и мясных продуктов является разработка инструментальных и стандартизированных методик, позволяющих дать точную оценку качеству продукта.

Инструментальное измерение цвета – это метод объективной характеристики цвета, который хорошо работает отдельно или в сочетании с визуальными данными о цвете [38].

Спецификация основных стандартов, используемых в колориметрии, основана на определениях Международной комиссии по освещению (CIE). Первые важные рекомендации относительно колориметрических стандартов были сделаны CIE в 1931 году. Первоначальные рекомендации, сделанные в 1931 году, время от времени пересматриваются Комитетом CIE по колориметрии, и при необходимости в них вносятся изменения. Оригинальные и точные рекомендации по колориметрическим расчетам можно найти в [39].

Цвет мяса можно измерить при помощи колориметра или спектрофотометра. Колориметры измеряют только трехцветные значения ($CIE\ L^*a^*b^*$) и часто имеют заданную комбинацию источника света и наблюдателя. Спектрофотометры являются более сложными приборами, которые обеспечивают спектральный анализ с интервалом от 1 до 10 нм и предлагают несколько комбинаций источника света (наблюдателя) для расчета трехцветных значений.

Оба этих прибора отлично подходят для измерения цвета мяса, но для оценки процентного содержания различных форм миоглобина необходимо использовать спектрофотометр.

В зависимости от типа исследуемого образца необходимо выбрать источник света. Чаще всего используются стандартные источники А, С и D65.

Для цветометрии мяса рекомендуется использовать источник света А (средняя лампа накаливания, освещение с вольфрамовой нитью, 2857 К), который делает больший акцент на пропорции красных длин волн. Стандартный источник А позволяет выявить даже небольшие различия в красном цвете образцов [38].

Стандартные источники С и D65 часто используются для оценки многих пищевых продуктов. Однако, с этими источниками довольно трудно обнаружить небольшие различия в красном цвете.

Значения a^* могут варьироваться от 5 до 25 единиц для одного и того же образца в зависимости от используемого источника света. Для говядины с ярко-красным цветом типичные значения a^* для источника А составляют от 30 до 40 и выше, тогда как значения a^* для источников света С и D65 составляют от 20 до 30.

Для измерения цветовых параметров используют 2° и 10° наблюдателя. Наблюдатель 10° чаще всего используется для измерения цвета мяса и рекомендуется для анализа, поскольку он захватывает большую часть отсканированного образца и совпадает со стандартным наблюдателем $10^\circ\ CIE\ 1964$.

Для сложных цветометрических исследований определенно необходим спектральный подход. Человеческий глаз может воспринимать различия в цветах величиной всего 0,5 единиц $CIE\ L^*a^*b^*$ и, таким образом, различать миллионы цветов и оттенков. Разница в 0,5 единицы – эталон для точных измерений цвета. Этот предел не является проблемой, если необходимо измерить цветовое различие двух образцов, но, если нужно одновременно узнать точные значения цветовых координат возникают проблемы с точностью. Значения двух колориметрических инструментов могут разниться в широких пределах. Наилучшая точность измерения цвета может быть достигнута при использовании спектрофотометра.

Применение электронной спектроскопии для изучения свойств мяса

До появления относительно недорогих цифровых устройств практически единственным возможным способом измерения цвета мяса было использование трехцветного колориметра. На смену ему пришли спектрофотометры, которые позволяют передать спектральные данные образцов на компьютер и вычислить цветовые координаты CIE (Международная комиссия по освещению) методом взвешенных ординат. Поскольку система измерения цвета CIE обеспечивает наилучший результат между субъективной областью человеческого восприятия цвета и объективной областью количественных научных измерений, спектрофотометрия мяса находится на перекрестке между прагматическим и научным – между потребительской оценкой цвета внешнего вида мяса, биофизикой и биохимией.

Точность спектрофотометра, используемого для измерения цвета, может зависеть от различных факторов, например, условий измерения, фотофизических и фотохимических процессов. Таким образом, для получения более точных результатов следует использовать формулы коррекции. Другой фактор – количество (интервал) длин волн, которые используются для измерения спектра. Очевидно, что интервал выборки должен быть достаточно коротким, чтобы получить более точные результаты.

Более того, достигаемый результат практически всегда является компромиссом между временем измерения, условиями и затратами. Иногда приходится использовать портативную систему, если форма или размер образца делают невозможным использование чувствительного оборудования.

Спектрофотометры позволяют проводить точные измерения, поскольку они измеряют спектральную отражательную способность образцов. Недостатком традиционных сканирующих спектрофотометров является их медлительность. Кроме того, из-за чувствительности к вибрации и других требований к окружающей среде их нельзя использовать вне лабораторных условий. В последнее время этих недостатков удаётся избежать за счет создания несканирующих спектрофотометров, основанных на использовании детекторов на диодной матрице.

Метод электронной спектроскопии является одним из эффективных инструментов для контроля качества как сырья, так и готовой продукции, а также информативным и недорогим методом во многих сферах деятельности научно-исследовательских лабораторий.

Электронный спектр поверхности мышечной ткани животного происхождения представляет собой суммарное поглощение всех компонентов саркоплазмы, актомиозинового комплекса и стромы.

Электромагнитный спектр мяса можно разделить на четыре условных интервала длин волн, в которых возможно поглощение некоторых хромофоров основных компонентов биологических объектов животного происхождения (рис. 4).

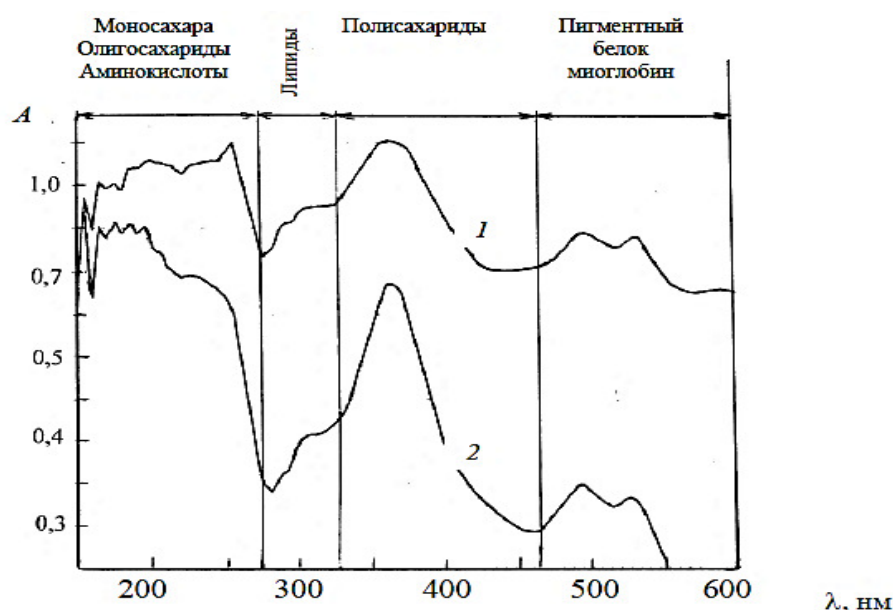


Рис. 4. Электронные спектры поглощения реструктурированной мышечной ткани свинины:
1 – интактная; 2 – после водной экстракции (размер частиц – 4,0 мм)

Fig. 4. Electronic absorption spectra of restructured pork muscle tissue:
1 – intact muscle tissue; 2 – after water extraction (particle size – 4,0 mm)

В средней части УФ-области поглощает ряд хромофоров белковых структур, боковые функциональные группировки четырех аминокислот (тирозина, триптофана, гистидина, фенилаланина), простые сахара и олигосахариды всех ее составных частей. Суммарный эффект имеет место в областях поглощения липидов и мукополисахаридов.

Из сопоставления приведенных спектров мышечной ткани свинины видно, что, хотя общий характер спектра сохраняется, при водной обработке исходной мышечной ткани в значительной мере происходит вымывание компонентов практически всех классов веществ. Это связано с удалением водорастворимых соединений саркоплазмы.

Исследование мяса методом электронной спектроскопии позволяет дифференцировать мышечную ткань диких и домашних животных в зависимости от условий обработки: замораживание, водная экстракция, лиофилизация и ферментно-микробное воздействие [40, 41]. Данный метод позволяет выявить существенные различия в характере изменений спектральных характеристик основных компонентов и составляющих мышечной ткани и мышечного волокна свинины и говядины в зависимости от степени окисленности, механической деструкции, прочности миофибрилл и связи с ними пигментного белка миоглобина.

Высокая чувствительность, разрешающая способность и аналитические особенности метода электронной спектроскопии при тестировании биологических тканей животного происхождения в твердофазном и жидком агрегатных состояниях позволяют получать фактическую информацию об изменении спектральных характеристик их основных компонентов в условиях эксперимента.

Наиболее перспективен и эффективен метод электронной спектроскопии при исследовании разнообразных биохимических процессов, имеющих место на разных технологических этапах, в которых исходное сырье подвергается таким внешним воздействиям, как механическая, ультразвуковая, радиационная обработка, инфракрасное нагревание, термообработка, замораживание, обработка давлением, химическими средствами и др.

Метод электронной спектроскопии позволяет судить о глубине деструктивных химических процессов на уровне всех компонентов биологического материала. Так, в результате хранения мяса в течение недели исчезает дублет миоглобина и снижается поглощение во всех областях электромагнитного спектра, а спектр размороженной мышечной ткани, напротив, лежит выше спектра исходного образца.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как следует из представленной в обзоре информации, сложный матрикс скелетных мышц после убоя продолжает быть биохимически активным как при хранении, так и при розничной продаже. Посмертные биохимические процессы влияют на цвет мяса и мясных продуктов, который является основным признаком, по которому потребитель оценивает качество. Цвет мяса определяется механическими взаимодействиями Mb с множеством экзогенных и эндогенных факторов.

В силу того, что электронная спектроскопия позволяет выявить существенные различия в характере изменений спектральных характеристик основных компонентов и составляющих мышечной ткани и мышечного волокна свинины и говядины в зависимости от степени окисленности, механической деструкции, прочности миофибрилл и связи с ними пигментного белка миоглобина, данный метод является перспективным для определения глубины протекания биохимических процессов в мясе.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ramanathan, R. Economic Loss, Amount of Beef Discarded, Natural Resources Wastage, and Environmental Impact Due to Beef Discoloration / R. Ramanathan [et al.] // *Meat and Muscle Biology*. – 2022. – № 6(1): 13218, 1–8. doi: <https://doi.org/10.22175/mmb.13218>.
- 2 Prill, L. L. Visual Degree of Doneness Impacts Beef Palatability for Consumers with Different Degree of Doneness Preferences / L. L. Prill [et al.] // *Meat and Muscle Biology*. – 2019. – № 3(1). doi: <https://doi.org/10.22175/mmb.2019.07.0024>.
- 3 Henriott, M. L. Impact of myoglobin oxygenation level on color stability of frozen beef steaks / M. L. Henriott [et al.] // *Journal of animal science*. – 2020. – № 98(7), skaa193. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa193>.

- 4 Ramanathan, R. Strategies to limit meat wastage: Focus on meat discoloration / R. Ramanathan [et al.]// *Advances in food and nutrition research*. – 2021. – № 95. – P.183–205. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2020.08.002>.
- 5 Шараева, А. В. Экспресс-контроль цветовых характеристик мясного сырья и мясопродуктов, основанный на цифровой обработке изображений: дис. ... канд. техн. наук по спец. 05.18.04 технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств / А. В. Шараева; науч. рук. В. А. Ткаль; ГОУ ВПО «Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого». – Великий Новгород. – 2008. – 297 с.
- 6 Криштафович, В. И. Влияние количества соевых изолятов на цвет мясных продуктов / В. И. Криштафович, И. А. Жебелева, С. В. Колобов // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. – 2004. – №. 1.
- 7 Домасев, М. В. Цвет, управление цветом, цветовые расчеты и измерения / Домасев М. В., Гнатюк С. П. – СПб.: Питер, 2009. – 224 с.
- 8 Бабко, А. К. Фотометрический анализ: Общие сведения и аппаратура / А. К. Бабко; ред. А. К. Бабко. – М.: Химия, 1968. – 387 с.
- 9 Горбунова, Е. В. Колориметрия источников излучения. Учебное пособие / Е. В. Горбунова, Чертов А. Н. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 126 с.
- 10 Мигалина, И. В. Расчет цветности излучения: учебно-методические указания к курсовой расчетно-графической работе / И. В. Мигалина. – М.: МАРХИ, 2011. – 36 с.
- 11 Шашлов, А. Б. Основы светотехники: учебник для вузов / А. Б. Шашлов. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – М.: Логос, 2011. – 256 с.
- 12 Некрасов, Б. В. Основы общей химии Т.1, изд. 3-е, испр. и доп. – М.: Химия, 1973. – 656 с.
- 13 Hunt, R. W. G. *Measuring Colour: Fourth Edition*. / R. W. G. Hunt, M. Pointer// 10.1002/9781119975595.
- 14 Suman. Chemical and physical characteristics of meat color and pigment / Suman, Surendranath, Joseph, Poulson. – 2014. – 10.1016/B978-0-12-384731-7.00084-2.
- 15 Лосева, Н. С. Влияние свойств DFD говядины на цветообразование/ Н. С. Лосева // *Качество сырья, ветсанэкспертиза и санитарно-микробиологические основы производства мяса и мясопродуктов: Сб. науч. тр.* – 1991. – С. 17–19.
- 16 Лосева, Н. С. Исследование цветовых характеристик мясного сырья, используемого в колбасном производстве, с целью оптимизации процесса цветообразования: автореферат дис. ... канд. техн. наук. по спец. 05.18.04 – технология мясных, молочных и рыбных продуктов / Н. С. Лосева; науч. рук. работы И. А. Шумкова, Л. А. Бушкова; Российская Академия сельскохозяйственных наук Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности (ВНИИМП). – М., 1993. – 22 с.
- 17 Вест, А. Химия твердого тела. Теория и приложения: В 2-х ч. Ч. 2: Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 336 с.
- 18 Лысова, С. С. Электронные спектры и строение органических соединений: учеб. пособие/ С. С. Лысова [и др.] – СПб.: ФГБОУВО «СПбГУПТД». – 2018. – 83 с.
- 19 Мурашев, С. В. Физические и химические причины возникновения красного цвета мяса/ С. В. Мурашев, С. А. Воробьев, М. Е. Жемчужников // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*. – 2010. – № 1. – С. 61–68.
- 20 Islam, K. Autofluorescence excitation-emission matrices as a quantitative tool for the assessment of meat quality / K. Islam, [et al.] // *J. Biophoto*. – 2020; <https://doi.org/10.1002/jbio.201900237>.
- Родина, Т. Г. Сенсорный анализ продовольственных товаров: учебник / Т. Г. Родина. – М: Издательский дом «Академия», 2004. – 208 с.
- 21 Струков, А. И. Патологическая анатомия: учебник для студ. мед. ин-тов / А. И. Струков, В. В. Серов – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина. – 1985. – 656 с.
- 22 Ефимов, А. А. О роли липофусцина в инволютивных и патологических процессах / А. А. Ефимов, Г. Н. Маслякова // *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2009. – № 1. – С. 111–115.
- 23 Парамонова, А. П. Стабильность железопорфириновых комплексов красного цвета и свойства лиганд / А. П. Парамонова, С. В. Мурашев // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*. – 2014. – № 4.
- 24 Suman, S. P. Myoglobin chemistry and meat color. *Annual review of food science and technology*, 4, 79–99. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030212-182623>.
- 25 Кирдзюк, В. А. Факторы, влияющие на формирование цвета мясных продуктов / В. А. Кирдзюк, Н. А. Третьяков // *Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сборник научных трудов / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет*. Т. 1. Часть I. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2018. – С. 188–191.
- 26 Bak, K. Effect of high-pressure treatment on the color of fresh and processed meats: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 59. 10.1080/10408398.2017.1363712.
- 27 Purslow, P. P. Variations in meat colour due to factors other than myoglobin chemistry; a synthesis of recent findings (invited review)/ P. P. Purslow [et al.] // *Meat science*. – 2020. – Т. 159. – С. 107941.
- 28 Swatland, H. J. 1989. A review of meat spectrophotometry (300 to 800 nm). *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.* 22:390–402. [https://doi.org/10.1016/s0315-5463\(89\)70435-1](https://doi.org/10.1016/s0315-5463(89)70435-1).

- 29 Ramanathan, R. Recent Updates in Meat Color Research: Integrating Traditional and High-Throughput Approaches, Meat and Muscle Biology 4(2). doi: <https://doi.org/10.22175/mmb.9598>.
- 30 Millman, B. M. The filament lattice of striated muscle //Physiological reviews. – 1998. – Т. 78. – №. 2. – С. 359–391.
- 31 Donaldson, A. E. Biochemistry changes that occur after death: Potential markers for determining post-mortem interval. PLoS One. 8:e82011. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082011>.
- 32 Ramanathan, R. Effects of lactate on beef heart mitochondrial oxygen consumption and muscle darkening. J. Agr. Food Chem. 57:1550–1555. <https://doi.org/10.1021/jf802933p>.
- 33 Apaoblaza, A. Muscle from grass- and grain-fed cattle differs energetically. Meat Sci. 161:107996. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107996>.
- 34 Ouali, A. Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. Meat science, 74(1), 44–58. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.05.010>.
- 35 Горбунова, Н. А. Влияние способов и условий упаковки мяса на его качество и длительность хранения // Все о мясе. – 2012. – № 5. – С. 54–56.
- 36 Aminzare, M. Using Natural Antioxidants in Meat and Meat Products as Preservatives: A Review. Advances in Animal and Veterinary Sciences. 7. 10.17582/journal.aavs/2019/7.5.417.426.
- 37 Способ стабилизации цвета свежего мяса: пат. RU2416917C1/ С. В. Мурашев [и др.]. – Оpubл. 27.04.2011.
- 38 Hunt, M. C. AMSA meat color measurement guidelines //American Meat Science Association, Champaign, Illinois USA. – 2012. – Т. 61820. – С. 1–135.
- 39 CIE 2018. CIE 015:2018. Colorimetry. Vienna. CIE Central Bureau.
- 40 Нечипоренко, А. П. Метод электронной спектроскопии диффузного отражения в исследовании мышечной ткани диких и домашних животных / А. П. Нечипоренко [и др.] // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2019. – Т. 9. – №. 3 (30).
- 41 Нечипоренко, А. П. Специализированный практикум по физико-химическим методам анализа: электронная и ИК-спектроскопия отражения, люминесцентная и рентгенофлуоресцентная спектроскопия, рефрактометрия, термометрия, кинетическая рН-метрия, индикаторный метод – РЦА. Теория и практика. Часть II.: Учебно-методическое пособие; сост: А. П. Нечипоренко [и др.] – СПб.: университет ИТМО, 2016. – 181 с.

Поступила в редакцию 21.11.2023 г.

ОБ АВТОРАХ:

Олег Владимирович Шкабров, кандидат технических наук, доцент, начальник отдела технологий мясных и молочных продуктов Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, e-mail: olegshk@tut.by. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7188-2237>.

Виктор Дмитриевич Резниченко, аспирант, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, инженер-технолог ОАО «Слутский мясокомбинат», e-mail: rotcivetec@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1537-8482>.

Ирина Михайловна Чернуха, доктор технических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, руководитель отдела координации международных и инициативных проектов ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова», Российская Федерация

Татьяна Николаевна Болашенко, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии продукции общественного питания и мясопродуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий (БГУТ), e-mail: tatyana-bola@yandex.ru.

Любовь Владимировна Лазовикова, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии продукции общественного питания и мясопродуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий (БГУТ), e-mail: lyu-azarova@yandex.ru.

ABOUT AUTHORS:

Oleg. V. Shkabrov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Meat and Dairy Products Technologies of Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus, e-mail: olegshk@tut.by. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7188-2237>.

Viktor. D. Reznichenko, post-graduate student, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, engineer-technologist of ОАО «Slutsk Meat Processing Plant», e-mail: rotcivetec@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1537-8482>.

Irina. M. Chernukha, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Scientific Officer, Head of the Department for Coordination of International and Initiative Projects, Federal Scientific Center of Food Systems named after V.M. Gorbатов, Russian Federation.

Tatyana N. Bolashenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technology of Food Processing and Meat Products, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: tatyana-bola@yandex.ru.

Lubov V. Lazovikova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Assistant Professor of the Department of Technology of Food Processing and Meat Products, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: lyu-azarova@yandex.ru.

УДК 665.117.2:664.661.26

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА, БЕЛКОВО-МИНЕРАЛЬНОГО И ВИТАМИННОГО СОСТАВА СДОБНОЙ БУЛОЧКИ С ДОБАВЛЕНИЕМ МУКИ ИЗ ЖМЫХА РАПСА

З. В. Василенко¹, Ш. Н. Атаханов², Т. Н. Болашенко¹, Е. Н. Кучерова¹, Т. В. Трофименко¹

¹Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь

²Наманганский государственный университет, Республика Узбекистан

АННОТАЦИЯ

Введение. В качестве добавок при выпечке хлебобулочных изделий применяют все чаще сырье растительного происхождения. В Республике Беларусь таким сырьем являются семена рапса. При производстве рапсового масла получают вторичные продукты (жмых и шрот рапсовые), которые в настоящее время используются в производстве комбикормов. Актуальность исследования обусловлена возможностью использования муки из жмыха рапса в производстве хлебобулочных изделий. Научная задача исследования – обоснование применения муки из жмыха рапса при производстве хлебобулочных изделий.

Материалы и методы. Объектами исследований являлись булочки, полученные с добавлением муки из жмыха рапса. Качество булочки с мукой из жмыха рапса сравнивалось с контрольным образцом «Булочка школьная», рецептура № 333 сборника рецептов и кондитерских изделий.

Результаты. Исследовано влияние на органолептические показатели и пищевую ценность булочных изделий добавления муки из жмыха рапса в количестве от 1 до 10 %. Установлено, для получения хлебобулочных изделий, соответствующих требованиям стандарта, возможно использование муки из жмыха рапса в количестве 5 %.

Показано влияние разных концентраций муки из жмыха рапса на органолептические (внешний вид, цвет, вкус и запах; поверхность, вид на изломе), физико-химические (влажность, кислотность, пористость) показатели качества полученной булочки. Установлено, что булочка с внесением муки из жмыха рапса по всем показателям соответствуют требованиям действующего стандарта. Представлен минеральный и витаминный состав булочек «Школьная» (контрольный образец) и «Неманская». Показано, что внесение муки из жмыха рапса в количестве 5 % позволяет обогатить разработанную булочку такими минеральными веществами как Са, К, Мп, Мг, Fe, а также витаминами группы В и Е. Исследован аминокислотный состав белков булочек «Школьная» (контрольный образец) и «Неманская». Показано, что аминокислотный состав разработанной булочки превышает аминокислотный состав контрольного образца. А также по аминокислотной сбалансированности белки разработанной булочки близки к «идеальному белку» ФАО/ВОЗ. В лабораторных условиях кафедры технологии продукции общественного питания и мясопродуктов разработана булочка с добавлением в пшеничную муку муки из жмыха рапса в количестве 5 %.

Выводы. Установлено, что для получения хлебобулочных изделий, соответствующих требованиям стандарта, возможно использование в смеси с пшеничной мукой муки из жмыха рапса в количестве 5 %. Это способствует удешевлению готовых изделий и более эффективному использованию отечественного сырья.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: хлебобулочные изделия; мука из жмыха рапса; показатели качества; аминокислотный; витаминный; минеральный состав.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Василенко, З. В. Характеристика показателей качества, белково-минерального и витаминного состава сдобной булочки с добавлением муки из жмыха рапса / З. В. Василенко [и др.] // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2023. – № 2(35). – С. 64–74.

CHARACTERISTICS OF QUALITY INDICATORS, PROTEIN-MINERAL AND VITAMIN COMPOSITION OF BUN WITH THE ADDED RAPESEED CAKE FLOUR

Z. V. Vasilenko¹, Sh. N. Atakhanov², T. N. Bolashenko¹, E. N. Kucheroва¹, T. V. Trofimenko¹

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

²Namangan State University, Republic of Uzbekistan

ABSTRACT

Introduction. Raw materials of plant origin are increasingly used as additives in bakery products. Rapeseed is such a raw material in the Republic of Belarus. When rapeseed oil being produced rapeseed cake and meal are obtained as secondary products. They are currently being used in the production of animal feed. The study relevance is due to the possibility of using rapeseed meal flour in the production of bakery products. The scientific objective of the study is to substantiate the use of rapeseed meal flour in the production of bakery products.

Materials and methods. The objects of research were buns baked with the addition of rapeseed meal flour. Flour quality and finished products indicators were determined by standard methods and techniques. The quality of the bun with added rapeseed meal flour was compared with the control sample «School bun», recipe No. 333 of the collection of recipes and confectionery products.

Results. The effect of adding rapeseed meal flour in an amount from 1 to 10% on the organoleptic characteristics and bakery products nutritional value has been studied. It has been established that in order to obtain baked goods that meet the quality requirements of the standard it is possible to use rapeseed flour in an amount of 5 %.

The rapeseed meal flour different concentrations influence on the organoleptic (appearance, color, taste and smell; surface, fracture appearance), physico-chemical (humidity, acidity, porosity) quality indicators of the resulting bun has been shown. It has been established that the bun with the addition of rapeseed meal flour meets the requirements of the current standard in all respects. The mineral and vitamin composition of the «Shkolnaya» (control sample) and «Nemanskaya» buns is presented. It has been shown that the addition of rapeseed meal flour in an amount of 5 % makes it possible to enrich the developed bun with minerals such as Ca, K, Mn, Mg, Fe, as well as vitamins B and E. The amino acid compositions of the proteins of «Shkolnaya» buns (control sample) and «Nemanskaya» were studied. It was shown that the amino acid composition of the developed bun exceeds the amino acid composition of the control sample. In terms of amino acid balance, the developed bun proteins are close to the «ideal protein» of the FAO/WHO. In the laboratory of the Department of Technology of Food processing and Meat Products a bun was developed with the addition of rapeseed cake flour in an amount of 5 % to wheat flour.

Conclusions. It has been established that in order to obtain bakery products that meet the quality requirements of the standard it is possible to use rapeseed cake flour mixed with wheat flour in an amount of 5%. It makes finished products cheaper and the use of domestic raw materials more efficient.

KEYWORDS: *bakery products; rapeseed cake flour; quality indicators; amino acid; vitamin; mineral composition.*

FOR CITATION: Vasilenko, Z. V. Characteristics of quality indicators, protein-mineral and vitamin composition of bun with the added rapeseed cake flour / Z. V. Vasilenko [et al.]. // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2023. – № 2(35). – P. 64–74 (in Russian).

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблеме здорового питания человека уделяется все большее внимание, в связи с чем находят широкое распространение продукты питания для здорового образа жизни. Одними из таких продуктов являются булочные изделия, предназначенные для здорового питания. Данная группа не обладает особыми профилактическими свойствами, но отличается разнообразием сырья. Вместе с тем на протяжении десятилетий весомую долю на отечественном рынке пищевых ингредиентов прочно удерживают обогатительные добавки и

хлебопекарные смеси зарубежного производства. Однако, техническая оснащенность пищевых предприятий нашей республики на современном этапе позволяет получать высококачественные отечественные пищевые ингредиенты из натурального сырья высокой пищевой ценности. Поэтому поиск новых видов отечественных сырьевых ресурсов растительного и животного происхождения и целенаправленное их использование для обогащения пищевых продуктов является одним из перспективных направлений. Важно найти эффективные способы переработки сырья с целью сохранения и повышения их биологически активных свойств [1, 2].

Производство булочных изделий является одним из наиболее развитых секторов продовольственного рынка Республики Беларусь. Булочные изделия выпекают из пшеничной муки массой менее 500 г. К ним относят батоны, плетеные изделия, булки, сайки, сдобные булочные изделия. Хлебобулочные изделия являются основным продуктом питания и играют важную роль в обеспечении продовольственной безопасности страны. Стратегической и социально значимой задачей хлебопечения является гарантированное снабжение всех слоев населения страны безопасными и качественными хлебобулочными изделиями [2, 3]. На структуру белорусского рынка хлебопродуктов все больше влияют принципы здорового питания.

Потребители все чаще обращают внимание на здоровый образ жизни, поддержание которого невозможно без полноценного питания. Популярность «нормального» пшеничного и ржаного хлеба среди населения снижается, в то время как потребление низкокалорийного обогащенного хлеба, а также диетического и диабетического растет. Потребители все больший интерес предъявляют к новым и полезным булочным изделиям, отличающимся высоким содержанием витаминов и минералов, пищевых волокон, полезных жирных кислот, белков [3, 4].

В качестве добавок при выпечке хлебобулочных изделий применяют все чаще сырье растительного происхождения. Для этих целей используются измельченные до порошкообразного состояния, предварительно высушенные лекарственные растения, их плоды, листья; компоненты из пшеницы, ржи, овса, кукурузы, ячменя, пищевых сортов люпина и других культур, а также из вторичных сырьевых ресурсов – пшеничных отрубей, зародышей, пивной дробины и др. [5].

Определенный интерес представляет перспектива применения муки из жмыха рапса для изготовления сдобной булочки из пшеничной муки.

Мука из жмыха рапса является хорошим источником минеральных веществ, богата жирорастворимыми витаминами: токоферолом, ретинолом, рибофлавином, холином, биотином, а по содержанию кальция, фосфора, магния, меди и марганца превосходит соевый жмых [6]. Ценно то, что этот продукт является источником незаменимых жирных кислот семейства омега-9 (олеиновая кислота), омега-6 (линолевая кислота) и омега-3 (линоленовая кислота), которые способствуют укреплению стенок сосудов и снижению уровня холестерина в крови. Примечательно, что мука жмыха рапсового содержит в 10 раз больше Омега-3, чем оливковый [6–9].

Белок муки из жмыха рапса содержит полный перечень незаменимых аминокислот, что говорит о его высокой биологической ценности. Значительное содержание пищевых волокон, оказывает позитивное воздействие на желудочно-кишечный тракт, улучшая его двигательную активность и способность адсорбировать и выводить из организма соли тяжелых металлов, радионуклидов и другие токсические вещества [7, 9–11]. Все это подтверждает целесообразность использования муки из жмыха рапса в составе продуктов питания для повышения их пищевой и биологической ценности, а также для расширения ассортимента функциональных продуктов питания.

Предложения по использованию жмыха рапсового в производстве продуктов питания имеются. Так, авторами [6–7] получены положительные результаты при применении жмыха из семян рапса при производстве соуса для питания спортсменов, печенья. Эти изделия обладают высокой пищевой и энергетической ценностью, широким набором витаминов, минеральных веществ.

Учитывая химический состав муки из жмыха рапса, можно предположить, что булочка с добавлением муки из него будет обогащена витаминами (группы В, Е), минеральными веществами (калий, кальций, магний, марганец, железо) и пищевыми волокнами (клетчатка). Однако в литературе таких данных нами обнаружено не было, что обуславливает актуальность данного исследования.

Цель исследования – выявление возможности использования муки из жмыха рапса в производстве булочки «Неманская». Научная задача – обоснование применения муки из жмыха рапса при производстве хлебобулочных изделий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследований являлась булочка «Неманская» из дрожжевого теста, полученная с добавлением муки из жмыха рапса. Использовали муку из жмыха рапса, производимую по ТУ ВУ 700036606.136 – 2023 (дисперсность муки в пределах 0,33–0,6 мм).

Характеристика жмыха рапсового белорусской селекции подробно исследована нами и изложена в [10].

При приготовлении булочных изделий использовали унифицированную рецептуру (пшеничная мука высшего сорта марки М 54-25, мука из жмыха рапса в количестве 1–10 %, молоко, сахар, соль, масло, дрожжи, меланж) и стандартную методику приготовления булочки «Школьная». В лабораторных условиях осуществляли замес теста, формование производили вручную, выпекали в пароконвектомате.

Качество готовых хлебобулочных изделий определяли по СТБ 2160-2011. В полученных изделиях определяли органолептические (внешний вид, цвет, вкус и запах, поверхность, форму изделий), химические (влажность и кислотность) показатели. Готовые изделия оценивали по внешнему виду и органолептическим характеристикам.

Содержание белка определяли по методу Кьельдаля по ГОСТ 26889. Содержание аминокислот в булочных изделиях определяли с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии согласно МВИ МН 1363-2000.

Содержание железа определяли по ГОСТ 30178-96, калия, кальция, марганца и магния – по ГОСТ 31870-2012, п.5; витамин Е – ГОСТ EN 12822-2020; витамин В₁ – МВИ. МН 2052-2004, витамин В₁₂ – СТБ 2454-2019.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

В лабораторных условиях кафедры технологии продукции общественного питания и мясопродуктов учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» были изготовлены сдобные булочки с добавлением муки из жмыха рапса.

Булочки были приготовлены по рецептуре № 333 и технологической схеме согласно сборнику рецептов [12].

Для исследуемых образцов были определены органолептические и физико-химические показатели качества в сравнении с контрольным образцом, которые представлены в табл.1.

Табл. 1. Влияние муки из жмыха рапса на физико-химические показатели качества сдобной булочки из дрожжевого теста

Table 1. The rapeseed cake flour effect on the physico-chemical quality indicators of yeast dough bun

Показатели	Контроль	Содержание МЖР, % к массе муки				
		1	3	5	7	10
		в гидратированном виде				
Масса	75,5	76,3	78,1	78,7	79,9	80,4
Цвет	Светло-коричневый	Светло-коричневый	Светло-коричневый с вкраплением частиц муки ЖР	Более выражены вкрапления МЖР, коричневатый	Более выражены вкрапления МЖР, коричневатый	Темно-коричневый
Поверхность	Гладкая, матовая				Имеются разрывы, матовая	
Форма	Правильная, округлая, не расплывающаяся					
Вид на изломе	Ровный, без следов непромеса					Заминающийся, видны следы непромеса
Запах	Выраженный, приятный					Горчицы
Вкус	Свойственный, приятный			Ароматный, со вкусом жареного ореха	Ощущение послевкусия горечи	Ярко выражен кисловато-горький
Кислотность, °Т	2,03	2,06	2,19	2,21	2,35	2,49
Массовая доля белка, %	7,5	7,7	8,0	8,2	8,4	8,6
Массовая доля общего сахара, %	15,76	15,78	15,81	15,85	15,89	15,91
Влажность, %	24,9	26,51	27,11	28,6	29,01	31,2 72,7
Пористость, %	68,1	68,7	69,1	70,7	72,2	
Объем, см³	2,03	2,1	2,20	2,31	2,46	2,49 0,70
Формоустойчивость	0,694	0,696	0,699	0,701	0,721	

Из представленных данных следует, что по органолептическим показателям соответствует требованиям нормативных документов [13], вкус становится более сладким, а цвет приобретает сероватый оттенок.

Увеличение выхода сдобных булочек из дрожжевого теста с использованием муки из жмыха рапса с 75,5 до 80,4 обусловлено положительным влиянием добавки на водоудерживающую способность муки [10, 11].

Повышение кислотности готовых изделий с 2,03 до 2,3 у булочки «Неманская» обусловлено более активным кислотообразованием в процессе брожения [10, 11], что связано с улучшением условий для развития дрожжевых клеток на начальном этапе брожения. В тесте с мукой из жмыха рапса содержится больше моносахаридов. Увеличение влажности мякиша по сравнению к контрольному образцу до 31, 2 % во многом обусловлено действием входящих в состав муки из жмыха рапса белков и пищевых волокон, которые прочно удерживают влагу в процессе выпечки.

Полученные в ходе исследований данные свидетельствуют, что включение в состав рецептуры сдобной булочки из дрожжевого теста муки из жмыха рапса увеличивает пористость, удельный объем и формоустойчивость готовых изделий. С увеличением содержания муки из жмыха рапса в булочках пористость увеличивается до 72,7 %, а удельный объем – с 2,03 до 2,49 см³/г соответственно. Показатель, характеризующий формоустойчивость изделий из дрожжевого теста, возрастает с 0,694 до 0,70 [12, 14–16].

Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что внесение муки из жмыха рапса оказывает влияние на органолептические свойства булочки (цвет, вкус). Физико-химические показатели качества находятся на уровне, допустимом стандартом СТБ-1045 (влажность – не более 38 %, пористость не более 68–72 %) [13].

Для характеристики биологической ценности белков булочки с мукой из жмыха рапса исследовали аминокислотный состав в сравнении с контрольным образцом. Результаты исследований представлены на рис. 1 и 2.

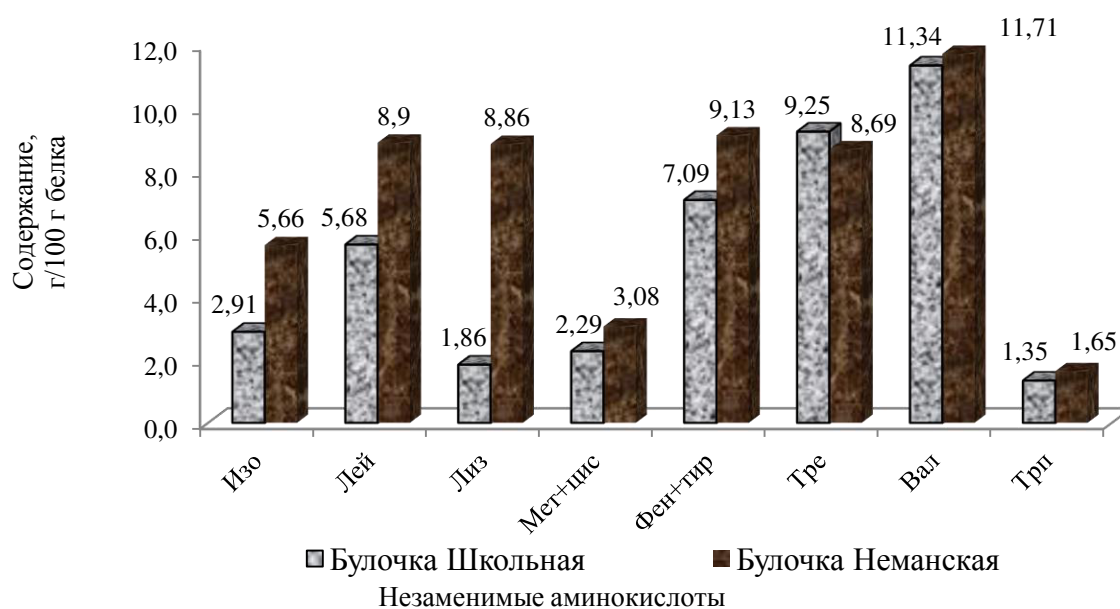


Рис. 1. Содержание незаменимых аминокислот в белках сдобных булочек, г/100 г белка

Fig. 1. Essential amino acids content in the proteins of bun, g/100 g protein

Из представленных на рис. 1. данных видно, что белки булочки из муки из жмыха рапса превосходят контрольный образец по содержанию таких незаменимых аминокислот, как изолейцин, лейцин, лизин, фенилаланин+тирозин. По суммарному содержанию незаменимых аминокислот белки булочки с использованием муки из жмыха рапса превосходят белки контрольного образца на 16,21 %. Белки булочки с использованием муки из жмыха рапса и контрольного образца по содержанию треонина, валина и метионина+цистеина практически имеют одинаковое значение.

Исходя из данных, представленных на рис. 2, видно, что белки булочки с мукой из жмыха рапса превосходят контрольный образец по содержанию некоторых заменимых аминокислот: аспарагиновой кислоты, глютаминовой кислоты, гистидину. По аланину, глицину, серину, аргинину, пролину белки контрольного образца незначительно превосходят белки булочки с

мукой из жмыха рапса. Суммарное содержание заменимых аминокислот белков булочки с мукой из жмыха рапса превосходит белки контрольного образца.

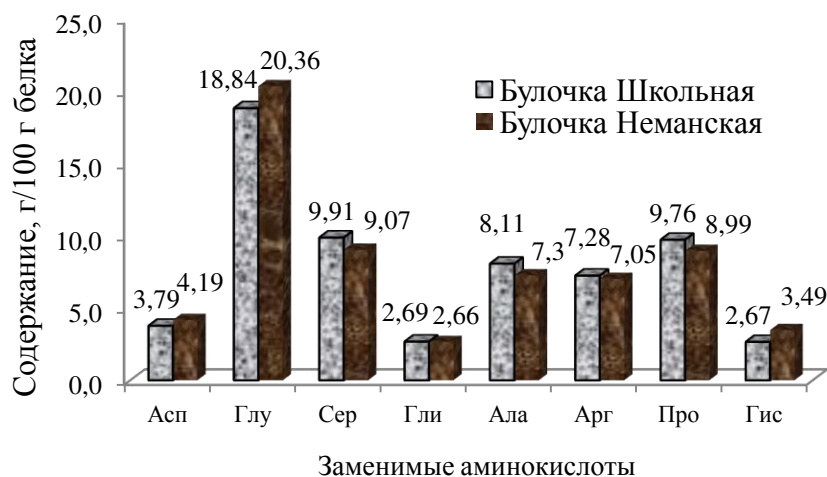


Рис. 2. Содержание заменимых аминокислот в белках сдобных булочек, г/100 г белка

Fig. 2. Nonessential amino acids content in the proteins of bun, g/100 g protein

Чтобы охарактеризовать сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к «идеальному» белку, а также для более полного представления о биологической ценности белков булочки с использованием муки из жмыха рапса были рассчитаны аминокислотный скор (АК) и показатель утилитарности.

Для характеристики биологической ценности белков булочки с использованием муки из жмыха рапса и контрольного образца проводили сравнение с АК составом «идеального» белка по шкале ФАО/ВОЗ. АК скор каждой незаменимой аминокислоты в «идеальном» белке принят за 100 %. Результаты определения АК скор незаменимых аминокислот белков булочки представлены в табл. 2.

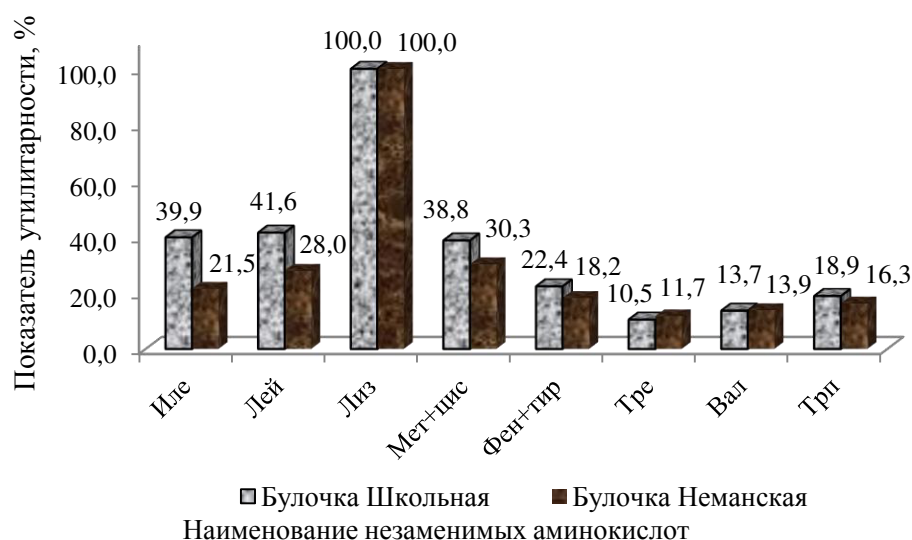
Из представленных данных видно, что для исследуемых образцов булочных изделий характерен АК скор выше 100 %. По содержанию таких аминокислот как изолейцин, лейцин, метионин+цистеин, фенилаланин+тирозин, валин и триптофан аминокислотный скор белков разработанной булочки превышает аминокислотный скор контрольного образца на 94, 56, 34, 28, 3 и 22 %. Однако по содержанию треонина аминокислотный скор белков контрольного образца превышает разработанный образец на 6 %.

Лимитирующей аминокислотой белков данных булочных изделий является лизин, скор которых для белков булочки без муки из жмыха рапса составляет 38,71 %, а для белков разработанной булочки с использованием муки из жмыха рапса – 40,59 %.

Сравнивали аминокислотный скор белков булочки с использованием муки из жмыха рапса и контрольного образца представлены на рис. 3.

Таб. 2. Аминокислотный скор белков сдобных булочек**Table 2.** Amino acid fast proteins in bun

Наименование аминокислоты	«Идеальный» белок ФАО/ВОЗ, г/100 г белка	Контрольный образец Булочка «Школьная»		Булочка «Неманская»	
		Содержание аминокислоты в белках, г/100 г белка	Аминокислотный скор, %	Содержание аминокислоты в белках, г/100 г белка	Аминокислотный скор, %
Изолейцин (Иле)	3,0	2,91	97,03	5,66	188,67
Лейцин (Лей)	6,1	5,68	93,07	8,86	145,21
Лизин (Лиз)	4,8	1,86	38,71	1,95	40,59
Метионин+цистеин (Мет+Цис)	2,3	2,29	99,76	3,08	134,07
Фенилаланин+тирозин (Фен+Тир)	4,1	7,09	173,04	9,13	222,67
Треонин (Тре)	2,5	9,25	369,89	8,69	347,67
Валин (Вал)	4,0	11,34	283,38	11,71	292,71
Триптофан (Трп)	0,66	1,35	204,75	1,65	249,55

**Рис. 3.** Показатель утилитарности незаменимых аминокислот белков сдобных булочек**Fig. 3.** Indicator of the usefulness of essential amino acid in the proteins of bun

Из представленных на рис. 3. данных следует, что наименьшим показателем утилитарности незаменимых аминокислот как в белках контрольного образца, так и в разработанной булочке с использованием муки из жмыха рапса, обладает треонин. В наибольшей степени в белках исследуемых образцов булочных изделий усваивается лизин. Вместе с тем можно отметить, что показатель утилитарности по таким незаменимым аминокислотам как валин и треонин, белки разработанных булочных изделий превышают белки контрольного образца на 0,2 и 0,2 % соответственно.

Еще не менее важным показателем является аминокислотная сбалансированность белков в продукте. Данные по аминокислотной сбалансированности белков приведены в табл. 3.

Табл. 3. Аминокислотная сбалансированность белков сдобных булочек

Table 3. Amino acid protein balance in bun

Наименование показателя	«Идеальный» белок ФАО/ВОЗ	Белки булочки «Школьная»	Белки булочки «Неманская»
Коэффициент утилитарности аминокислотного состава, U	4,50	3,72	4,64
Показатель избыточности содержания незаменимых аминокислот, σ_n , г	0	1,26	1,09
Показатель сопоставимой избыточности, σ_c	0	0,013	0,008

Исходя из данных, представленных в табл. 3., следует, что белки образцов булочных изделий отличаются от «идеального» белка ФАО/ВОЗ. Так, по величинам коэффициента утилитарности аминокислотного состава белки булочки с использованием муки из жмыха рапса незначительно уступают контрольному образцу и составляют 3,72 и 4,64 соответственно. По показателю избыточности содержания незаменимых аминокислот, показателю сопоставимой избыточности и индексу незаменимых аминокислот белки разработанной булочки близки к белкам контрольного образца. По показателю избыточности содержания незаменимых аминокислот и показателю сопоставимой избыточности белки разработанной булочки ближе к «идеальному» белку, чем белки контрольного образца.

В ходе работы был также исследован и проанализирован минеральный и витаминный состав булочек. Результаты представлены в табл. 4.

Табл. 4. Минеральный и витаминный состав булочки «Неманская» и булочки «Школьная»

Table 4. Mineral and vitamin composition of the «Nemanskaya» bun and the «School» bun

Показатель	Единицы измерения	Булочка «Школьная»	Булочка «Неманская»
Железо	мг/100г	0,53	0,76
Кальций	мг/кг	293	456
Калий	мг/кг	1132	1552
Марганец	мг/кг	2,37	3,41
Магний	мг/кг	114	216
Витамин Е	мг/100г	1,1	1,5
Витамин В ₁	мг/100г	0,05	0,08
Витамин В ₄	мг/100г	77,81	93,10
Витамин В ₁₂	мг/100г	0,340	1,260

Из результатов, представленных в табл. 4, следует, что количественный анализ минерального состава булочки с добавлением муки из жмыха рапса характеризуется повышенным содержанием Са, К, Мп, Мг. Более высоким содержанием кальция отличается булочка «Неманская», содержание которого на 55 % превышает содержание в булочке «Школьная», содержание калия превышает на 37 %, магния на 89 %, марганца на 43 % соответственно.

Следует отметить также увеличение содержания витаминов группы В и Е. Таким образом, можно считать, что булочка «Неманская» является обогащенным продуктом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследовано влияние на органолептические показатели и пищевую ценность булочных изделий добавления муки из жмыха рапса в количестве от 1 до 10 %. Установлено, для получения хлебобулочных изделий, соответствующих качеству требованиям стандарта, возможно использование муки из жмыха рапса в количестве 5 %.

Показано влияние разных концентраций муки из жмыха рапса на органолептические (внешний вид, цвет, вкус и запах; поверхность, вид на изломе), физико-химические (влажность, кислотность, пористость) показатели качества полученной булочки. Установлено, что булочка с внесением муки из жмыха рапса по всем показателям соответствуют требованиям действующего стандарта. Представлен минеральный и витаминный состав булочек «Школьная» (контрольный образец) и «Неманская». Показано, что внесение муки из жмыха рапса в количестве 5 % позволяет обогатить разработанную булочку такими минеральными веществами, как Са, К, Мп, Мг, Fe, а также витаминами группы В и Е. Исследован аминокислотный состав белков булочек «Школьная» (контрольный образец) и «Неманская». Показано, что аминокислотный состав разработанной булочки превышает аминокислотный состав контрольного образца, а также по аминокислотной сбалансированности белки разработанной булочки близки к «идеальному белку» ФАО/ВОЗ. В лабораторных условиях кафедры технологии продукции общественного питания и мясопродуктов разработана булочка с добавлением в пшеничную муку муки из жмыха рапса в количестве 5 %. Использование муки из жмыха рапса в составе хлебобулочных изделий позволяет повысить их пищевую ценность и расширить ассортимент выпускаемой продукции на хлебобулочных предприятиях Республики Беларусь.

БЛАГОДАРНОСТИ

Результаты получены в рамках реализации научного исследования при поддержке Белорусского фонда фундаментальных исследований на 2022 год по теме «Исследование пищевой и биологической ценности, функционально-технологических свойств вторичных продуктов переработки семян рапса, выращиваемого в Республике Беларусь и Узбекистане». Договор № Б22УЗБ – 070 от 04.05.2022 г.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ловкис, З. В. Инновационные функциональные продукты питания / З. В. Ловкис // Инновационные технологии в пищевой промышленности: материалы XIV Междунар. науч.- практ. конф. (Минск, 8–9 окт. 2015 г.) / Нац. Акад. Наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по продовольствию; редкол.: З. В. Ловкис [и др.]. – Минск, 2015. – С. 3–8.
- 2 Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года // Экон. бюл. Науч.-исслед. экон. ин-та М-ва экономики Республики Беларусь. – 2015. – № 4. – С. 6–99.
- 3 Мониторинг продовольственной безопасности – 2019: социально-экономические условия / В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Ин-т систем. исслед. В АПК НАН Беларуси, 2020. – 349 с.
- 4 Ловкис, З. В. Пищевая промышленность Республики Беларусь: анализ и перспективы развития / З. В. Ловкис, И. А. Грибоедова, И. И. Данченко. – Минск: УП Минстата «Гл. вычисл. центр», 2008. – 211 с.
- 5 Коляда, Е. В. Обогащенные хлебобулочные изделия с использованием продуктов переработки зерна / Е. В. Коляда, М. М. Петухов // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость: материалы VII Международной научно-практической конференции, Минск, 25–26 сентября 2014 г. / [редкол.: В. Н. Шимов (отв. ред.) и др.]; М-во образования Респ. Беларусь, УО «Белорусский гос. экон. ун-т». — Минск: БГЭУ, 2014. – Т. 2. – С. 231–232.
- 6 Нечаев, А. П. Пищевая химия [Текст]: учебник для вузов / Под ред. А. П. Нечаева. – 3-е изд. исправ. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 640 с.
- 7 Трухман, С. В. Исследование жмыха из семян рапса в технологии производства мучных кондитерских изделий функционального назначения: дис. ...канд. сельскохозяйств. наук. Воронеж, 2010. – 150 с.
- 8 Манжесов, В. И. Разработка сахарного печенья повышенной пищевой ценности [Текст] / В. И. Манжесов, С. В. Трухман, Е. Е. Курчаев // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – № 8. – С. 90.

- 9 Василенко, З. В. Характеристика химического состава жмыха из семян рапса сорта «Неман» белорусской селекции// З. В. Василенко, В. И. Никулин, Т. В. Трофименко// Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2022. – № 2(32). – С. 27–36.
- 10 Пучкова, Л. И. Технология хлеба / Л. И. Пучкова, Р. Д. Поландова, И. В. Матвеева. – СПб: ГИОРД, 2005. – 559 с.
- 11 Ауэрман, Л. Я. Технология хлебопекарного производства [Текст] / Л. Я. Ауэрман; под общей ред. Л. И. Пучковой: учебник. – Изд. 9 перераб. и доп. – СПб.: Профессия, 2003. – 316 с.
- 12 Сборник рецептур мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания – М.: Экономика, 1986, С. 242–243.
- 13 СТБ–1045. Изделия булочные и сдобные булочные. Общие технические условия.
- 14 Белова, Е. И. Перспективы вторичных продуктов переработки рапса в разработке комплексных пищевых белково-углеводных обогатителей [Текст] / Е. И. Белова, И. А. Глотова, С. С. Забуринов // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – № 3. – С. 58–59.
- 15 Тошев, А. Д. Перспективы использования рапсового жмыха в питании спортсменов// Человек. Спорт. Медицина. – 2018. – № 1. – С. 115–124.
- 16 Донченко, Л. В. Безопасность пищевых продуктов [Текст]/ Л. В. Донченко, В. Д. Надыкта. – М.: Пищепромиздат, 2001. – 528 с.

Поступила в редакцию 24.11.2023 г.

ОБ АВТОРАХ:

Василенко Зоя Васильевна, 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 (БГУТ), e-mail: vzv0003@rambler.ru.

Шухрат Нуриддинович Атаханов, доктор технических наук, профессор, проректор по науке и инновациям, Наманганский государственный университет, Республика Узбекистан.

Татьяна Николаевна Болашенко, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии продукции общественного питания и мясопродуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий (БГУТ).

Екатерина Николаевна Кучерова, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продукции общественного питания и мясопродуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий (БГУТ).

Трофименко Татьяна Владимировна, аспирант кафедры технологии продукции общественного питания и мясопродуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий (БГУТ), e-mail: trofimenkotati@yandex.by.

ABOUT AUTHORS:

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

Shukhrat N. Atakhanov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Science and Innovation, Namangan State University, Republic of Uzbekistan.

Tatyana N. Bolashenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technology of Food Processing and Meat Products, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (BGUT).

Ekaterina N. Kucheroва, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Food Processing and Meat Products, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (BGUT).

Tatyana V. Trofimenko, postgraduate student of the Department of Technology of Food Processing and Meat Products, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: trofimenkotati@yandex.by.

УДК 644.44

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ДРОБНОГО СУХОГО ОХМЕЛЕНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ СБРАЖИВАНИЯ ПИВНОГО СУСЛА

Ю. С. Назарова¹, Н. А. Шелегова²¹Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь,²Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь, Республика Беларусь**АННОТАЦИЯ**

Введение. Способ «сухое охмеление» представляет собой достаточно простой технологический прием для улучшения органолептических характеристик (вкуса и аромата) пива, что определило цель исследования. Однако, при этом закономерности проявления в процессе сбраживания физико-химических характеристик пивного сусла, влияющих на вкусо-ароматические свойства пива, недостаточно изучены, что определило его научную задачу. С целью импортозамещения исследовали хмель белорусской селекции.

Материалы и методы. Хмель гранулированный трех сортов: Tettnanger, Northern Brewer, Perle. Общепринятые методы оценки и анализа свойств сырья, лабораторного и охмеленного сусла, молодого пива.

Результаты. Дробное сухое охмеление на стадии главного брожения позволяет вести процесс сбраживания с той же интенсивностью, что и при классическом охмелении на стадии кипячения сусла с хмелем, что подтверждено для всех исследуемых сортов хмеля. Опытные образцы молодого пива имели качественные показатели, не уступающие контрольным образцам. Пиво характеризуется ярко выраженным ароматическим профилем, свойственным применяемому сорту хмеля.

Выводы. Рекомендуется применять способ дробного сухого охмеления на стадии главного брожения с использованием хмеля белорусской селекции в количестве 30 и 35 г/дал.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: молодое пиво; хмель; сухое охмеление; сбраживание сусла; вкус и аромат; импортозамещение.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Назарова, Ю. С. Влияния способа дробного сухого охмеления на изменение качественных показателей в процессе сбраживания пивного сусла // Ю. С. Назарова, Н. А. Шелегова // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2023. – № 2(35). – С. 75–86.

INFLUENCE OF FRACTIONAL DRY HOPPING METHOD ON CHANGES IN QUALITY INDICATORS DURING THE PROCESS OF BEER WORT FERMENTATION

Y. S. Nazarova¹, N. A. Shelegova²¹Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Republic of Belarus²Mogilev Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Belarus, Republic of Belarus**ABSTRACT**

Introduction. The «dry hopping» method is a fairly simple technological technique for improving the organoleptic characteristics (taste and aroma) of beer, which determined the purpose of the study. However, at the same time, the patterns of manifestation of the physicochemical characteristics of beer wort during the fermentation process, affecting the taste and aroma properties of beer, have not been sufficiently studied, which determined the scientific task of the study. Which is especially important in light of the fierce competition in the modern brewing market. The purpose of the research is to study the possibility of replacing imported hops

with hops of Belarusian selection, improving the taste and aroma properties of the finished top-fermented beer obtained by dry hopping.

Materials and methods. Granulated hops of three varieties: Tettnanger, Northern Brewer, Perle. The work used generally accepted and special physical and chemical methods for assessing and analyzing the properties of raw materials, laboratory and hopped wort, and young beer.

Results. The influence of the method of fractional dry hopping using different amounts of hop varieties Tettnanger, Perle and Northern Brewer at the stage of fermentation of beer wort on the physico-chemical parameters of the fermentation medium was studied. It has been established that fractional dry hopping at the stage of main fermentation allows the fermentation process to be carried out with the same intensity as with classical hopping at the stage of boiling the wort with hops.

Conclusions. It has been established that the use of the method of fractional dry hopping at the stage of main fermentation using hops of Belarusian selection in the amount of 30 and 35 g/dal is preferable; the resulting experimental samples of young beer had quality indicators that were not inferior in value to the control samples, and are also characterized by a pronounced aromatic profile characteristic of the hop variety used.

KEY WORDS: *hops; dry hopping; must fermentation.*

FOR CITATION: Nazarova, Yu. S. The influence of the method of fractional dry hopping on the change in quality indicators in the process of fermentation of beer wort // Yu. S. Nazarova, N. A. Shelegova // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2023. – № 2(35). – P. 75–86 (in Russian).

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня технология «сухого» охмеления находит все большее применение в пивоваренной промышленности, причем добавление хмеля и хмелепродуктов часто осуществляется на этапе созревания или хранения, чтобы способствовать переходу ценных компонентов хмеля в продукт с наименьшими потерями. Процесс «сухого» охмеления исключает удаление летучих ароматических компонентов из эфирных масел хмеля и снижает влияние трансформации соединений во время кипячения и превращений с участием ферментных систем дрожжевых клеток [1, 2].

Перенос компонентов аромата и вкуса из горького хмеля в сусло в процессе кипячения отличается от переноса соединений в процессе сухого охмеления [3, 4]. Это связано с различием растворителя или среды: в случае классического охмеления средой служит водный раствор экстрагируемых соединений зернопродуктов при температуре кипения; в случае «сухого» охмеления – водно-спиртовой раствор [4–6]. Так же влияние оказывает технологические условия процесса: при классическом охмелении происходит экстракция и превращения растворимых соединений хмеля при кипячении, что влечет за собой потери хмелевых летучих соединений при испарении жидкости, при «сухом» охмелении температура процесса зависит от применяемых рас дрожжей и колеблется от 0 до 20 °С и потери летучих соединений хмеля в основном не значительны и связаны с адсорбцией на поверхности пузырьков диоксида углерода и клеток дрожжей [7–10].

Формирование горечи не является основной целью сухого охмеления, этот процесс осуществляется в основном для усиления выраженного хмелевого аромата пива. Процесс сухого охмеления протекает при относительно низких температурах, что значительно снижает интенсивность термического разложения и испарения ароматических соединений. Это приводит к более высокой концентрации целевых компонентов в конечном продукте.

Способ «сухое» охмеление представляет собой достаточно простой технологический прием для улучшения органолептических характеристик (вкуса и аромата) пива. Для реализации способа в пиво во время брожения или созревания вносят от 0,5 до 5 г/дм³ хмеля в виде шишек или гранул [11]. При этом задачу введения хмеля в пиво можно реализовать практически без перемешивания (статическое сухое охмеление) или применяя рециркуляцию насосом либо с

помощью диоксида углерода (динамическое сухое охмеление). Существует возможность внесения в пиво экстрактов эфирных масел хмеля для создания специфичных вкусо-ароматических свойств, в том числе имитирующих ароматы сухого охмеления в пиве [12].

Однако, несмотря на значительные достижения в этой области, существует и ряд проблем, от решения которых будет зависеть не только качество готового продукта, но и экономическая эффективность предприятия в целом. Одной из них является изучение влияния приема сухого охмеления на физико-химические показатели пивного сусла в процессе сбраживания. Это особенно важно в свете жесткой конкуренции на современном рынке пивоваренной продукции.

Цель работы – улучшение вкусо-ароматических свойств готового пива верхового брожения, полученного методом сухого охмеления с использованием хмеля белорусской селекции.

Научная задача – установление закономерностей изменения физико-химических показателей пивного сусла, в процессе сбраживания с применением метода сухого охмеления, влияющих на формирование вкусо-ароматических свойств пива.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследований являлся хмель гранулированный трех сортов – Tettnanger, Northern Brewer, Perle, выращенный в Гродненской области, Малоритском районе на предприятии СП «Бизон», а также объектами исследований являлись образцы пивного сусла (лабораторного и охмеленного), молодого и готового пива, полученные в лабораторных условиях учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий».

В работе применены общепринятые и специальные физико-химические методы оценки и анализа свойств сырья, лабораторного и охмеленного сусла, молодого пива. Оценку органолептических характеристик пива проводили методом ранжирования, а также используя бальную оценку, по результатам которой строили профилограммы вкуса.

Определение концентрации спирта в сбраживаемом сусле, молодом и готовом пиве проводили дистилляционным способом [13].

Определение α -кислот проводили методом кондуктометрического титрования по ГОСТ 21948. При определении содержания горьких веществ использовали спектрофотометрический метод. Содержание горечи в сусле определяли путём экстракции горьких веществ из сусла изооктаном и определения оптической плотности изооктанового экстракта на спектрофотометре при длине волны 255 нм.

Для получения пивного сусла использовали 100 % светлый ячменный солод, затирание проводили настойным способом, поэтапно выдерживая следующие температурные паузы: 42–43 °С – 20 мин, 52–53 °С – 30 мин, 62–63 °С 30 мин, 70 °С выдерживали до полного осахаривания и затем подогревали до 78 °С и отправляли на фильтрацию. Вода для производства поступала из городского водопровода.

Процесс главного брожения для опытных и контрольных образцов вели при температуре 20 °С. Длительность главного брожения составляла 7 суток. Сбраживали пивное сусло с содержанием сухих веществ 11 % в стеклянных бутылках ёмкостью 750 см³. Дрожжи задавали в количестве 20 млн. клеток/см³. Процесс дображивания молодого пива осуществляли при температуре 1–2 °С в течение 21 суток, в результате получали лабораторные образцы готового нефiltrованного пива.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В проводимых экспериментальных исследованиях изучали возможность замены классического охмеления на стадии кипячения сусла с хмелем, на сухое охмеление на стадии сбраживания пивного сусла. Осуществляли дробное охмеление, то есть совмещали классическое охмеление на стадии кипячения сусла с хмелем, а также сухое охмеление на стадии главного брожения. Контролем служили образцы, в которых процесс охмеления вели классическим способом. Расчётное количество хмеля вносили в два приёма, первые 50 % через 15 минут от начала процесса кипячения. И 50 % за 15 минут до конца кипячения. Продолжительность процесса составляла 40–50 минут. Количество вносимого хмеля составляло 30 и 35 г/дал с учётом того, что готовое пиво должно иметь степень горечи 50–60 IBU.

В процессе сбраживания пивного сусла контролировали динамику редуцирующих сахаров, аминного азота, титруемой кислотности, в первую очередь этилового спирта.

Динамика накопления этилового спирта в процессе главного брожения, представленная на рис. 1, свидетельствует о том, что для двух сортов хмеля (Perle и Northern Brewer) в опытных образцах наблюдается незначительное увеличение накопления этилового спирта, по сравнению с контролем. Так, к седьмым суткам сбраживания содержание этилового спирта в опытных образцах с дозировкой хмеля 30 и 35 г/дал увеличилось на 4,76 и 5,95 % соответственно для сорта хмеля Perle, на 3,22 и 4,15 % соответственно для сорта хмеля Northern Brewer по сравнению с контролем.

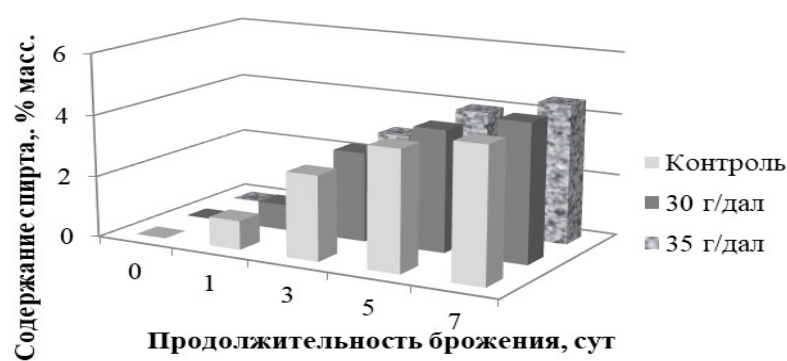
Для сорта Tettnanger наибольшее накопления этилового спирта пришлось на седьмые сутки, в опытных образцах с внесением хмеля в количестве 30 и 35 г/дал, что меньше контрольных показателей на 2,35 и 1,17 % соответственно.

Вероятно, такое незначительное накопление этилового спирта связано с внесением хмеля, углеводные компоненты которого могут служить источником питания для осуществления процессов жизнедеятельности дрожжей. Известно, что хмель содержит приблизительно 2 % моносахаридов [12], которые потенциально могут переходить в пиво при проведении процесса сухого охмеления и использоваться дрожжами для синтеза дополнительного количества этилового спирта.

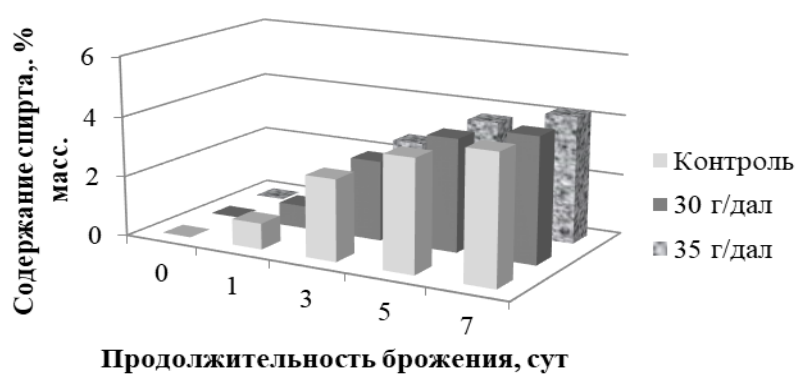
Полученные данные о накоплении этилового спирта во время сбраживания пивного сусла коррелируются с данными о содержании редуцирующих сахаров в сбраживаемой среде (рис. 2). На протяжении всего периода главного брожения содержание редуцирующих сахаров, как в контрольном, так и во всех опытных образцах равномерно снижалось.

Так, к 7-ым суткам главного брожения содержание редуцирующих сахаров в опытных образцах с внесением хмеля сортов Perle и Northern Brewer в количестве 30 и 35 г/дал было меньше в 1,28; 1,32; и 1,58; 1,60 раза соответственно, по сравнению с контрольным образцом.

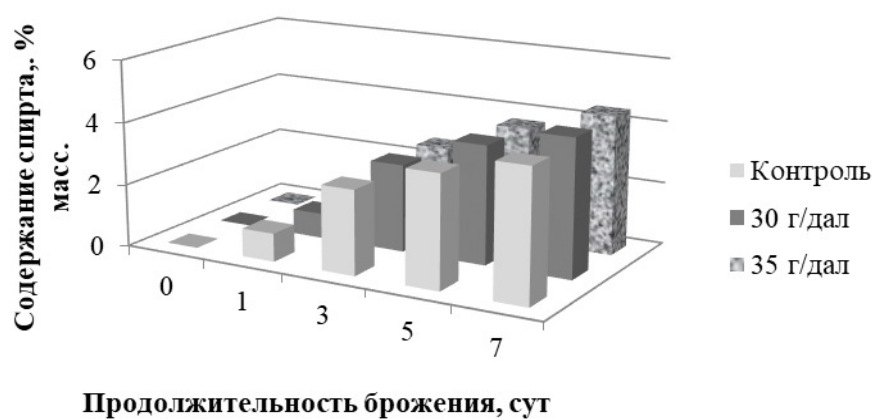
Для сорта Tettnanger наибольшее снижение редуцирующих сахаров пришлось на седьмые сутки, в опытных образцах с внесением хмеля в количестве 30 и 35 г/дал, что больше контрольных показателей в 1,28 и 1,32 раза соответственно.



а)



б)



в)

Рис. 1. Изменение содержания спирта в процессе главного брожения при дробном сухом охмелении: а) Northern Brewer; б) Tettnanger; в) Perle

Fig. 1. Changes in alcohol content during main fermentation with fractional dry hopping: а) Northern Brewer; б) Tettnanger; в) Perle

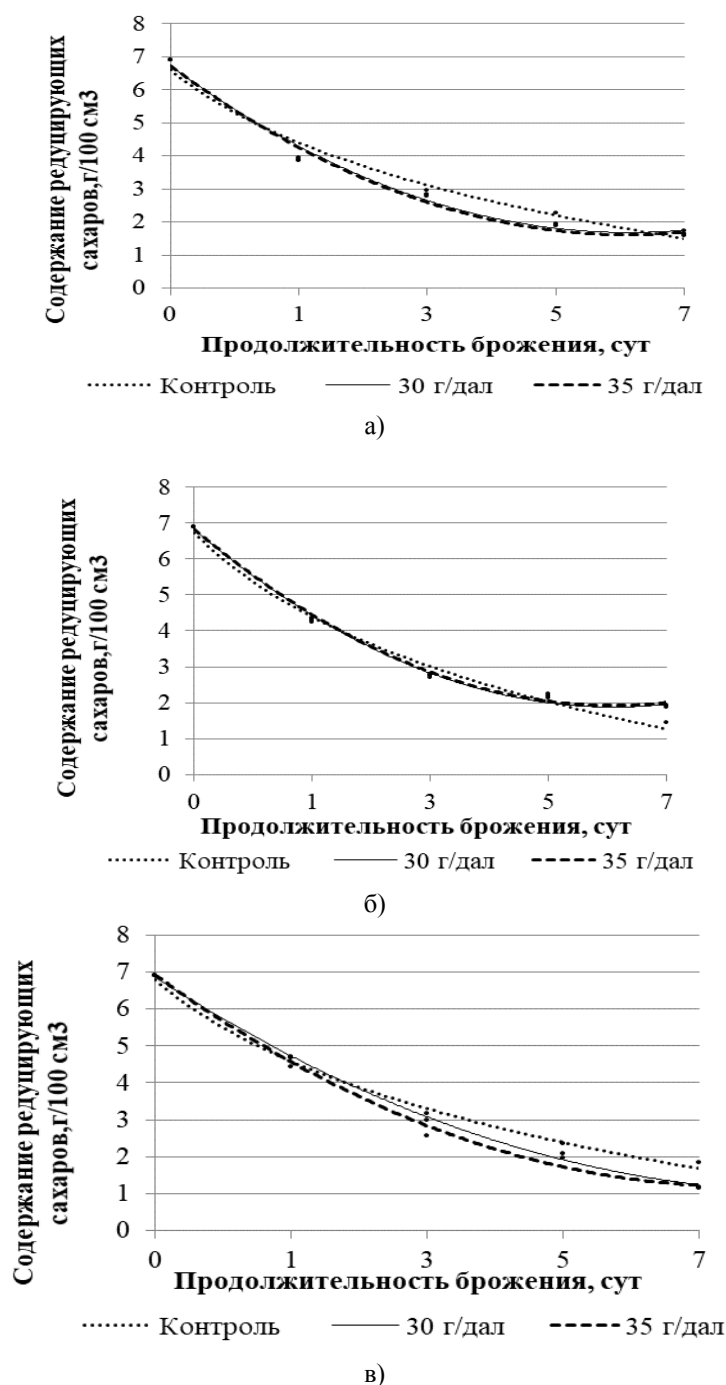


Рис. 2. Изменение содержания редуцирующих сахаров в процессе главного брожения при дробном сухом охмелении: а) Northern Brewer; б) Tettnanger; в) Perle

Fig. 2. Changes in the content of reducing sugars during main fermentation with fractional dry hopping: а) Northern Brewer; б) Tettnanger; в) Perle

Динамика потребления аминного азота в процессе главного брожения, представленная на рис. 3, свидетельствует о том, что для всех опытных образцов молодого пива не зависимо от вносимого сорта хмеля наблюдается незначительное увеличение количества аминного азота,

по сравнению с контролем. Так, к седьмым суткам сбраживания содержание аминного азота в опытных образцах с дозировкой хмеля сорта хмеля Perle 30 и 35 г/дал в 1,08 и 1,11 раза больше, чем в контрольном образце; для сорта хмеля Northern Brewer в 1,07 раза для обоих опытных образцов; для сорта хмеля Tettnanger в 1,05 и 1,06 раза соответственно.

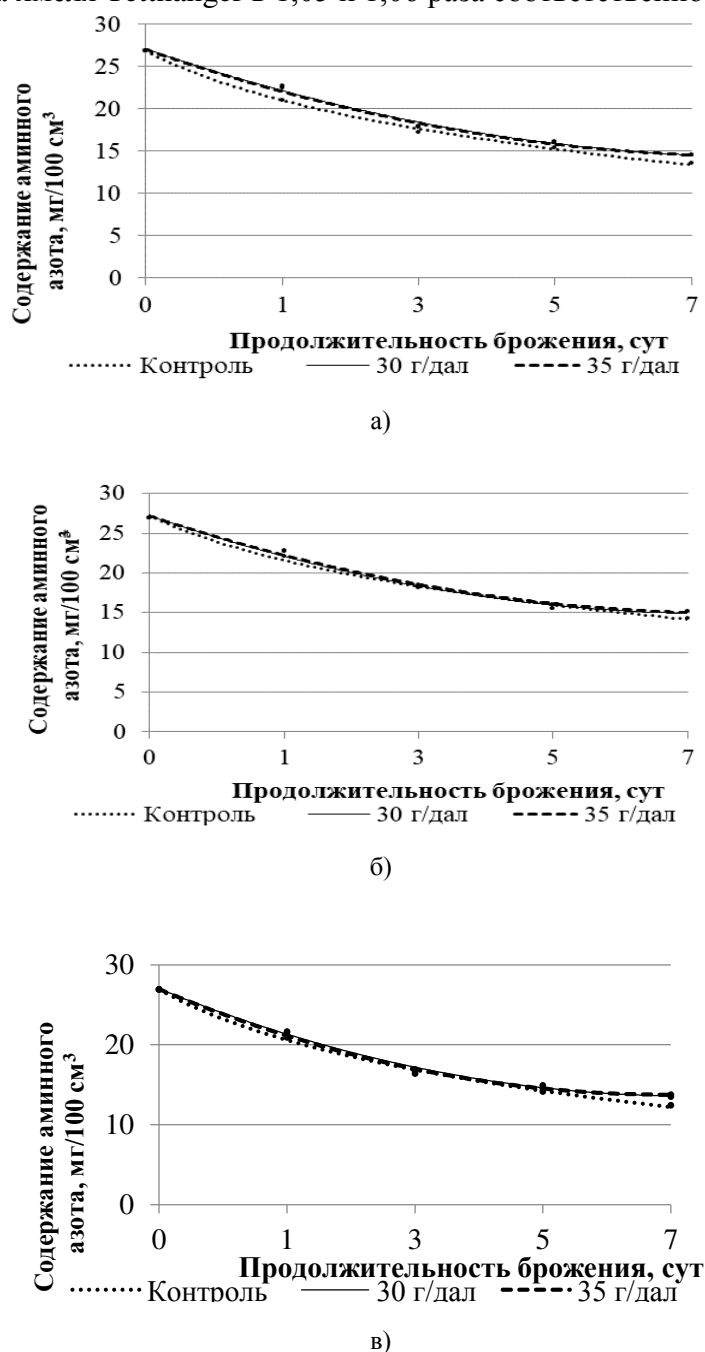


Рис. 3. Изменение содержания аминного азота в процессе главного брожения при дробном сухом охмелении: а) Northern Brewer; б) Tettnanger; в) Perle

Fig. 3. Change in amine nitrogen content during main fermentation with fractional dry hopping: а) Northern Brewer; б) Tettnanger; в) Perle

Следует отметить, что величина титруемой кислотности (рис. 4) во всех опытных образцах была незначительно выше, чем в контрольном образце, и в среднем отличалась на величину

0,1–0,3. В результате чего наблюдалось умеренное возрастание кислотности, которое находилось в пределах нормы, свидетельствующей о правильности и чистоте протекания процесса главного брожения.

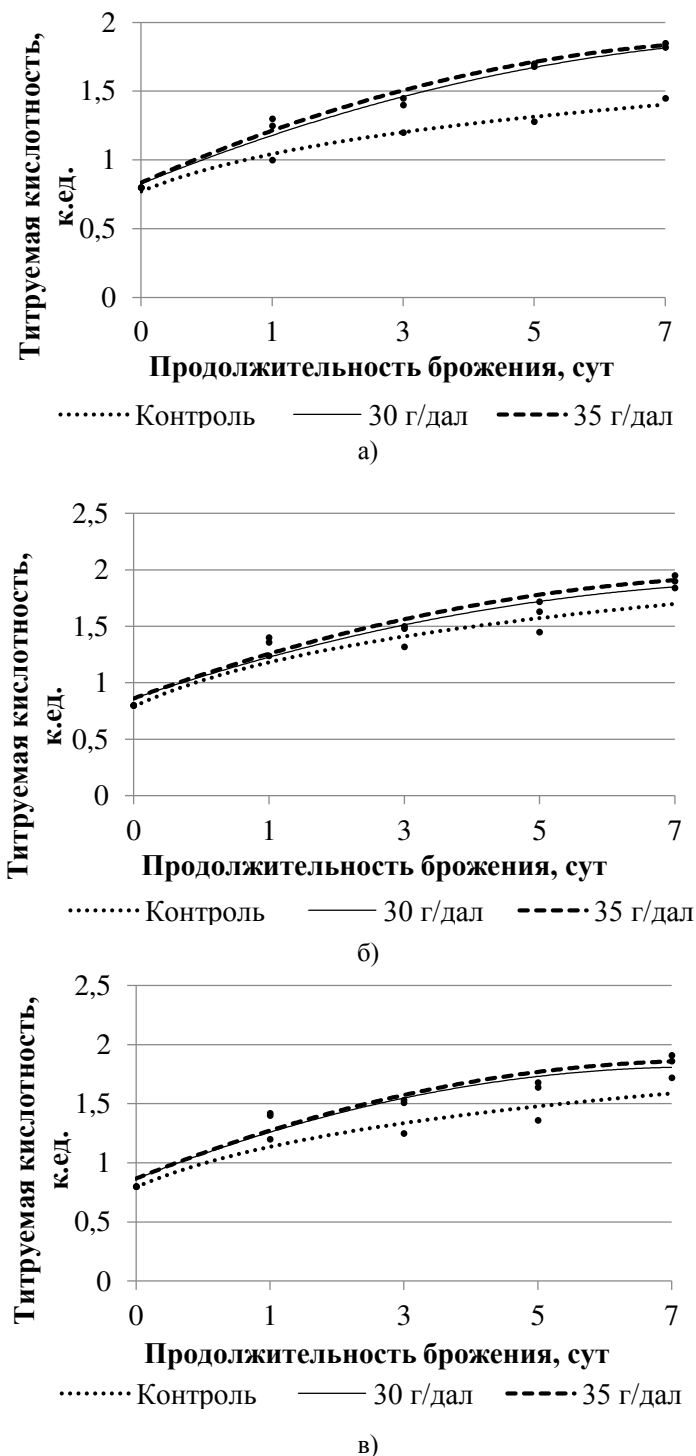


Рис. 4. Изменение содержания титруемой кислотности в процессе главного брожения при дробном сухом охмелении: а) Northern Brewer; б) Tettnanger; в) Perle

Fig. 4. Change in titratable acidity content during main fermentation with fractional dry hopping: а) Northern Brewer; б) Tettnanger; в) Perle

По окончании процесса главного брожения опытные и контрольные образцы молодого пива, в которых основная дрожжевая масса осела на дно бродильной емкости, снимали с осадка, и направляли на дображивание в течение 21 суток при температуре 0–2 °С. В образцах готового нефилтрованного пива определяли качественные показатели. Сводные данные по полученным физико-химическим показателям исследуемых образцов приведены в табл. 1.

Табл. 1. Качественные показатели образцов готового пива

Tab. 1. Quality indicators of finished beer samples

Показатель	Хмель сорта Tettnanger			Хмель сорта Perle			Хмель сорта Northern Brewer		
	контроль	30 г/дал	40 г/дал	контроль	30 г/дал	40 г/дал	контроль	30 г/дал	40 г/дал
Экстрактивность начального сусла, %	11,0 ± 0,01	10,9 ± 0,01	10,8 ± 0,02	10,9 ± 0,02	11,0 ± 0,02	11,0 ± 0,01	11,0 ± 0,02	10,9 ± 0,01	10,9 ± 0,02
Объемная доля этилового спирта, % об.	4,26 ± 0,01	4,20 ± 0,1	4,20 ± 0,01	4,25 ± 0,02	4,44 ± 0,01	4,45 ± 0,01	4,30 ± 0,01	4,50 ± 0,01	4,55 ± 0,02
pH	4,32 ± 0,01	4,24 ± 0,01	4,20 ± 0,01	4,30 ± 0,01	4,22 ± 0,02	4,20 ± 0,01	4,35 ± 0,02	4,18 ± 0,01	4,15 ± 0,01
Горечь, (в единицах горечи BU)	29,48 ± 0,03	33,585 ± 0,01	35,63 ± 0,01	31,79± 0,01	35,48 ± 0,03	38,70 ± 0,02	28,79 ± 0,01	32,34 ± 0,01	33,70 ± 0,01
Содержание изогумулона, г/дм ³	25,55 ± 0,02	29,03 ± 0,01	30,05 ± 0,01	28,85 ± 0,01	33,13 ± 0,02	34,63 ± 0,01	27,57 ± 0,02	31,71 ± 0,01	32,90 ± 0,01

Анализируя данные табл. 1. установлено, что при увеличении количества вносимой хмеля содержание горечи и изогумулона в готовом пиве возрастает, относительно контрольных образцов. Вероятно, такое повышенное содержание изогумулона и горечи связано с тем, что применяли дробное сухое охмеление и часть хмеля вносили на стадии кипячения сусла с хмелем в варочном отделении как при классическом способе охмеления сусла в результате чего часть α -кислот хмеля подверглись изомеризации и переходила в изо- α -кислоты и переходит в раствор пивного сусла. В дальнейшем при сухом охмелении на стадии главного брожения в него переходят труднорастворимые неизомеризированные α -кислоты, полифенольные вещества, что приводит к тому, что при определении единиц горечи у образцов пива с сухим охмелением этот показатель существенно повышается.

Таким образом, анализ данных, полученных в процессе дображивания и созревания молодого пива с введением различных количеств хмеля, показал, что качественные показатели готового пива в опытных образцах находились в пределах нормы и существенно не изменялись по отношению к контрольному образцу. Однако, стоит отметить, что применении приема дробного сухого охмеления на стадии главного брожения приводило к незначительному снижению pH. Увеличение накопления этилового спирта происходит незначительно, так в опытных образцах содержание этилового спирта выше на 0,19–0,21 %.

Следующим этапом при изучении качественных показателей полученных образцов готового пива было проведение их органолептической оценки. Производилась экспертная оценка полученных образцов готового пива методом ранжирования, включающая в себя следующие виды работ: формирование группы экспертов (фокус-группы), подготовка экспертных анкет, опрос экспертов, обработка полученных результатов и их математический анализ.

Созданной фокус-группой было проведено ранжирование образцов готового пива по

органолептическим свойствам, выполнена математическая обработка полученных данных (степень согласованности мнений экспертов, коэффициент конкордации, распределение Пирсона и статистика Фридмана), которая позволила наиболее точно выявить образцы пива с наилучшими качественными показателями и убедиться в достоверности экспертной оценки.

В результате проведения экспертной оценки образцов готового пива, установлено, что данные образцы обладают хорошими потребительскими свойствами, характеризуются приятным гармоничным вкусом, имеют легкий цветочный тон, как во вкусе, так и в аромате. С увеличением дозировки хмеля в представленных на дегустацию образцах интенсивность хмелевой горечи и хмелевого аромата увеличивается.

Органолептические профили вкуса полученных образцов пива в сравнении с контрольными образцами представлены на рис. 5 и 6.

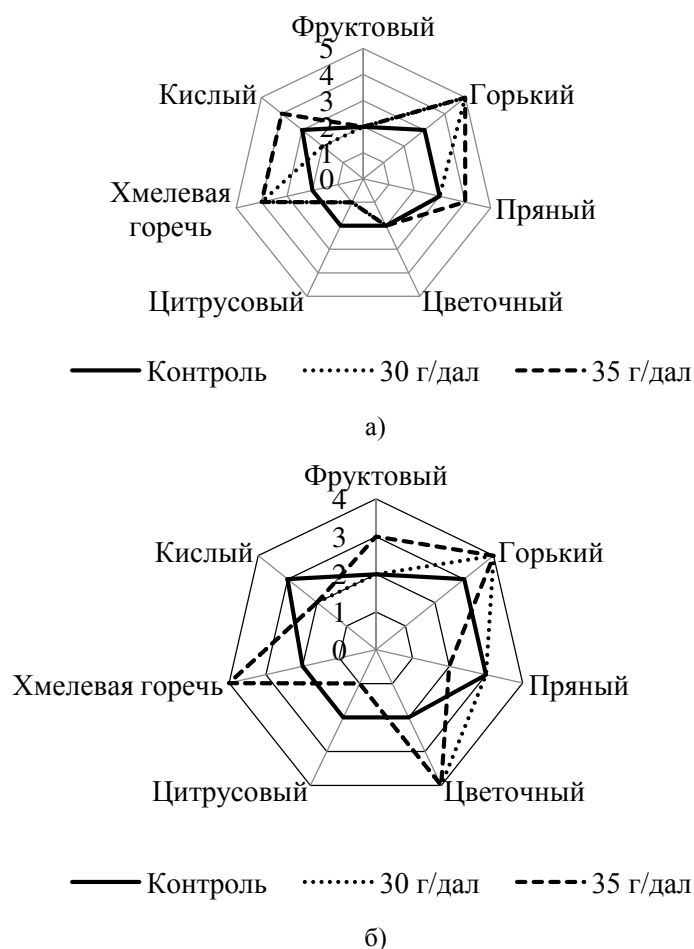


Рис. 5. Органолептический профиль готового пива при дробном сухом охмелении на стадии главного брожения хмелем сорта: а) Northern Brewer; б) Tettnanger

Fig. 5. Organoleptic profile of finished beer with fractional dry hopping at the stage of main fermentation with hop varieties: а) Northern Brewer; б) Tettnanger



Рис. 6. Органолептический профиль готового пива при дробном сухом охмелении на стадии главного брожения хмелем сорта Perle

Fig. 6. Organoleptic profile of finished beer with fractional dry hopping at the stage of main fermentation with hop variety Perle

На основании сравнительного анализа построенных профилограмм органолептических показателей пива, полученного с использованием различных количеств хмеля трех различных сортов установлено, что изученные опытные образцы имеют наиболее полный, чистый и гармонично сложенный вкус, чистый, свежий, тонкий хмелевой аромат. Хмелевая горечь – мягкая, слаженная, соответствующая типу пива.

Опытные образцы пива, полученные методом дробного сухого охмеления по стадии главного брожения, в которые хмель вносили в количестве 35 г/дал независимо от используемого сорта хмеля имели выраженный хмелевой аромат, в котором в отличие от контрольных образцов явно прослеживались фруктовые и цветочные тона. Однако опытные образцы, для охмеления которых применяли хмель сорта Northern Brewer уступали по насыщенности вкуса и хмелевого аромата опытным образцам, полученным с использованием хмеля сортов Perle и Tettnanger, а также имели выраженную кислинку, за счет чего вкус пива был негармоничным.

Вероятно, с увеличением количества вносимого хмеля, а также за счет снижения pH броющей среды, температуры брожения, а также биохимических процессов, происходящих под действием дрожжевой культуры, происходит усиление ароматообразования углеводородами посредством разрыва эфирных соединений гераниола, линалоола, α -терпинеола [9, 10, 14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дробное сухое охмеление на стадии главного брожения позволяет вести процесс сбраживания с той же интенсивностью, что и при классическом охмелении на стадии кипячения сула с хмелем. Установлено, что при дробном сухом охмелении внесение хмеля в количестве 30 и 35 г/дал незначительно повышает титруемую кислотность сбраживаемой среды, однако полученные значения находятся в пределах нормы. Рекомендуется применять способ дробного сухого охмеления на стадии главного брожения с использованием хмеля белорусской селекции в указанных количествах.

Опытные образцы молодого пива имели качественные показатели, не уступающие контрольным образцам. Пиво характеризуется ярко выраженным ароматическим профилем, свойственным применяемому сорту хмеля. При оценке сенсорных профилей молодого пива его образцы, для охмеления которых применяли хмель сорта Northern Brewer, уступали по

насыщенности вкуса и хмелевого аромата опытным образцам, полученным с использованием хмеля сортов Perle и Tettnanger, а также характеризовались присутствием кислого послевкуся.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Kishimoto, T Comparison of the odor-active compounds in unhopped beer and beers hopped with different hop varieties / T. Kishimoto [et al.]. // Journal of agricultural and food chemistry. – 2006. – Т. 54. – № 23. – С. 8855–8861.
- 2 Kishimoto, T Comparison of 4-Mercapto-4-methylpentan-2-one contents in hop cultivars from different growing regions / T. Kishimoto [et al.]. // Journal of agricultural and food chemistry. – 2008. – Т. 56. – № 3. – С. 1051–1057.
- 3 Sonamani Singh, T. Fuzzy Subtractive Clustering for Polymer Data Mining for SAW Sensor Array Based Electronic Nose / T. Sonamani Singh, P. [et al.]. – 2017. – Т. 546. – С. 245–253.
- 3 Рукавицын, П. В. Перспективы применения способа сухого охмеления в пивоварении / П. В. Рукавицын [и др.]. // Материалы II Международной научно-практической конференции «Инновационные решения при производстве продуктов питания из растительного сырья». – Воронеж: Воронежский УИТ, 2016. – С. 105–109.
- 4 Матвеева, Н. А. Выбор сорта хмеля для технологии сухого охмеления / Н. А. Матвеева, А. А. Титов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2014. – № 4. – С. 120–125.
- 5 Краснова, Т. А. Адсорбционное извлечение полифенолов и меланоидинов на углеродных сорбентах как фактор, формирующий качество напитков / Т. А. Краснова [и др.]. // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2018. – № 1(48). – С. 83–88.
- 6 Грибкова, И. Н. Влияние соединений хмеля на формирование органолептических показателей пива при «холодном» способе охмеления / И. Н. Грибкова, О. А. Борисенко // Пиво и напитки. – 2021. – № 1. – С. 30–35.
- 7 Praet, T. Biotransformations of hop-derived aroma compounds by *Saccharomyces cerevisiae* upon fermentation / T. Praet [et al.]. // Cerevisia. – 2012. – Vol. 36. – P. 125–132.
- 8 Cibaka, M. L. K. Dry Hopping with the Dual-Purpose Varieties Amarillo, Citra, Hallertau Blanc, Mosaic, and Sorachi Ace: Minor Contribution of Hop Terpenol Glucosides to Beer Flavors / M. L. K. Cibaka [et al.]. // Journal of the American Society of Brewing Chemists. – 2017. – Vol. 75 (2). – P. 122–129.
- 9 Sharp, D. C. The effect of hopping regime, cultivar and β -glucosidase activity on monoterpene alcohol concentrations in wort and beer / D.C. Sharp [et al.]. // Journal of the Institute of Brewing. – 2017. – Vol. 123 (2). – P. 185–191.
- 10 Назарова, Ю.С. Сухое охмеление пива верхового брожения // Ю.С. Назарова // Тезисы Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в обеспечении качества и безопасности химических и пищевых продуктов». – Ташкент: Ташкентский ХТИ, 2021. – С. 168.
- 11 Zanolì, P. Pharmacognostic and pharmacological profile of *Humulus lupulus* L / P. Zanolì [et al.]. // Journal of ethnopharmacology. – 2008. – Т. 116. – № 3. – С. 383–396.
- 12 Ермолаева, Г. А. Справочник работника лаборатории пивоваренного предприятия / Г. А. Ермолаева. // М.: Профессия. – 2004. – С. 536.
- 13 Гернет, М. В. Влияние соединений хмеля и хмелепродуктов на сенсорный профиль готового пива / М. В. Гернет, И. Н. Грибкова // XXI век: итоги прошлого, проблемы настоящего плюс. – 2020. – № 1(45). – С. 93–99.
- 14 Lafontaine, S Impact of harvest maturity on the aroma characteristics and chemistry of Cascade hops used for dry-hopping / S. Lafontaine [et al.]. // Food chemistry. – 2019. – Т. 278. – С. 228–239.

Поступила в редакцию 24.09.2023 г.

ОБ АВТОРАХ:

Назарова Юлия Станиславовна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии пищевых производств, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: juliya.nazarova2015@yandex.ru.

Шелегова Наталья Анатольевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры административной деятельности Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь, e-mail: shelegova.natasha@yandex.ru.

ABOUT AUTHORS:

Yulia S. Nazarova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Production Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: juliya.nazarova2015@yandex.ru.

Natalya A. Shelegova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Administrative Activities, Mogilev Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Belarus, e-mail: shelegova.natasha@yandex.ru.

УДК 664.64, 664.66.03

ПОВЫШЕНИЕ СОХРАНЯЕМОСТИ ЗАВАРНОГО ХЛЕБА ЗА СЧЕТ СТАБИЛИЗАЦИИ ЕГО СВОЙСТВ ТЕРМООБРАТИМЫМ ПЕКТИНОМ

Т. Д. Самуйленко, Т. А. Гуринова, Е. В. Гущенко, М. А. Литвинчук

Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Актуальным для хлебопекарной промышленности Республики Беларусь является расширение ассортимента изделий с длительными сроками хранения, в частности, заварного хлеба, что обусловило цель исследования. Научная задача – обоснование использования термообратимого пектина для стабилизации потребительских свойств заварного хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки, получаемого из замороженного недопеченного полуфабриката.

Материалы и методы. В рецептурном составе теста использовали пектин NH термообратимый. Экспериментальные исследования – в условиях лаборатории кафедры технологии хлебопродуктов Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий и производства ОАО «Витебскхлебпром».

Результаты. Получены уравнения регрессии, адекватно описывающие влияние пектина на показатели пористости и содержание связанной влаги в хлебе, что позволяет прогнозировать свежесть хлеба через 48 и 72 ч хранения. При этом по органолептическим и физико-химическим показателям хлеб соответствует требованиям ТНПА. Оптимальное содержание пектина в рецептуре теста – 0,06 %.

Выводы. Рекомендовано для пролонгирования сроков хранения (до 96 ч) заварного хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки, получаемого, в том числе, из замороженного недопеченного полуфабриката, применение термообратимого пектина NH.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *заварной хлеб; замороженные недопеченные полуфабрикаты; сохраняемость; пектин; потребительские свойства.*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Самуйленко, Т. Д. Повышение сохраняемости заварного хлеба за счет стабилизации его свойств термообратимым пектином / Т. Д. Самуйленко [и др.] // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2023. – № 2(35). – С. 87–96.

INCREASE IN KEEPING QUALITY OF SCALDED BREAD DUE TO STABILIZATION OF ITS PROPERTIES WITH THERMO REVERSIBLE PECTIN

T. Samuylenko, T. Gurinova, E. Guschenko, M. Litvinchuk

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

ABSTRACT

Introduction. The expansion of the range of products with long shelf life, scalded bread in particular, is relevant for baking industry of the Republic of Belarus, thus determining the purpose of the study. The scientific task of the study is to substantiate the use of thermo reversible pectin for stabilizing consumer properties of scalded bread made from a mixture of rye and wheat flour and produced from frozen half-baked semi-finished product.

Materials and methods. Thermo reversible pectin NH was used in a baking formula. Experimental studies were carried out in the laboratory of the Department of Grain Products Technology of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies and at ОАО «Vitebskhhlebprom».

Results. Regression equations adequately describing the effect of pectin on porosity and bound moisture content in bread were obtained, thus allowing us to ensure bread freshness after 48 and 72 h of storage. Moreover, in terms of organoleptic and physico-chemical parameters bread meets the requirements of TNPA.

Optimal content of pectin in a baking formula amounts to 0,06 %.

Conclusions. It is recommended to use thermo reversible pectin NH for prolonging shelf life (up to 96 hours) of unpackaged scalded bread made from a mixture of rye and wheat flour as well as from frozen half-baked semi-finished products.

KEY WORDS: *scalded bread; frozen half-baked semi-finished products; keeping quality; pectin; consumer properties.*

FOR CITATION: Samuylenko, T. Increase in keeping quality of scalded bread due to stabilization of its properties with thermo reversible pectin / T. Samuylenko [et al.] // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2023. – No. 2(35). – P. 87–96 (in Russian).

ВВЕДЕНИЕ

Рынок хлебобулочных изделий Республики Беларусь обеспечен широким ассортиментом, вариации которого обусловлены спектром используемых сырьевых компонентов, технологических приемов и персонализацией готового продукта.

Несмотря на тенденцию последних лет, связанную со снижением объемов производства хлебобулочных изделий в целом, востребованными остаются хлебобулочные изделия из ржаной муки и смеси ржаной и пшеничной муки, в частности заварной хлеб. Заварной хлеб обладает неповторимым вкусом и ароматом, имеет длительные сроки хранения до 96 ч в упакованном виде и пользуется популярностью не только в республике, но и за ее пределами. Это подтверждается увеличением ежегодного экспорта в Российскую Федерацию, Узбекистан, Азербайджан и другие страны. Пищевая ценность заварного хлеба достаточно высокая, в его рецептурный состав входит широкий перечень основных, дополнительных, нетрадиционных сырьевых компонентов, которые, с одной стороны, являются физиологически важными и могут улучшать пищевую ценность, а с другой стороны, могут вноситься для расширения существующего ассортимента. Научкой о питании доказано, что заварной хлеб является источником основных макро- и микронутриентов (незаменимых аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот, минеральных веществ, пищевых волокон, витаминов). В заварном хлебе на 30 % больше калия и на 50 % – магния, чем в пшеничном хлебе, больше витаминов В₁, В₂, В₃, РР и др. биологически активных веществ [1, 2]. Заварной хлеб составляет основу ежедневного рациона питания населения многих стран. В Республике Беларусь заварной хлеб пользуется наиболее высоким спросом среди ассортимента хлеба из ржаной муки и смеси ржаной и пшеничной муки и может быть отнесен к национальным сортам хлеба. Доля его в общем объеме производимых хлебобулочных изделий доходит до 45,2 %, а в объеме производства ассортимента хлеба из ржаной муки и смеси ржаной и пшеничной муки – до 100,0 % в зависимости от хлебопекарного предприятия. Кроме того, заварной хлеб можно отнести и к социально значимым продовольственным товарам, что обусловлено традициями и привычками населения страны, доступностью для всех групп населения, широким разнообразным ассортиментом.

Белорусские хлебопеки бережно сохраняют традиционные технологии заварного хлеба с использованием жидких ржаных заварок, в частности с использованием сброженной заварки, полученной на основе осахаренной и термофильной заквашенной заварки. Эта технология является непрерывной многостадийной и включает следующие основные этапы: заваривание рецептурной смеси, осахаривание полученной жидкой ржаной заварки, заквашивание осахаренной заварки термофильными молочнокислыми бактериями, охлаждение термофильной заквашенной заварки и сбраживание термофильной заквашенной заварки мезофильными молочнокислыми бактериями и дрожжевыми клетками [3]. Каждый представленный этап протекает при определенных технологических параметрах для создания требуемых технологических свойств полуфабриката, обеспечивающих потребительские

свойства готовой продукции. Поэтому сохранение традиционной технологии заварного хлеба является одной из важных задач хлебопекарной отрасли в целом, и идентичности национального пищевого продукта в частности.

В то же время анализ рынка хлебобулочных изделий показал необходимость в производстве изделий с длительными сроками хранения, что требует конкретизации к потребительским свойствами и показателям качества готовой продукции этой направленности, технологическим аспектам ее производства, ассортименту и показателям качества используемых сырьевых компонентов. Увеличение сроков хранения хлебобулочных изделий можно обеспечить оптимизацией рецептурного состава, использованием пролонгированных технологий получения теста, применением средств, повышающих микробиологическую устойчивость, применением специальных условий при упаковке, в том числе и замораживанием недопеченных полуфабрикатов [4–9]. Согласно литературным данным, среди рецептурных сырьевых компонентов, обеспечивающих пролонгированные сроки хранения, преимущественно выделяют: белоксодержащие компоненты (сухая клейковина, молочные продукты, соевые продукты и др.); жиросодержащие компоненты растительного и животного происхождения, сахаросодержащие компоненты [10, 11].

Хлебопекарные предприятия Республики Беларусь активно внедряют в своем производстве технологии замораживания готового заварного хлеба и хлеба, полученного из замороженных недопеченных полуфабрикатов. Недопеченные полуфабрикаты – это заготовки тесто-хлеб, которые имеют от 80 до 90 % степени прогрева от общей продолжительности выпечки. Заварной хлеб после хранения в замороженном виде, размораживания, выпечки должен по органолептическим, физико-химическим показателям соответствовать требованиям существующих технических нормативных правовых актов. Однако, повторное допекание приводит к ускорению процесса черствения более чем в 2 раза, снижению способности мякиша коллоидно связывать воду [12–19]. Снижение сохраняемости наблюдается и при использовании в технологии заварного хлеба сухих мучных полуфабрикатов.

Как известно, вода является важным компонентом теста, определяющим качество готового хлеба. Коллоидная природа выпекаемых заготовок обуславливает наличие в ней нескольких форм связи влаги. П. А. Ребиндер предложил классификацию связи влаги материалами, разделив ее на три энергетических уровня: химически связанная влага, физико-химическая связанная влага, а при условии удаления влаги путем отжима – физико-механическая связь. По мере хранения хлеба гидрофильные свойства мякиша уменьшаются, что приводит к изменению форм связывания воды. Уменьшается при этом и общее количество водорастворимых веществ, и растворимость в воде крахмала мякиша. Особенности технологии получения заварного хлеба из замороженных недопеченных полуфабрикатов приводят к более быстрым потерям гидрофильных свойств мякиша и к более быстрому черствению [20–21].

Среди компонентов, обладающих влагоудерживающей способностью, вызывает интерес чистый пектин и пектинсодержащее сырье, в частности продукты переработки плодов и овощей. Пектин относится к полисахаридам межклеточных образований и клеточных стенок, содержащимся в овощах, плодах, клубне- и корнеплодах, цитрусовых и яблочных выжимках, свекловичном жоме и других вторичных продуктах пищевой промышленности. Получаемые из растительного сырья пектины давно используются в пищевой промышленности в качестве пищевой добавки с технологическими функциями гелеобразователя и загустителя (Е440). Студнеобразование пектина зависит от степени этерификации, молекулярной массы, концентрации сахара в растворе, pH среды, температуры. Наиболее прочные гели образуются в присутствии кислот и сахарозы, которая в процессе студнеобразования выполняет роль дегидратирующего компонента. Пектин также обладает пенообразующими и эмульгирующими свойствами, являясь поверхностно-активным веществом. Одним из

характерных свойств водных растворов пектиновых веществ является повышенная вязкость эмульсий, которая возрастает с присутствием в системе жирового продукта. Имеется ряд исследований по использованию пектина и пектинсодержащего сырья в технологии хлеба. Установлено его влияние на процессы брожения теста, на укрепление клейковины, на объем, пористость и сохранение свежести готового пшеничного изделия. Хорошие результаты показало применение пектина при замораживании опары, теста, пшеничных тестовых заготовок [22–25]. В то же время, исследований в области использования пектина и пектинсодержащего сырья в составе полуфабрикатов технологии замораживания заварного хлеба в литературных источниках не представлено.

Учитывая свойства такого сырья и положительный опыт его использования в технологии пшеничного хлеба, предполагается, что применение пектина и пектинсодержащего сырья в рецептурном составе замороженного недопеченного полуфабриката позволит продлить сроки свежести заварного хлеба на его основе. Стоит отметить, что в состав заварного хлеба часто входит сахар или сахаросодержащие продукты (сиропы сахарные ароматизированные, сиропы инвертные, патока крахмальная или мальтозная, мед сахарный янтарный), растительные масла, сухая пшеничная клейковина, сыворотка молочная сухая и др. Кислотность теста для заварного хлеба находится в пределах от 8,0 до 9,0 град, что является хорошими условиями для студнеобразования пектина.

Объект исследований – заварной хлеб, полученный при вторичной выпечке из замороженного недопеченного заварного полуфабриката.

Предмет исследования – качественные характеристики, определяющие степень свежести (пористость, количество связанной воды) заварного хлеба, полученного с использованием замороженного недопеченного заварного полуфабриката, в состав которого входит пектин.

Цель исследования – повышение срока хранения заварного хлеба на основе замороженного недопеченного заварного полуфабриката.

Научная задача – обоснование использования термообратимого пектина для стабилизации потребительских свойств заварного хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки, получаемого из замороженного недопеченного полуфабриката после повторной выпечки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в лабораториях кафедры технологии хлебопродуктов учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» и на производственной площадке ОАО «Витебскхлебпром».

Контрольный образец хлеба изготавливался по стандартной рецептуре хлеба «Заварной». В состав рецептуры входит мука ржаная сеяная, мука пшеничная первого сорта, солод ржаной сухой неферментированный, дрожжи прессованные, концентрат квасного сусла, сироп инвертный, соль йодированная, тмин.

В качестве дополнительного компонента использовали пектина NH. Это термообратимый пектин, который при нагревании растворяется, сообщая массе жидкую консистенцию, а при охлаждении застывает, то есть массу с ним можно повторно нагреть. Пектин NH отличается составом от традиционного пектина тем, что в его состав дополнительно добавлены смеси из буферных солей, которые передают ему другие реологические свойства (термообратимость). Также пектина NH проявляется свои свойства с минимальным количеством сухих веществ (от 20,0 %), минимальными температурами активации 80–85 °С и в практически обессахаренных смесях.

В качестве опытных образцов были использованы следующие:

- Образец 1 – внесение пектина NH в количестве 0,01 %;
- Образец 2 – внесение пектина NH в количестве 0,03 %;
- Образец 3 – внесение пектина NH в количестве 0,06 %.

Тесто на сброженной заварке замешивали в тестомесильной машине порционного действия с последующим брожением. Влажность теста составила 48–50 %, конечная кислотность теста – 8,0 град. После брожения тестовые заготовки помещали в формы и направляли в расстойный шкаф для расстойки при температуре 38 °С и относительной влажности воздуха 85 %. Продолжительность расстойки составила 55–60 мин. Выпечку производили в тоннельной печи с распределением температур на три зоны: I – 205 °С, II – 225 °С, III – 210 °С в течение 33 мин. Охлаждение до температуры в мякише 35 °С производили в условиях цеха. После чего полуфабрикат подвергли шоковому замораживанию до температуры в мякише минус 15 °С и хранили в течение трёх суток при температуре минус 20 °С. После хранения в замороженном виде образцы размораживали в дефростаторе при температуре 38 °С и относительной влажности воздуха 65 % до температуры в мякише хлеба плюс 7 °С. Допекание проводили в ротационной печи. После процесса допекания изделия хранились в неупакованном и упакованном виде. Для оценки качества заварного ржано-пшеничного хлеба использовали общепринятые методы определения органолептических и физико-химических показателей. Пористость хлебобулочных изделий определяли по ГОСТ 5669–96. Вычисления проводили с точностью до 1 %. Определение содержания связанной влаги в хлебобулочных изделиях проводилось по методу В. Бушук и В. Меротра [26–28].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Пористость является физико-химическим показателем качества хлебобулочных изделий и выражает отношение объема пор к общему объему мякиша в процентах. Для хлеба из смеси ржаной хлебопекарной и пшеничной муки в соответствии с СТБ 639–95 этот показатель должен быть не менее 46 %. Пористость формируется за счет выделения газов (в основном CO₂) в результате молочнокислого и спиртового брожения, которое происходит при созревании теста под влиянием молочнокислых бактерий и дрожжевых клеток. Хороший хлеб имеет структуру застывшей пены. Хлеб с равномерной мелкой тонкостенной пористостью, хорошо разрыхленный лучше пропитывается пищеварительными солями и поэтому хорошо усваивается [29].

Результаты анализа пористости неупакованных и упакованных образцов представлены на рис. 1 и рис. 2.

Анализируя результаты исследования показателя пористости неупакованных и упакованных образцов с различным содержанием пектина, можно отметить, что в ходе хранения пористость планомерно уменьшалась. В неупакованных образцах она уменьшалась более интенсивно, чем в упакованных. Также стоит заметить, что показатель пористости с течением времени в контрольном образце (без внесения пектина) как в неупакованном, так и в упакованном виде уменьшался более интенсивно по сравнению с другими образцами.

Для неупакованных изделий без пектина показатель пористости не соответствует ТНПА уже через 48 ч. Все исследуемые образцы с внесением пектина по показателю пористости соответствуют ТНПА в течение 48 ч и образцы с пектином в количестве 0,03 и 0,06 % в течение 72 ч.

Упакованные изделия в соответствии с ТНПА после размораживания должны сохранять свежесть в течение 96 ч, однако у изделий после допекания без пектина (контроль) уже через 72 ч показатель пористость ухудшается.

Результаты анализа количества связанной влаги неупакованных и упакованных образцов представлены на рис. 3 и рис. 4.

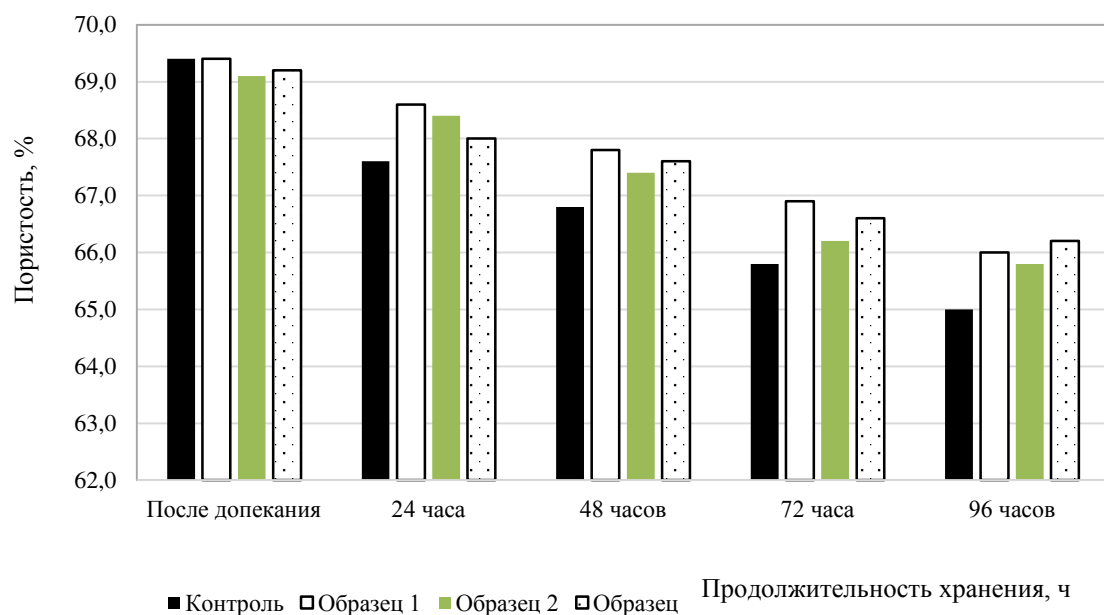


Рис. 1. Изменение показателя пористости (%) неупакованных образцов в процессе хранения

Fig. 1. Changes in porosity index (%) of unpacked samples during storage

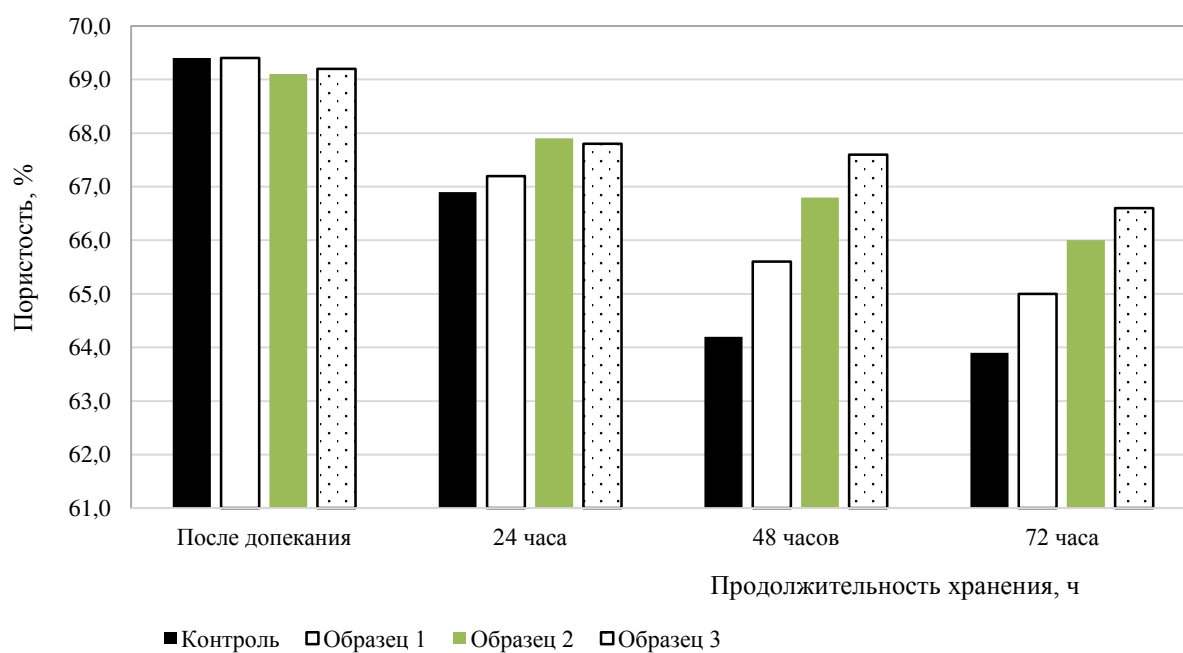


Рис. 2. Изменение показателя пористости (%) упакованных образцов в процессе хранения

Fig. 2. Changes in porosity index (%) of packed samples during storage

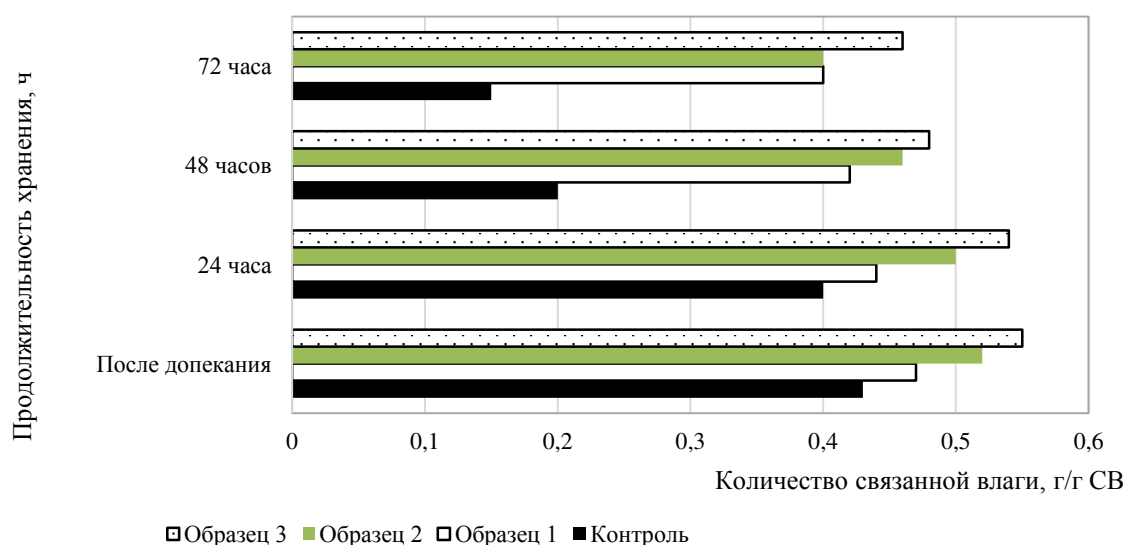


Рис. 3. Изменение количества связанной воды (г/г сухих веществ) в процессе хранения в неупакованных образцах

Fig. 3. Changes in the amount of bound water (g/g of dry matters) during storage in unpacked samples

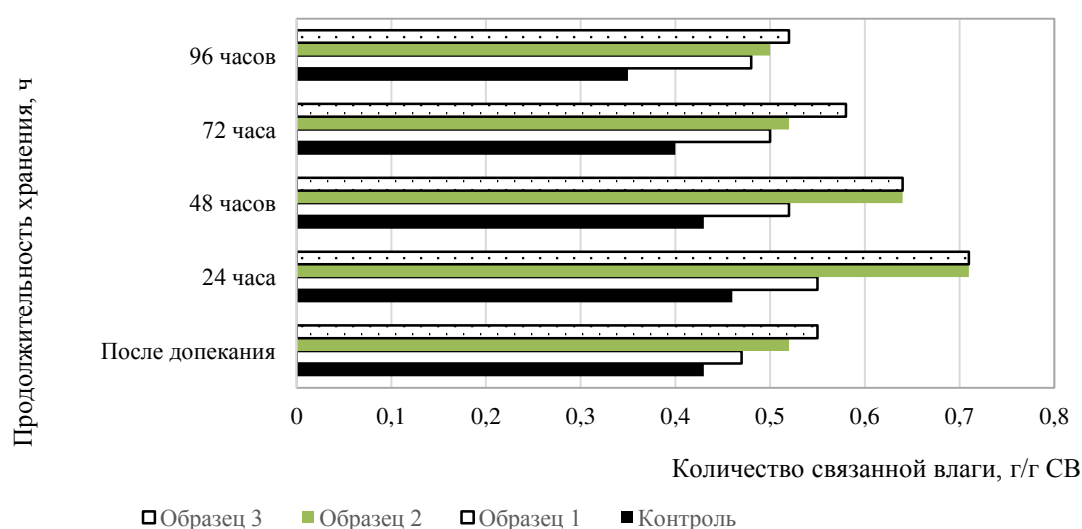


Рис. 4. Изменение количества связанной воды (г/г сухих веществ) в процессе хранения в упакованных образцах

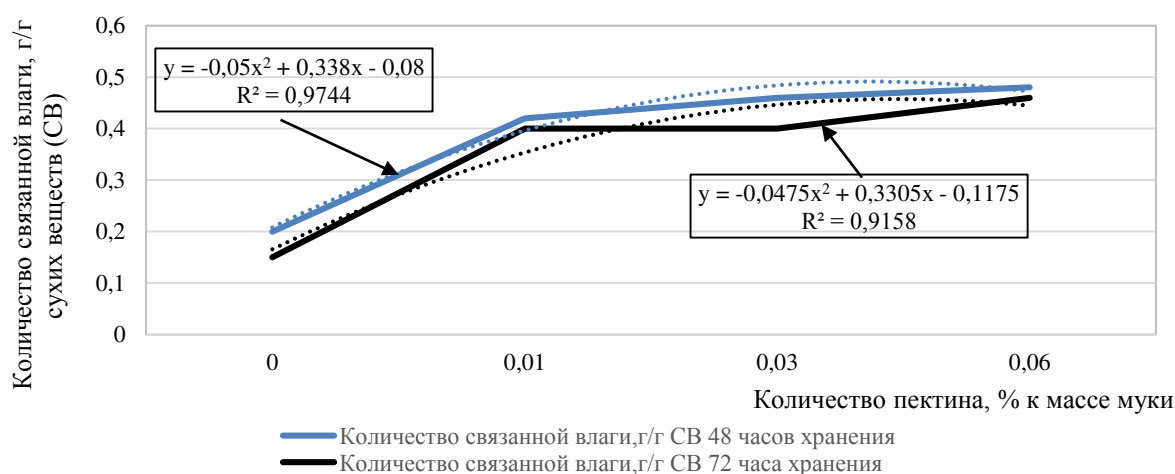
Fig. 4. Changes in the amount of bound water (g/g of dry matters) during storage in unpacked samples

Степень свежести хлеба характеризуется изменением гидрофильных свойств коллоидов мякиша при хранении. При хранении хлеба снижается способность мякиша к набуханию и поглощению воды, уменьшается вязкость суспензии мякиша, а также способность мякиша связывать воду.

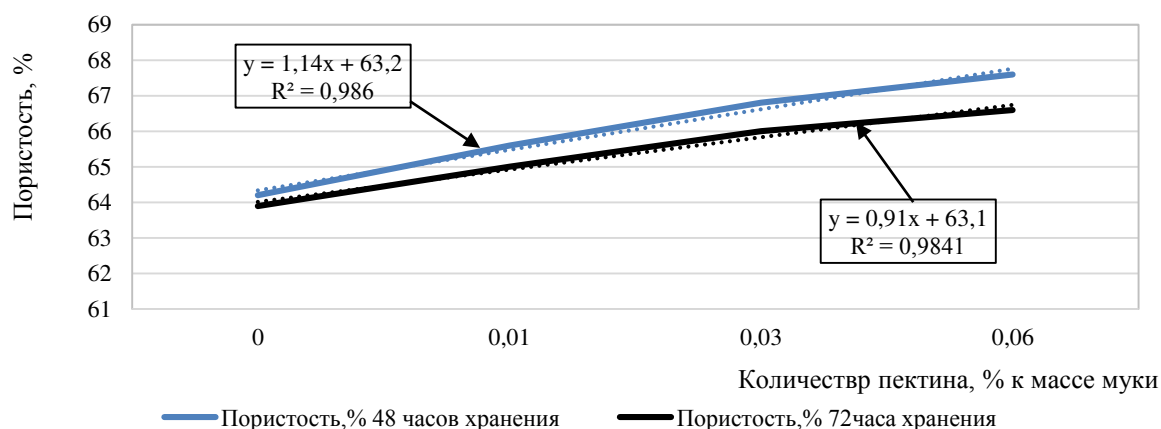
Установленная динамика изменения количества связанной воды подтверждает влияние пектина на процесс черствения заварного ржано-пшеничного хлеба. В процессе всего периода хранения неупакованных изделий величина данного показателя снижается. Однако

количество связанной воды в опытных образцах (с пектином) несколько выше, чем в контрольном (без пектина) и снижение происходит более плавно. Такая тенденция сохраняется в течение всего исследуемого периода. После 48 ч хранения в образцах с добавлением пектина связанной влаги на 50 % больше, чем в контрольном образце, а через 72 ч хранения – на 60–67 % больше, чем в контрольном образце.

Для упакованных изделий в первые 24 ч наблюдается увеличение связанной воды в исследуемых образцах вероятнее всего за счет конденсации влаги из окружающей среды на поверхности изделий. В контрольном образце содержание связанной воды 0,46 г/г сухих веществ, а в образцах с содержанием пектина 0,55–0,71 г/г сухих веществ. После 96 ч хранения контрольный образец теряет 24 % связанной воды и этот показатель равен 0,35 г/г сухих веществ, что на 27–30 % меньше, чем показатель связанной воды у образцов с пектином (0,48–0,5 г/г сухих веществ). Наилучшими показателями, характеризующими свежесть продукта, обладал образец с внесением в рецептуру 0,06 % пектина. Проанализированы зависимости влияния количества пектина на показатели свежести заварного неупакованного ржано-пшеничного хлеба (рис. 5).



а)



б)

Рис. 5. Влияние количества пектина на показатели свежести заварного неупакованного ржано-пшеничного хлеба: а) изменение количества связанной воды (г/г СВ); б) изменение показателя пористости (%)

Fig. 5. Effect of the amount of pectin on the freshness of scalded unpacked rye-wheat bread: а) changes in the amount of bound water (g/g of dry matters); б) changes in the porosity index (%)

Экспериментальные исследования проведены с пятикратной повторностью опытов, ошибка опыта составила 5,0 %. На графиках представлены средние значения. Обработка экспериментальных результатов проведена с использованием программного обеспечения Statgraphics Plus 5.0 Manugistics company. В результате обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии, адекватно описывающие зависимости внесения пектина в рецептуру заварного ржано-пшеничного хлеба, полученного из замороженного недопеченного полуфабриката, на показатели пористости и содержания связанной влаги, которые позволяют прогнозировать свежесть хлеба через 48 и 72 ч хранения. Наилучшие результаты получены с использованием пектина NH в дозировке 0,06 %, которая позволяет не только увеличить количество связанной влаги, но и одновременно обеспечить высокий показатель пористости заварного хлеба.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе анализа применения технологии замораживания в производстве заварного ржано-пшеничного хлеба выявлено, что изделия, полученные из замороженного недопеченного полуфабриката, проявляют признаки увеличения скорости черствения.

В результате исследований установлено, что внесение в состав рецептуры заварного ржано-пшеничного хлеба пектина NH в количестве 0,06 % позволяет увеличить количество связанной влаги, сохранить высокую пористость заварного хлеба и продлить сроки его свежести после допекания до 96 ч даже в неупакованном виде и получить изделия, которые по органолептическим и физико-химическим показателям соответствует ТНПА.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ауэрман, Л. Я. Технология хлебопекарного производства: учебник для студентов вузов / Л. Я. Ауэрман. – 9-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Профессия, 2005. – 415 с.
- 2 Косован, А. П. Сборник современных технологий хлебобулочных изделий / А. П. Косован // М.: ГНУ ГОСНИИ хлебопекарной промышленности. – 2008. – 268 с.
- 3 Кузнецова Л. И. Производство заварных сортов хлеба с использованием ржаной муки: монография / Л. И. Кузнецова [и др.] – СПб.: ГосНИИХП, 2003. – 298 с.
- 4 Алехина, Н. Н. Замороженные полуфабрикаты – перспективный сегмент рынка хлебобулочных изделий / Н. Н. Алехина [и др.] // Материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. «Технологии и продукты здорового питания». – Саратов: Саратовский ГАУ, 2015. – С. 7–9.
- 5 Богатырева, Т. Г. Технологии пищевых продуктов с длительными сроками хранения / Т. Г. Богатырева, Н. В. Лабутина. // М.: Профессия. – 2013. – С. 175.
- 6 Герасимова, Э. О. Криогенные технологии в хлебопечении / Э. О. Герасимова, Н. В. Лабутина // Известия вузов. Пищевая технология. – 2019. – №1 (367). – С. 6–9.
- 7 Никитина, Н. В. Российский рынок замороженных хлебобулочных и кондитерских изделий / Н. В. Никитина, Н. С. Афанасьева // Science of Europe. – 2018. – № 27. – С. 3–6.
- 8 Краус, С. Глубокая заморозка – перспективная технология в хлебопечении / С. Краус, Л. Акжигитов, Е. Люнина // Хлебопродукты. – 2005. – № 7. – С. 38–39.
- 9 Рогов, И. А. Консервирование пищевых продуктов холодом (теплофизические основы) / И. А. Рогов [и др.] – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 2002. – 184 с.
- 10 Колесникова, Н. В. Научные принципы конструирования комбинированных продуктов питания / Н. В. Колесникова [и др.] – Улан-Удэ: Изд-во Восточно-Сибирский гос. технол. ун-тет, 2005. – 44 с.
- 11 Бакулина, О. Н. Продукты гидролиза крахмала как пищевые добавки / О. Н. Бакулина // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки, 2003. – № 2. – С. 51–52.
- 12 Гуринова, Т. А. Формирование качества недопеченных замороженных ржано-пшеничных хлебобулочных изделий / Т. А. Гуринова, Е. В. Гущенко, Д. Н. Шувькина // Сборник материалов VIII Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство». – Воронеж. гос. ун-т инж. технол., ВГУИТ, 2023. – 388 с.
- 13 Усень, Ю. С. Технология изготовления замороженных хлебобулочных изделий и полуфабрикатов / Ю. С. Усень, К. И. Жакова // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2012. – № 2(16). – С. 46–50.
- 14 Кветный, Ф. М. О замораживании хлебобулочных изделий / Ф. М. Кветный, М. Ю. Юрко, В. И. Заикина // Хлебопечение России. – 2006. – № 1. – С. 22–23.

- 15 Bárcenas, M. E. Effect of frozen storage time on the bread crumb and aging of par-baked bread M. E. Bárcenas, C. M. Rosell. // Food Chem. – 2006. – 95. – P. 438–445.
- 16 Bárcenas, M. E. Different approaches for increasing the shelf life of partially baked bread: low temperatures and hydrocolloid addition / M. E. Bárcenas, C. M. Rosell. // Food Chem. – 2007. – 100. – P. 1594–1601.
- 17 Ben Aissa. Stresses and Cracking in Freezing Part-Baked Bread: a Numerical Model/ Ben Aissa, M. Fadhil, Q. Tuan Pham, J.Y. Monteau, A. le Bail. // International Society for Horticultural Science (ISHS). – Leuven, Belgium. – 2008. – P. 133–140.
- 18 Hamdami, N. Two-stage freezing of part baked breads: application and optimization / N. Hamdami, Q. T. Pham, A. Le-Bail, J.-Y. Monteau // J. Food Eng. – 2007. – № 82(4). – P. 418–426.
- 19 Mohsen, D. I. Review on identification, underlying mechanisms and evaluation of freezing damage / Dalvi-Isfahan, Mohsen; Jha, Piyush Kumar; Tavakoli, Javad; et al. // Journal of food engineering. – August, 2019. – P. 50–60.
- 20 Вода в пищевых продуктах. / Под редакцией Р. Б. Дакуорта. – Перевод с англ. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 376 с.
- 21 Кенийз, Н. В. Технология замороженных полуфабрикатов с применением криопротекторов / Н. В. Кенийз, Н. В. Сокол. – Саарбрюккен: Palar u AcademicPublishing, 2014. – 129 с. EDN: SNPRNX.
- 22 Богданов, В. Д. Криопротекторы в холодильных технологиях продуктов питания / В. Д. Богданов, А. В. Панкина // Труды ВНИРО – Т. 191. – 2023. – С. 142–155.
- 23 Донченко, Л. В. Пектин: основные свойства, производство и применение / Л. В. Донченко, Г. Г. Фирсов. – М.: ДеЛипринт, 2007. – 276 с.
- 24 Кочеткова, А. А. Пектин. О многих гранях одного ингредиента / А. А. Кочеткова, Л. Г. Ипатова // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2009. – № 1. – С. 34–38.
- 25 Справочник по гидроколлоидам / Под ред. Г. О. Филипп, П. А. Вильямс; Пер. с англ. под ред. А. А. Кочетковой, Л. А. Сарафановой. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 536 с.
- 26 Пучкова, Л. И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства / Л. И. Пучкова. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 264 с.
- 27 Корячкина, С. В. Методы исследования свойств сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Методы исследования свойств полуфабрикатов хлебопекарного производства / С. В. Корячкина, Н. А. Березина, Е. В. Хмелева // Учебно-методическое пособие. – Орел: ФГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2011. – 49 с.
- 28 Горячева, А. Ф. Сохранение свежести хлеба / А. Ф. Горячева, Р. В. Кузьминский – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 243 с.
- 29 СТБ 639-95 Хлеб из ржаной, смеси ржаной и пшеничной муки. Общие технические условия. – Минск: БелГИСС, 2019. – 20 с.

Поступила в редакцию 20.11.2023 г.

ОБ АВТОРАХ:

Татьяна Дмитриевна Самуйленко, кандидат технических наук, доцент, заместитель декана химико-технологического факультета, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий (БГУТ), e-mail: TataSam@tut.by.

Татьяна Александровна Гуринова, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии хлебопродуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий (БГУТ), e-mail: gurinova09@tut.by.

Екатерина Владимировна Гущенко, аспирант, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий

Марина Александровна Литвинчук, студент, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий

ABOUT AUTHORS:

Tatyana D. Samuylenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Dean of the Faculty of Chemistry and Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: TataSam@tut.by.

Tatyana Gurinova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Assistant Professor of the Department of Grain Products Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: gurinova09@tut.by.

Ekaterina V. Gushchenko, PhD student, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies.

Marina A. Litvinchuk, student, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies.

УДК 665.117.2: 664.641.12:664.642.1

ВЛИЯНИЕ МУКИ ИЗ ЖМЫХА РАПСА НА КАЧЕСТВО КЛЕЙКОВИНЫ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ И ПОДЪЕМНУЮ СИЛУ ДРОЖЖЕЙ

З. В. Василенко¹, Ш. Н. Атаханов², Т. В. Трофименко¹

¹Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь

²Наманганский государственный университет, Республика Узбекистан

АННОТАЦИЯ

Введение. Улучшение пищевой ценности хлебобулочных изделий является одной из актуальных задач для хлебопекарной промышленности. Это достигается путем введения в рецептуру растительных добавок природного происхождения. Перспективным растительным сырьем для Республики Беларусь, способным повысить пищевую ценность продуктов питания повседневного спроса, является жмых рапсовый. Поэтому исследование возможности использования муки из жмыха рапса в хлебопекарном производстве является актуальным.

Научная задача исследования – изучение влияния муки из жмыха рапса на качество клейковины пшеничной муки и подъемную силу дрожжей.

Материалы и методы. Объектом исследований являлось дрожжевое тесто из пшеничной муки высшего сорта марки М 54-25, полученное с добавлением к пшеничной муке муки из жмыха рапса. Показатели качества муки определялись стандартными методами и методиками. Использовали муку из жмыха рапса, производимую по ТУ ВУ 700036606.136–2023 (дисперсность муки в пределах от 0,33–0,6 мм).

Результаты. Исследовано влияние муки из жмыха рапса на количество и качество клейковины пшеничной муки. Установлено, что при 5 % внесении муки из жмыха рапса взамен пшеничной муки, количество клейковины уменьшалось в 1,07 раза, а ее качество улучшалось на 8,6 %. Изучено влияние муки из жмыха рапса на подъемную силу дрожжей. Подъемная сила хлебопекарных дрожжей с внесением муки из жмыха рапса увеличилась по сравнению с контролем на 2 мин 15 с, что, по-видимому, связано с наличием большого количества питательных веществ (витаминов группы В, сахаров, минеральных веществ и др.) в муке из жмыха рапса. Установлено влияние муки из жмыха рапса на жизнеспособность клеток дрожжей.

Выводы. Установлено, что для получения хлебобулочных изделий, соответствующих качеству требований стандарта, возможно использование в смеси с пшеничной мукой муки из жмыха рапса в количестве 5 %, при внесении большего количества появляется привкус. Увеличение подъемной силы дрожжей с внесением муки из жмыха рапса свидетельствует об ускоренном процессе брожения, что способствует более быстрому приготовлению изделий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дрожжевое тесто; качество клейковины; мука из жмыха рапса; показатели качества.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Василенко, З. В. Влияние муки из жмыха рапса на качество клейковины пшеничной муки и подъемную силу дрожжей / З. В. Василенко, Ш. Н. Атаханов, Т. В. Трофименко // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2023. – № 2(35). – С. 97–104.

THE EFFECT OF RAPESEED CAKE FLOUR ON THE WHEAT FLOUR GLUTEN QUALITY AND THE YEAST RAISING POWER

Z. V. Vasilenko¹, Sh. N. Atakhanov², T. V. Trofimenko¹

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

²Namangan State University, Republic of Uzbekistan

ABSTRACT

Introduction. The bakery products nutritional value improving is one of the urgent tasks for the bakery industry. It is achieved by introducing natural origin herbal additives into the formulation. Rapeseed cake is a promising plant raw material for the Republic of Belarus capable of increasing the everyday food products nutritional value. Therefore, the study of the possibility of using rapeseed cake flour in bakery production is relevant. The scientific objective of the study is to study the rapeseed cake flour effect on the wheat flour gluten quality and the yeast raising power.

Materials and methods. The object of research was yeast dough made from M 54-25 high grade wheat flour with the added rapeseed cake flour. Flour quality indicators were determined by standard methods and techniques. Rapeseed cake flour produced according to TU BY 700036606.136–2023 was used (flour dispersion ranging from 0,33–0,6 mm).

Results. The rapeseed cake flour effect on the quantity and quality of gluten in wheat flour has been studied. It was found that with the rapeseed cake flour application in amount of 5 % instead of wheat flour, the amount of gluten is decreased by 1.07 times, and its quality is improved by 8,6 %. The effect of rapeseed cake flour on the yeast raising power has been studied. The raising power of baking yeast with the added rapeseed cake flour increased compared to the control by 2 min 15 s which is apparently due to the presence of a large amount of nutrients (B vitamins, sugars, minerals, etc.) in rapeseed cake flour. The effect of rapeseed cake flour on the viability of yeast cells has been established.

Conclusions. It has been established that in order to obtain bakery products that meet the quality requirements of the standard, it is possible to use rapeseed cake flour mixed with wheat flour in an amount of 5 %. When it is added more the taste is changed. An increase in the yeast raising power with the added rapeseed cake flour indicates an accelerated fermentation process which contributes to faster preparation of products.

KEY WORDS: *yeast dough; gluten quality; rapeseed cake flour; quality indicators.*

FOR CITATION: Vasilenko, Z. V. The effect of rapeseed cake flour on the wheat flour gluten quality and the yeast raising power/ Z. V. Vasilenko, Sh. N. Atakhanov, T. V. Trofimenko // Bulletin of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2023. – № 2(35). – P. 97–104 (in Russian).

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных продуктов питания человека являются хлебобулочные изделия. Объем хлебобулочных изделий занимает значительный удельный вес среди остальных продуктов питания. Основным ингредиентом их рецептуры является пшеничная мука. Однако при получении муки тонкого помола из 28 микроэлементов 9 исключаются полностью. Среди них селен, кроветворный ванадий и титан. Содержание кальция уменьшается в 3 раза, железа – более чем в 2 раза, марганца – более чем в 3 раза и т. д. Витамин Е в муке отсутствует, витамины группы В теряются практически полностью, пищевые волокна, играющие огромную роль в метаболизме веществ, теряются с отрубями. В хлебе из такой муки отсутствуют ферменты, необходимые для переваривания [1]. Чтобы повысить пищевую ценность и увеличить сроки хранения в состав рецептур хлебобулочных изделий вводят различные добавки искусственного происхождения, в том числе витамины, консерванты, синтетические красители, которые наносят вред организму человека. В последнее время активно проводятся исследования, в которых предлагается использовать для увеличения пищевой ценности хлебобулочных изделий различные растительные добавки природного происхождения. Для этих целей используются предварительно высушенные и измельченные до порошкообразного состояния лекарственные растения, их плоды, листья; компоненты из пшеницы, ржи, овса, кукурузы, ячменя, пищевых сортов люпина и других культур, а также вторичные сырьевые ресурсы – пшеничные отруби, зародыши, пивная дробина и др. [1–4].

Особый интерес представляет использование для обогащения продуктов питания, в том числе хлебобулочных изделий, использование вторичных продуктов переработки растительного сырья. Как показали исследования [5–8], вторичные продукты переработки

содержат в своем составе гораздо больше полезных веществ, чем их содержится, например, в мякоти ягод и овощей. Поэтому их использование в производстве продуктов питания представляет значительный научный и практический интерес.

Одним из перспективных видов такого растительного сырья является жмых рапсовый, производство которого возрастает с каждым годом, в связи с увеличением производства из семян масла, а также с увеличением площадей, отводимых под посевы рапса.

Нашими исследованиями [9] и другими авторами [4,10–15] установлено, что жмых рапсовый является хорошим источником белка (35,47 %), минеральных веществ, жиро- и водорастворимых витаминов. По содержанию кальция, фосфора, магния, меди и марганца рапсовый жмых превосходит соевый жмых [8]. Кроме этого рапсовый жмых является источником незаменимых жирных кислот семейства омега-9 (олеиновая кислота), омега-6 (линолевая кислота) и омега-3 (линоленовая кислота), которые способствуют укреплению стенок сосудов и снижению уровня холестерина в крови. Примечательно, что жмых рапсовый содержит в 10 раз больше незаменимых жирных кислот семейства омега-3, чем оливковый [5–6].

Белок из жмыха рапса содержит все незаменимые аминокислоты, что говорит о его высокой биологической ценности. Значительное содержание пищевых волокон оказывает позитивное воздействие на желудочно-кишечный тракт, улучшая его двигательную активность и способность адсорбировать и выводить из организма соли тяжелых металлов, радионуклидов и другие токсические вещества [6, 8, 9]. Следовательно, использование из жмыха рапса в составе продуктов питания является перспективным направлением расширения ассортимента обогащенных и функциональных продуктов питания.

В доступной литературе есть результаты исследований по использованию из жмыха рапса в производстве соусов для спортсменов и в технологии печенья [14–19].

Цель исследования – изучить влияние муки жмыха из семян рапса на качество пшеничной муки и дрожжевого теста.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследований являлись пшеничная мука и дрожжевое тесто из пшеничной муки, полученное с добавлением муки из жмыха рапса.

Характеристика химического состава, аминокислотного, жирнокислотного, витаминного и минерального состава из жмыха рапса белорусской селекции подробно исследована нами ранее и изложена в [9].

При приготовлении дрожжевого теста использовали унифицированную рецептуру (пшеничная мука высшего сорта марки М 54-25, мука из жмыха рапса в количестве от 1 до 10 % к массе пшеничной муки, молоко, сахар, соль, масло, дрожжи, меланж) и традиционную технологию приготовления дрожжевого теста. Определение цвета, запаха, вкуса и хруста муки проводили по ГОСТ 27558; влажность исследовали по ГОСТ 9404, количество и качество клейковины определяли по ГОСТ 27839, крупность помола по ГОСТ 27560, кислотность по ГОСТ 27493.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Количество и качество клейковины муки играет очень важную роль в хлебобулочном производстве, что обуславливает физико-механические свойства (формоустойчивость, пористость, удельный объем) и влияет на качество готовой продукции [6, 13].

Для изучения влияния муки из жмыха рапса на качество клейковины его предварительно измельчали и просеивали через сито с диаметром частиц 0,33 мм. Зависимость количества и качества клейковины пшеничной муки от количества вносимой муки из жмыха рапса представлены на рис. 1 и 2.

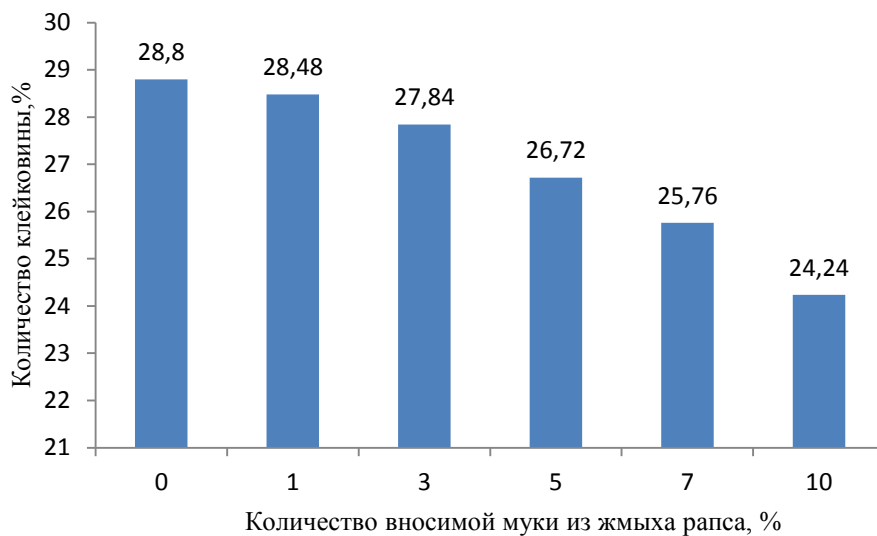


Рис. 1. Зависимость количества клейковины пшеничной муки от количества вносимой муки из жмыха рапса

Fig. 1. Dependence of the amount of gluten in wheat flour on the amount of added rapeseed cake flour

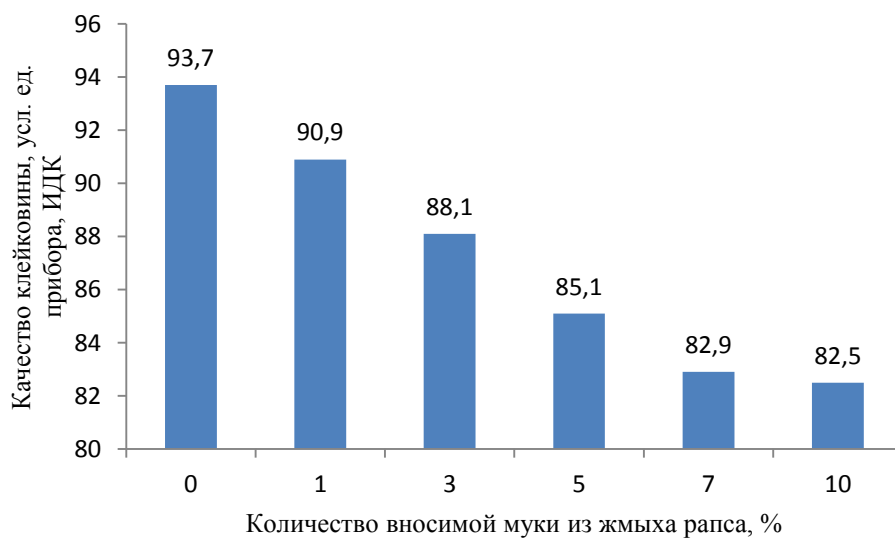


Рис. 2. Зависимость качества клейковины пшеничной муки от количества вносимой муки из жмыха рапса

Fig. 2. Dependence of the gluten quality of wheat flour on the amount of added rapeseed cake flour

Из представленных данных следует, что внесение муки из жмыха рапса в количестве 1 % практически не оказывает влияния на количество сырой клейковины. При увеличении муки из жмыха рапса происходит уменьшение содержания сырой клейковины в муке пшеничной. В то же время увеличение концентрации муки из жмыха рапса способствует укреплению клейковины, о чем свидетельствует снижение показателя деформирования клейковины, устанавливаемого на приборе ИДК. При этом с увеличением количества вносимой муки из жмыха рапса, клейковина пшеничной муки становится сильнее. Вероятно, это объясняется влиянием содержащихся в муке из жмыха рапса большого количества белка (35,47 %), в сравнении с его содержанием в муке пшеничной 12–13 % [9].

Как следует из представленных данных внесение муки из жмыха рапса в количестве от 1 до 10 % способствует улучшению качества клейковины на 8,6 %, что соответствует требованиям, предъявляемым к муке для хлебобулочных изделий. Как известно, пшеничная мука должна соответствовать следующим требованиям: содержание сырой клейковины – не менее 23 %; ее качество – 50–105 усл. ед. прибора ИДК.

Наряду с качеством клейковины в технологическом процессе производства хлебобулочных изделий большая роль принадлежит и качеству хлебопекарных дрожжей, что влияет на интенсивность брожение теста, благоприятное протекание которого зависит от физиологического состояния и биохимической активности применяемых дрожжей, способных сбраживать сахара с образованием спирта и диоксида углерода [3, 6]. Поэтому на следующем этапе работы исследовали влияние муки из жмыха рапса на основные показатели качества дрожжей – подъемную силу и их жизнеспособность, от которых зависит структура полуфабрикатов, объем и форма готовых хлебобулочных изделий [7].

Подъемную силу дрожжей определяли ускоренным методом по времени всплывания шарика теста, замешенного с добавлением обогатителя из расчета на 7 г муки, в соответствии с методикой Л. П. Пащенко. Полученные данные представлены в табл. 1.

Табл. 1. Влияние муки из жмыха рапса на подъемную силу дрожжей

Table 1. Effect of rapeseed cake flour on yeast raising power

Образец	Значение показателя подъемной силы, мин
Контроль	10 мин 20 с
С внесением муки из жмыха рапса	8 мин 05 с

Согласно представленным данным, подъемная сила хлебопекарных дрожжей с внесением муки из жмыха рапса увеличилась по сравнению с контролем на 2 мин 15 с, что связано с наличием большого количества питательных веществ (витаминов группы В, сахаров, минеральных веществ и др.) в муке из жмыха рапса. В связи с этим было исследовано влияние муки из жмыха рапса на жизнеспособность дрожжей, которую определяли микроскопированием окрашенных препаратов. Для этого в суспензию, изготовленную из прессованных дрожжей и воды при соотношении компонентов в массовых долях 1:3, из расчета расхода данной суспензии на 100 г муки, добавляли 3 % муки из жмыха рапса. Полученную смесь выдерживали в течение 120 мин при температуре 30 °С, при этом каждые 30 мин определяли жизнеспособность дрожжевых клеток посредством микроскопирования с объективом 40 (суспензию помещали на предметное стекло, подсушивали и окрашивали 0,05 %-ным раствором метиленовой сини), живые клетки окрашивались полностью.

Результаты исследований показали, что больше окрашенных клеток наблюдается в образцах с внесением муки из жмыха рапса. Таким образом, эти клетки являются жизнеспособными, они продолжают потреблять питательные вещества, выделять углекислый газ и другие продукты обмена, формирующие опару и тесто.

Далее исследовали влияние муки из жмыха рапса на динамику жизнеспособности дрожжевых клеток. Результаты представлены на рис. 3.

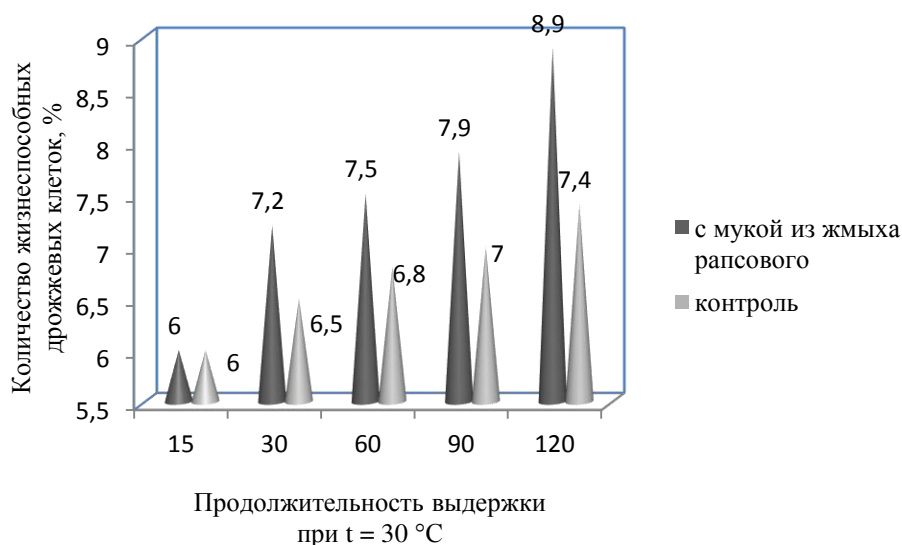


Рис. 3. Зависимость жизнеспособных дрожжевых клеток от продолжительности выдержки

Pic. 3. Dependence of viable yeast cells on the period of fermentation

Данные на рис. 3. показывают, что с увеличением продолжительности выдержки количество жизнеспособных клеток увеличилось. Следовательно, с введением муки из жмыха рапса количество жизнеспособных клеток находится в прямо пропорциональной зависимости. Через 120 мин выдержки количество жизнеспособных дрожжевых клеток в контрольном образце значительно ниже (7,4 %), чем в образцах со смесью (8,9 %), в которую вносили муку из жмыха рапса.

Увеличение числа жизнеспособных дрожжевых клеток в суспензиях с мукой из жмыха рапса связано с большим содержанием в муке из жмыха рапса сахаров, витаминов, минеральных веществ и др., которые являются дополнительным источником энергии для поддержания жизнедеятельности дрожжей. Содержащиеся в муке из жмыха рапса калий, кальций и натрий способны активировать ферменты, присутствующие в дрожжевой клетке и стимулирующие сбраживание сахаров – мальтозы и мальтотриозы, превращая их в спирт и углекислый газ, что, в свою очередь, влияет на скорость брожения теста [4–9].

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о целесообразности использования муки из жмыха рапса в качестве биостимулятора развития дрожжевых клеток и улучшителя свойств пшеничной муки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведены результаты исследования влияния муки из жмыха рапса на качество теста. Установлено, что целесообразно использовать муку из жмыха рапса в качестве биостимулятора развития дрожжевых клеток (количество жизнеспособных клеток увеличилось на 12 % по сравнению с образцом без внесения муки из жмыха рапса). Также отмечено улучшение свойств теста из пшеничной муки (улучшение качества клейковины на 8,6 % и укрепление ее клейковины до 82,5 усл. ед. ИДК), что, безусловно, окажет положительный эффект на качество готовых изделий. Использование муки из жмыха рапса в составе хлебобулочных изделий позволит повысить их пищевую ценность и расширить ассортимент выпускаемой обогащенной продукции в Республике Беларусь.

БЛАГОДАРНОСТИ

Результаты получены в рамках реализации научного исследования при поддержке Белорусского фонда фундаментальных исследований на 2022 год по теме «Исследование пищевой и биологической ценности, функционально-технологических свойств вторичных продуктов переработки семян рапса, выращиваемого в Республике Беларусь и Узбекистане». Договор № Б22УЗБ – 070 от 04.05.2022 г.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Коляда, Е. В. Обогащенные хлебобулочные изделия с использованием продуктов переработки зерна / Е. В. Коляда, М. М. Петухов // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость: материалы VII Международной научно-практической конференции, Минск, 25–26 сентября 2014 г. / [редкол.: В. Н. Шимов (отв. ред.) [и др.]]; М-во образования Респ. Беларусь, УО «Белорусский гос. экон. ун-т». – Минск: БГЭУ, 2014. – Т. 2. – С. 231–232.
- 2 Пахомова, О. Н. Разработка и использование функционального пищевого обогатителя из жмыха рапса дис. ...канд. тех. наук / О. Н. Пахомова. – Орел, – 2014. – 162 с.
- 3 Рензяева, Т. В. Функциональные свойства белковых продуктов из жмыхов рапса и рыжика / Т. В. Рензяева [и др.] // Масла и жиры. – 2020. – № 7(231). С. 20–23.
- 4 Шульвинская, И. В. Композиционные белковые добавки из семян масличных и бахчевых растений / И. В. Шульвинская, О. А. Доля, О. В. Широкоядова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2007. – № 5–6. – С. 40–42.
- 5 Ермаков, А. И. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков [и др.]; под общ. ред. А. И. Ермакова. – Л., 1987. – 430 с.
- 6 Пучкова, Л. И. Технология хлеба / Л. И. Пучкова, Р. Д. Поландова, И. В. Матвеева. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 559 с.
- 7 Дрожжи и их жизнедеятельность [Электронный ресурс]. – URL: <http://hlebinfo.ru/tema-13-hlebopekarnie-drozhzhi-vliyanie-usloviy-na-zhiznedeyatelnost-drozhzhey.html>.
- 8 Гусаков, В. Г. Основные положения Доктрины продовольственной безопасности Республики Беларусь / В. Г. Гусаков [и др.] // Аграрная экономика. – 2017. – № 3. – С. 2–14.
- 9 Василенко, З. В. Характеристика химического состава жмыха из семян рапса сорта «Неман» белорусской селекции / З. В. Василенко, В. И. Никулин, Т. В. Трофименко // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2022. – № 2(32). – С. 27–36.
- 10 Лисицын, А. Н. Биологические особенности сортов рапса и физиологические ценности жмыхов и шротов // Масложировая промышленность. – 2007. – № 6. – С. 10–11.
- 11 Пахомова, О. Н. Перспективность использования жмыхов и шротов масличных культур для повышения биологической ценности продуктов питания / О. Н. Пахомова // Альманах «Научные записки Орел ГИЭТ». – 2011. – № 1(4). – С. 377–381.
- 12 Щербаков, В. Г. Химия и биохимия переработки масличных семян. – М.: Пищевая промышленность, 1977. – 168 с.
- 13 Ауэрман, Л. Я. Технология хлебопекарного производства [Текст] / Л. Я. Ауэрман; под общей ред. Л. И. Пучковой: учебник. – Изд. 9 перераб. и доп. – СПб.: Профессия, 2003. – 316 с.
- 14 Трухман, С. В. Исследование жмыха из семян рапса в технологии производства мучных кондитерских изделий функционального назначения: дис. ...канд. сельскохозяйств. наук. Воронеж, 2010. – 150 с.
- 15 Тошев, А. Д. Перспективы использования рапсового жмыха в питании спортсменов / А. Д. Тошев // Человек. Спорт. Медицина. – 2018. – № 1. – С. 115–124.
- 16 Донченко, Л. В. Безопасность пищевых продуктов [Текст] / Л. В. Донченко, В. Д. Надыкта. – М.: Пищепромиздат, 2001. – 528 с.
- 17 Манжесов, В. И. Разработка сахарного печенья повышенной пищевой ценности [Текст] / В. И. Манжесов, С. В. Трухман, Е. Е. Курчаев // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – № 8. – С. 90.
- 18 Белова, Е. И. Перспективы вторичных продуктов переработки рапса в разработке комплексных пищевых белково-углеводных обогатителей [Текст] / Е. И. Белова, И. А. Глотова, С. С. Забуринов // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – № 3. – С. 58–59.
- 19 Рензяева, Т. В. Потенциал рапсовых жмыхов в качестве сырья пищевого назначения / Т. В. Рензяева [и др.] // ХИПС. – 2020. – № 2. – С. 143–154.

Поступила в редакцию 15.09.2023 г.

ОБ АВТОРАХ:

Василенко Зоя Васильевна, 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 (БГУТ), e-mail: vzv0003@rambler.ru.

Шухрат Нуриддинович Атаханов, доктор технических наук, профессор, проректор по науке и инновациям, Наманганский государственный университет, Республика Узбекистан.

Трофименко Татьяна Владимировна, аспирант кафедры технологии продукции общественного питания и мясопродуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий (БГУТ), e-mail: trofimenkotati@yandex.by.

ABOUT AUTHORS:

Zoja V. Vasilenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of the Republic of Belarus, Honored Scientist of the Republic of Belarus, Head 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.

Shukhrat N. Atakhanov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Science and Innovation, Namangan State University, Republic of Uzbekistan.

Tatyana V. Trofimenko, postgraduate student of the Department of Technology of Food Processing and Meat Products, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: trofimenkotati@yandex.by.

УДК 664.6:663.51(476)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПИРТОВОЙ БАРДЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РЖАНО-ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА

А. В. Покрашинская¹, Л. В. Рукшан²

¹*Гродненский государственный аграрный университет, Республика Беларусь*

²*Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь*

АННОТАЦИЯ

Введение. Актуальным является сокращение производственного цикла получения хлеба, что определило цель исследования. Выдвинута гипотеза о возможности использования для этой цели взамен закваски спиртовой барды, являющейся отходом спиртового производства. Вместе с тем научное обоснование данной технологии в литературе не приведено.

Материалы и методы. Объекты исследования – жидкая спиртовая барда, полуфабрикаты и ржано-пшеничный хлеб, полученный с добавлением барды. Используются стандартные методы и методики.

Результаты. Исследовано влияние барды на газообразующую способность муки. Изучен процесс созревания теста с внесением разных количеств спиртовой барды. Определено влияние различных дозировок спиртовой барды на органолептические и физико-химические показатели качества теста и готовых изделий.

Выводы. Установлено, что для получения ржано-пшеничного хлеба, соответствующего по качеству требованиям стандарта, возможно использование спиртовой барды в количестве 70 % взамен закваски.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *спиртовая барда; закваска; тесто; хлеб; качество.*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Покрашинская, А. В. Использование спиртовой барды при производстве ржано-пшеничного хлеба / А. В. Покрашинская, Л. В. Рукшан // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2023. – № 2(35). – С. 105–113.

USE OF DISTILLERY STILLAGE IN THE PRODUCTION OF RYE-WHEAT BREAD

A. V. Pokrashinskaya¹, L. V. Rukshan²

¹*Grodno State Agrarian University, Republic of Belarus*

²*Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Republic of Belarus*

ABSTRACT

Introduction. Reduced bread production cycle is of utmost importance now, thus determining the purpose of the study. The hypothesis about the possibility of using distillery stillage (waste product of alcohol production) instead of sourdough was put forward. However, there is no scientific data available on this issue.

Materials and methods. The objects of the study are liquid stillage, semi-finished products and rye-wheat bread made with the addition of stillage. Quality was assessed by standard methods and techniques.

Results. The effect of stillage on the gas-forming ability of flour has been studied. The process of dough maturation with the addition of different amounts of alcohol stillage has been considered. The influence of different dosages of distillery stillage on the organoleptic and physico-chemical indicators of the quality of dough and finished products has been determined.

Conclusions. It has been found out that to obtain rye-wheat bread that meets the quality requirements standard it is possible to use 70 % alcohol stillage instead of sourdough.

KEY WORDS: *distillery stillage; sourdough; dough; bread; quality.*

FOR CITATION: Pokrashinskaya, A.V. Use of distillery stillage in the production of rye-wheat bread / A. V. Pokrashinskaya, L. V. Rukshan // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Technologies. – 2023. – No. 2(35). – P. 105–113. (in Russian).

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время с целью повышения экономической эффективности и сохранения экологической обстановки окружающей среды в пищевой промышленности активно разрабатываются и внедряются малоотходные и безотходные технологии производства. Например, предприятия, занимающиеся производством спирта, сталкиваются с такой проблемой, как переработка барды спиртовой. Барда – остаток после отгонки спирта из бражки, является отходом производства этилового спирта [1]. Спиртовую барду нельзя сбрасывать в водоемы или канализацию, ведь это может вызвать загрязнение окружающей среды, поэтому переработка отходов – актуальный вопрос для многих предприятий спиртовой отрасли [2].

Барда спиртовая является ценной с точки зрения переработки потому, что она содержит белки, клетчатку, углеводы и микроэлементы, имеет много микродобавок и не содержит вредных веществ, примесей. Элементный состав барды отличается активным накоплением таких элементов, как фосфор, калий, магний, кальций, натрий, железо и низким содержанием тяжелых металлов. Твердая фаза барды накапливает в высоких концентрациях углерод, водород, азот. Жидкая фаза барды содержит: белки и аминокислоты (20–46 %), восстанавливающие сахара (5,6–17,5 %), галактурониды (0,8–1,4 %), аскорбиновую кислоту (6,2–11,4 мг%). Твердая фаза барды содержит: галактурониды (3,4–5,3 %), жирное масло (8,4–11,1 %) с преобладанием незаменимых жирных кислот, белки и аминокислоты (2,1–2,5 %), флавоноиды (0,4–0,9 %), токоферолы (3,4–7,7 мг%) [3–5].

Перерабатывать барду можно различными способами: употребление свежей барды на корм скоту, производство кормовых и хлебопекарных дрожжей на жидкой барде, производство собственных ферментных препаратов, кормового биомикроба, витамина В₁₂, переработка зерновой барды на сухой корм [6–9]. Кроме того, барду можно использовать при производстве органоминерального удобрения [10], применять ее в качестве сырьевого источника лекарственной формы препаратов гастропротекторного и антиоксидантного действия [11, 12] и получать из нее строительные материалы, такие как цемент и бетон [13]. Однако перерабатывать данные отходы целесообразно на месте производства и перевозить её нерационально, так как спиртовая барда характеризуется недлительным сроком хранения и для её перевозки необходим специальный транспорт.

Традиционно ржано-пшеничный хлеб готовится на различных заквасках. Закваска – это полуфабрикат хлебопекарного производства, полученный сбраживанием питательной смеси различными видами чистых культур дрожжевых рас и определенных штаммов кислотообразующих и других видов бактерий. Закваски имеют высокую кислотность (11–14 град) благодаря чему их используют для интенсификации технологического процесса, разрыхления теста и улучшения качества хлеба [14].

Сопоставляя физико-химические и химические показатели барды и используемых в хлебопекарном производстве заквасок, предполагаем, что спиртовая барда может найти применение при производстве ржано-пшеничного хлеба взамен закваски. Такой способ производства хлеба можно отнести к ускоренным, сущность которых заключается в интенсификации микробиологических, коллоидных и биохимических процессов, происходящих при созревании теста. Преимуществом ускоренных способов тестоприготовления является сокращение всего производственного цикла получения хлеба, снижение до минимума потребности в емкостях для брожения закваски и теста, а следовательно, и производственных площадей, что важно при ограниченном наборе оборудования и небольших производственных площадях, например, в условиях пекарен [15, 16]. В литературе данные об использовании спиртовой барды в хлебопечении отсутствуют. В связи с этим исследования в данном направлении актуальны.

Цель исследований – сокращение производственного цикла получения ржано-пшеничного хлеба.

Научная задача – обоснование технологии производства ржано-пшеничного хлеба с использованием спиртовой барды взамен закваски и оценка ее эффективности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являлись жидкая спиртовая барда, полуфабрикаты и готовые ржано-пшеничные изделия, полученные с добавлением барды.

Определение цвета, запаха, вкуса и хруста муки проводили по ГОСТ 27558, влажности – по ГОСТ 9404, количества и качества клейковины – по ГОСТ 27839, крупности – по ГОСТ 27560, кислотности – по ГОСТ 27493. В спиртовой барде определялись органолептические показатели качества, а также влажность и кислотность. Качество полуфабрикатов оценивалось по таким показателям, как влажность, кислотность и газообразующая способность. В готовых изделиях определяли органолептические показатели – по ГОСТ 2077-84, влажность – по ГОСТ 21094-75, кислотность – по ГОСТ 5670-51, пористость – по ГОСТ 5669-86, а также формоустойчивость и балльную оценку качества хлеба.

При приготовлении ржано-пшеничного хлеба использовали следующую унифицированную рецептуру (%): мука ржаная сеяная – 90,0; мука пшеничная первый сорт – 10,0; дрожжи прессованные – 1,0; соль поваренная – 1,5. Количество воды для замеса теста определяли расчетным путем исходя из влажности теста равной 46,0 %. Жидкая спиртовая барда вносилась в количестве 10–100 % с шагом 10 %. Замес теста и его брожение, расстойка тестовых заготовок и выпечка готовых изделий осуществлялись в соответствии с технологическими инструкциями на специальном лабораторном оборудовании. В качестве контрольного образца выступал образец хлеба, изготовленный традиционным способом на жидкой закваске с завариванием части муки [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В работе обобщены результаты исследований по изучению возможности использования спиртовой барды взамен закваски при производстве ржано-пшеничного хлеба.

Органолептические и физико-химические показатели качества барды, получаемой из зерна пшеницы на Поречском спиртовом заводе ОСП УП «Гроднопищепром», представлены в табл. 1.

Табл. 1. Органолептические и физико-химические показатели качества спиртовой барды

Table 1. Organoleptic and physico-chemical indicators of the quality of distillery stillage

Наименование показателя	Характеристика
Цвет	от светло-желтого до коричневого, равномерный по всей массе
Запах	хлебно-дрожжевой, свойственный сырью, из которого вырабатывается барда, без затхлого, плесенного и других посторонних запахов
Вкус	характерный для барды, без посторонних привкусов
Влажность, %	93,0
Кислотность, град	7,1

Одним из технологических свойств муки является показатель газообразующей способности. Газообразование в тесте ускоряется и быстрее достигает максимума при увеличении количества дрожжей или повышении их активности, при достаточном содержании сбраживаемых сахаров, аминокислот, фосфорнокислых солей. Брожение также интенсифицируется при добавлении амилолитических ферментных препаратов. Особенно влияет на процесс брожения температура теста. Так, с повышением начальной температуры

теста от 26 до 35 °С интенсивность газообразования возрастает в 2 раза. Интенсивный замес теста ускоряет брожение на 20–30 % [18, 19]. Для определения газообразования использовалась методика И. К. Елецкого [20]. Результаты исследований газообразующей способности представлены на рис. 1.



Рис. 1. Зависимость количества накопившегося углекислого газа за 5 часов брожения от количества вносимой спиртовой барды

Fig. 1. Dependence of the amount of accumulated carbon dioxide for 5 hours of fermentation on the amount of added distillery stillage

Данные, представленные на рис. 1, свидетельствуют о том, что с увеличением количества вносимой спиртовой барды происходит увеличение газонакопления теста. Так, при максимальной дозировке спиртовой барды газообразование в тесте увеличивается на 63,5 % по сравнению с контролем. Это связано с тем, что барда оказывает стимулирующее влияние на жизнедеятельность дрожжей, активируя их, тем самым ускоряя процесс спиртового брожения.

В процессе приготовления хлебобулочных изделий для обеспечения надлежащего качества готовой продукции важно контролировать показатели качества полуфабрикатов. Показатели качества полуфабрикатов с различной дозировкой спиртовой барды представлены в табл. 2.

Внесение спиртовой барды влияет как на органолептические показатели качества полуфабрикатов, так и на физико-химические (табл. 2). При органолептической оценке полуфабрикатов можно сказать о том что, контрольный образец и образцы с внесением барды до 40–70 % имеют выпуклую поверхность, а при дозировках 10–30 и 80–100 % – плоскую. Консистенция у контрольного образца и у образцов с добавлением 40–70 % спиртовой барды является нормальной, а с содержанием 10–30 и 80–100 % – вязкой и мажущейся. С увеличением внесения спиртовой барды также изменяется запах и цвет теста, он становится более темным с выраженным серым оттенком и ощущается резкий запах барды.

Таким образом, данные, представленные в табл. 2, показывают, что разные дозировки спиртовой барды по-разному влияют на реологические свойства теста. При дозировках 10–30 % тесто из ржано-пшеничной муки обладает недостаточной кислотностью, что приводит к разжижению теста в процессе брожения под действием активных амилолитических ферментов [15–18]. Резкое ухудшение свойств теста наблюдается при внесении 80–100 % барды и связано оно с тем, что при повышенной кислотности ускоряется процесс спиртового брожения и тесто быстро становится перебродившим.

Влажность теста практически не зависит от количества вносимой барды, а его конечная кислотность пропорционально увеличивается и при максимальной дозировке барды на 23,0 %

превышает значение кислотности для контрольного образца.

Табл. 2. Показатели качества полуфабрикатов контрольных и опытных образцов

Table 2. Quality indicators of semi-finished products of reference and test samples

Исследуемый показатель	Содержание спиртовой барды, % к массе муки											
	конт- роль	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Состояние поверхности Консистенция	выпу- клая нор- маль- ная	плоская			выпуклая				плоская			
		вязкая			нормальная				вязкая			
Промес		без комочков и следов непромеса										
Степень сухости	сухой	влажный			сухой				влажный			
Запах	свойственный	запаху			присутствует запах барды				резкий запах барды			
Цвет	свет- ло- серый	светло-серый с частицами барды			темно-серый с частицами барды				серый с частицами барды			
Влажность, %	45,0	46,5	46,0	46,5	45,0	45,5	45,0	46,0	47,0	47,5	48,5	
Кислотность начальная, град	6,9	5,5	6,2	6,6	7,0	7,2	7,7	7,5	8,3	8,6	8,9	
Кислотность конечная, град	9,0	7,6	8,3	8,5	9,0	9,5	10,1	11,4	11,8	12,3	12,7	

В связи с тем, что с увеличением дозировки спиртовой барды происходит более быстрое повышение кислотности в тесте, целесообразно уменьшать продолжительность его брожения до кислотности, равной конечной кислотности контрольного образца. Зависимость кислотности теста от продолжительности его брожения представлена на рис. 2.



Рис. 2. Зависимость изменения кислотности теста в процессе брожения от количества вносимой спиртовой барды

Fig. 2. Dependence of changes in dough acidity during fermentation on the amount of added distillery stillage

Анализ данных, представленных на рис. 2, показал, что разные дозировки барды по-разному влияют на продолжительность брожения теста. Так, для достижения требуемой кислотности теста у контрольного образца необходимо 2 часа, а при дозировках барды 10–30 % за 2 часа брожения тесто не достигает необходимого уровня кислотности. Повышение

уровня кислотности теста происходит при внесении спиртовой барды в количестве 40–100 %. Следовательно, целесообразно с увеличением дозировки барды снижать продолжительность брожения теста, чтобы сохранить его реологические свойства на достаточно хорошем уровне. Например, при внесении 50 % барды продолжительность брожения теста сокращается в 1,43 раза и составляет 1,38 часа, а для образца с дозировкой барды 100 % – в 3,64 раза, что соответствует 0,55 часа. Таким образом, использование спиртовой барды приведет к сокращению всего производственного цикла производства ржано-пшеничного хлеба.

На основе полученных данных были изготовлены образцы ржано-пшеничного хлеба. В готовых изделиях определяли органолептические и физико-химические показатели качества. Данные исследований по влиянию внесения спиртовой барды на качество ржано-пшеничного хлеба представлены в табл. 3, 4.

Табл. 3. Органолептические показатели качества ржано-пшеничного хлеба с добавлением спиртовой барды

Table 3. Organoleptic quality indicators of rye-wheat bread with the addition of distillery stillage

Показатели	Содержание спиртовой барды, % к массе муки										
	Конт-роль	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Внешний вид хлеба											
Форма	округлая										
Поверхность корки	гладкая, без трещин	гладкая, с небольшими трещинами									
Цвет корки		темно-коричневый									
Состояние мякиша											
Цвет	светло-коричневый				коричневый				темно-коричневый		
Равномерность окраски					равномерная						
Эластичность	хорошая	мало эластичный			хорошая				мало эластичный		
Пористость	равно-мерная	неравномерная			равномерная				неравномерная		
Липкость	нелипкий	липкий, заминающийся			нелипкий				липкий, заминающийся		
Запах	свойственный данному виду изделий				свойственный ржано-пшеничному хлебу с легким запахом спиртовой барды				свойственный ржано-пшеничному хлебу с сильным запахом спиртовой барды		
Вкус	свойственный данному виду изделий, без посторонних привкусов				свойственный ржано-пшеничному хлебу с легким привкусом спиртовой барды				свойственный ржано-пшеничному хлебу с сильным привкусом спиртовой барды		
Крошковатость	некрошащийся										

Замечено, что все образцы имеют округлую форму, гладкую поверхность, в образцах с добавлением спиртовой барды наблюдаются небольшие трещины, имеют равномерную окраску корки без подгорелостей и бледности. С увеличением дозировки спиртовой барды готовые изделия приобретают запах и привкус барды. Мякиш хлеба имеет цвет от светло-коричневого до темно-коричневого, без следов непромеса, некрошащийся. В контрольном образце и образцах с внесением спиртовой барды в количестве 40–70 % мякиш сухой и не липкий на ощупь, эластичный, имеет равномерную пористость. Во всех остальных образцах хлеба наблюдается липкий, заминающийся, мало эластичный мякиш с не равномерной пористостью. Связано это с тем, что недостаток кислотности, как и ее избыток приводят к

получению хлеба по качеству не соответствующего требованиям стандартов.

Табл. 4. Физико-химические показатели качества ржано-пшеничного хлеба с добавлением спиртовой барды

Table 4. Physico-chemical indicators of the quality of rye-wheat bread with the addition of distillery stillage

Показатели	Содержание спиртовой барды, % к массе муки										
	Конт-роль	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Влажность, %	43,5	43,5	44,0	42,5	43,0	43,5	44,0	44,0	44,5	45,5	45,5
Кислотность, град	7,8	6,5	7,0	7,5	8,5	8,4	8,5	8,7	9,0	9,2	9,5
Пористость, %	43	39	40	40	40	41	42	44	40	39	37
Формоустойчивость, Н/Д	0,57	0,38	0,45	0,50	0,53	0,56	0,57	0,62	0,50	0,38	0,31
Балльная оценка, балл	72,5	63,5	63,5	67,0	67,0	71,0	75,5	79,0	70,5	66,0	62,5

Все эти факторы оказывают влияние и на физико-химические показатели качества готовых изделий. Особенно на такие показатели, как пористость, формоустойчивость и балльная оценка качества. Данные показатели напрямую зависят от реологических свойств выпекаемой тестовой заготовки, поэтому в контрольном образце и образцах с внесением спиртовой барды в количестве 40–70 % они выше в среднем на 9–26 % по сравнению с остальными образцами хлеба. В то же время такие показатели, как влажность и кислотность хлеба находятся в пределах нормы для ржано-пшеничного хлеба.

Анализ полученных данных показал, что лучшими показателями качества обладает образец хлеба с дозировкой спиртовой барды 70 %. На рис. 3 представлены внешний вид и вид в разрезе контрольного образца хлеба и образца с внесением 70 % спиртовой барды.

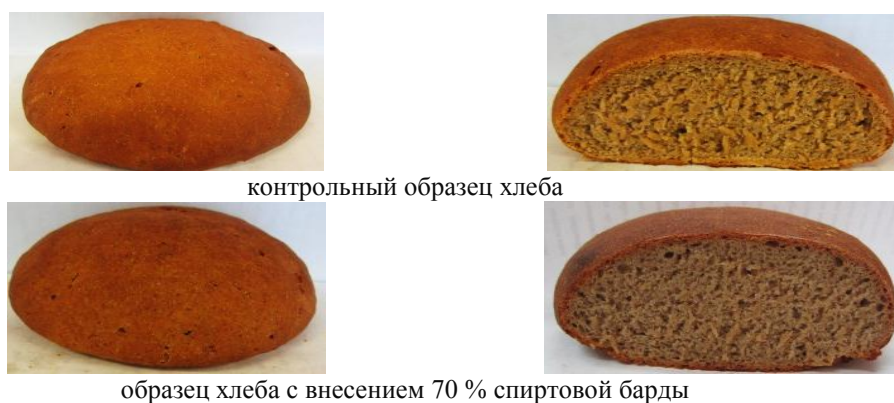


Рис. 3. Внешний вид и вид в разрезе ржано-пшеничного хлеба

Fig. 3. Appearance and cross-section of rye-wheat bread

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что производить ржано-пшеничный хлеб достаточно высокого качества можно и без использования различных заквасок, на приготовление которых затрачивается значительное количество времени (4–6 часов [15, 18, 19]). Использование же спиртовой барды взамен заквасок позволит исключить данную стадию и существенно сократить процесс созревания теста. Так, при использовании 70 % спиртовой барды продолжительность брожения теста сокращается практически в 2 раза и составляет 50–55 минут.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведения исследований установлено, что для получения ржано-пшеничного хлеба, соответствующего по качеству требованиям стандарта, возможно использование спиртовой барды в количестве 70 % взамен закваски. Использование жидкой спиртовой барды в хлебопечении позволит значительно сократить технологический цикл производства ржано-пшеничного хлеба за счет исключения стадии приготовления закваски и существенного сокращения процесса созревания теста. Кроме того, использование барды позволит повысить пищевую ценность хлеба и расширить ассортимент выпускаемой продукции на хлебопекарных предприятиях Республики Беларусь. Поскольку спиртовая барда является отходом при производстве спирта, ее использование в пищевых целях будет способствовать внедрению и расширению малоотходных и безотходных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Яровенко, В. Л. Технология спирта / В. Л. Яровенко [и др.]; под ред. проф. В. Л. Яровенко. – М.: «Колос-Пресс», 2002. – 464с.
- 2 Бачурихин, А. Л. Утилизация спиртовой барды с получением кормоконцентратов и очищенной воды / А. Л. Бачурихин // Водоочистка. – 2018. – № 4. – С. 9–15.
- 3 Кайшев, А. Ш. Изучение биологически активных веществ, содержащихся в отходах спиртового производства / А. Ш. Кайшев [и др.] // Фармация. – 2011. – № 7. – С. 7–10.
- 4 Кайшев, А. Ш. Исследование химической и микробиологической безопасности отходов спиртового производства / А. Ш. Кайшев [и др.]. // Регион. мед.-фармац. Вестн. – 2010. – № 25(29). – С. 34–36.
- 5 Кайшев, А. Ш. Определение токсичности послеспиртовой барды для ее оценки в качестве фармацевтического сырья / А. Ш. Кайшев, Ю. К. Василенко // Токсикологический вестник. – 2010. – № 6(105). – С. 51–52.
- 6 Андросов, А. Л. Промышленные технологии переработки послеспиртовой барды / А. Л. Андросов, И. А. Елизаров, А. А. Третьяков // Тамбовский государственный технический университет. – 2010. – 954 с.
- 7 Мандреа, А. Г. Спиртовая барда. Технология утилизации / А. Г. Мандреа // Пищевая промышленность. – 2004. – № 3. – С. 54–55.
- 8 Кузнецов, И. Н. Анализ мирового опыта в технологии переработки послеспиртовой барды / И. Н. Кузнецов, Н. С. Ручай // Труды БГТУ. Сер. 4, Химия, технология органических веществ и биотехнология. – 2010. – № 18. – С. 294–301.
- 9 Леднев, В. П. Переработка барды: опыт, реальность, перспективы / В. П. Леднев // Ликеро-водочное производство и виноделие. – 2008. – №7 (103) – С. 8–11.
- 10 Ушаков, О. В. Применение барды в земледелии / О. В. Ушаков, М. М. Крючков, Н. В. Стариков // Ликеро-водочное производство и виноделие. – 2008. – № 11. – С. 34–37.
- 11 Кайшев, А. Ш. Биологически активные вещества отходов спиртового производства / А. Ш. Кайшев, Н. Ш. Кайшева // Фармация и фармакология. 2014. – № 4. – С. 3–22.
- 12 Кайшев, А. Ш. Научные основы фармацевтического использования сырьевых ресурсов спиртового производства / А. Ш. Кайшев, Н. Ш. Кайшева. – Волгоград: ВолгГМУ, 2013. – 156 с.
- 13 Ободович, А. Н. Барда спиртовых заводов – ценный отход для производства кормовых дрожжей и бетона / А. Н. Ободович, В. В. Сидоренко // КЕРАМИКА: наука и жизнь. – 2015. – № 4. – С. 13–19.
- 14 Сборник технологических инструкций по производству хлебобулочных изделий: в 2 т. / Государственное предприятие «Белтехнохлеб»; разраб. Л. С. Колосовская [и др.]. – Минск: Бизнесофсет, 2011. – 328 с.
- 15 Шаршунов, В. А. Технология и оборудование для производства хлебобулочных изделий [Текст] / В. А. Шаршунов [и др.]; под общ. ред. В. А. Шаршунова. – Минск: Мисанта, 2017. – 1007 с.
- 16 Цыганова, К. В. Технология производства хлеба / К. В. Цыганова. – М.: Колос, 2000 – 368 с.
- 17 Пучкова, Л. И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства / Л. И. Пучкова. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 264 с.
- 18 Ауэрман, Л. Я. Технология хлебопекарного производства: учеб. для вузов. / Л. Я. Ауэрман. 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 416 с.
- 19 Апет, Т. К. Технология хлебопекарного производства / Т. К. Апет, З. Ч. Пашук, С. В. Пашук. – Минск: Беларусь, 2010. – 286 с.
- 20 Елецкий, И. К. Методика определения скорости газообразования в тестовых полуфабрикатах хлебопекарного производства / И. К. Елецкий // Хлебопечение России. – 1991. – № 10. – С. 11–16.

Поступила в редакцию 15.10.2023 г.

ОБ АВТОРАХ:

Алла Владимировна Покрашинская, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии хранения и переработки растительного сырья, Гродненский государственный аграрный университет (ГГАУ), e-mail: pokrashinskaya@gmail.com.

Людмила Викторовна Рукшан, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры технологии хлебопродуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий (БГУТ), e-mail: rukshanl@mogilev.bgut.by.

ABOUT AUTHORS:

Alla V. Pokrashinskaya, PhD (Engineering), Associate Professor, Department of Technology of Storage and Processing of Vegetable Raw Materials, Grodno State Agrarian University, e-mail: pokrashinskaya@gmail.com.

Liudmila V. Rukshan, PhD (Engineering), Associate Professor, Professor, Department of Technology of Bread Products, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: rukshanl@mogilev.bgut.by.

УДК 637.1

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА СМЕТАНЫ ИЗ СЛИВОЧНО-ПАХТОВОЙ СМЕСИ

О. И. Купцова, Ю. Ю. Чеканова

Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Применение пахты, вторичного продукта получения сливок, в составе сметаны позволит повысить ее конкурентоспособность. При этом важным является оптимальное количественное содержание сырьевых компонентов в составе сливочно-пахтовой смеси. Общая научная задача – установить влияние количественного соотношения сырьевых компонентов в составе сливочно-пахтовой смеси на органолептические, физико-химические показатели, структурно-механические свойства и биологическую ценность сметаны.

Материалы и методы. Сметана с массовой долей жира 10, 15 и 20 % на основе сливок, смеси сливок и пахты-сырья НСС, смеси сливок и ОБМ с количественным содержанием сырьевых компонентов пахты/ОБМ в составе смеси от 10 до 50 %.

Результаты. Установлены зависимости органолептических, физико-химических показателей, структурно-механических свойств и биологической ценности сметаны от количественного соотношения сырьевых компонентов в составе сливочно-пахтовой смеси, позволяющие установить возможность полной замены обезжиренного молока в составе сливочной смеси пахтой в количестве до 40 % и получить продукт с высокими показателями качества и полноценным аминокислотным составом.

Выводы. Рекомендовано в технологии производства сметаны использовать пахту, полученную способом сбивания сливок, в количестве до 40 % от массы смеси, а наиболее рациональным считать содержание – 20 %, что дает возможность получить продукт с высокой усвояемостью, сбалансированностью незаменимых аминокислот по отношению к эталонному белку ФАО/ВОЗ и отсутствием лимитирующих белковых составляющих, а также выраженными органолептическими показателями, приемлемыми структурно-механическими и стабильными физико-химическими свойствами в процессе хранения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сметана; пахта; сырьевой ресурс; количественное соотношение; сливочно-пахтовые смеси; пищевая и биологическая ценность; органолептические, физико-химические показатели; структурно-механические свойства.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Купцова, О. И. Технологические аспекты производства сметаны из сливочно-пахтовой смеси / О. И. Купцова, Ю. Ю. Чеканова // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2023. – № 2(35). – С. 114–127.

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF SOUR CREAM PRODUCTION FROM CREAM AND BUTTERMILK MIXTURE

O. I. Kuptsova, Yu. Yu. Chekanowa

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

ABSTRACT

Introduction. The use of buttermilk, a secondary product of cream production, in the composition of sour cream will increase its competitiveness. At the same time, the optimal quantitative content of raw materials in the composition of the cream-buttermilk mixture is important. The general scientific task is to establish the influence of the quantitative ratio of raw materials in the composition of cream-buttermilk mixture on organoleptic, physicochemical indicators, structural and mechanical properties and biological value of sour cream.

Materials and methods. Sour cream with mass fraction of fat 10, 15 and 20 % on the basis of cream, mixture of cream and buttermilk produced by churning cream, mixture of cream and fat-free milk with quantitative content of raw materials of buttermilk/fat-free milk in the mixture composition in an amount of from 10 to 50 %.

Results. Dependencies of organoleptic, physical and chemical indices, structural and mechanical properties as well as biological value of sour cream on the quantitative ratio of raw materials components in cream-buttermilk mixture were determined, thus making it possible to substitute completely fat-free milk in cream mixture with buttermilk in the amount of up to 40 % and to obtain a product with high quality indices and complete amino acids.

Conclusions. In the technology of sour cream the use of buttermilk obtained by churning cream is recommended in an amount of up to 40 % of the mass of the mixture, the most rational content being as high as 20 %. This approach allows us to obtain a product with high digestibility, balanced essential amino acids with respect to the FAO/WHO reference protein and absence of limiting protein components, as well as having pronounced organoleptic indices, acceptable structural-mechanical and stable physical-chemical properties during storage.

KEY WORDS: *sour cream; buttermilk; raw material source; quantitative ratio; cream and buttermilk mixtures; nutritional and biological value; organoleptic, physical and chemical parameters; structural and mechanical properties.*

FOR CITATION: Kuptsova O. I. Technological aspects of sour cream production from cream and buttermilk mixture / O. I. Kuptsova, Yu. Yu. Chekanova // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2023. – №. 2(35). – P. 114–127 (in Russian).

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время основной стратегией устойчивого развития молочной промышленности Республики Беларусь является создание конкурентоспособных экспортоориентированных продуктов с высокой пищевой ценностью. Для достижения поставленной задачи важно использовать при производстве молочной продукции высококачественное натуральное сырье, которое будет позволять получать на выходе продукт с заданными качественными показателями, сохраняющимися на протяжении длительного времени.

На сегодняшний день сметана является одним из популярных продуктов в рационе потребителей Республики Беларусь и за рубежом. Сметана – кисломолочный продукт, характеризующийся высокой пищевой ценностью, обусловленной полноценностью аминокислотного и жирнокислотного состава, витаминами и минеральными веществами. В некоторых литературных источниках отмечается, что она особенно полезна для людей, постоянно находящихся в нервных перегрузках и переутомлении [1]. Согласно техническим нормативным правовым актам, действующим на территории Республики Беларусь, сметану вырабатывают из сливок натуральных, или нормализованных обезжиренным или цельным молоком^{1, 2}. Вместе с тем в СТБ 1888-2016 «Сметана. Общие технические условия» указана возможность использования сырья, не уступающего по показателям безопасности и качеству традиционному молочному сырью в технологии сметаны.

В связи с чем отмечается высокая пищевая, в том числе биологическая ценность вторичного молочного сырьевого ресурса пахты, полученной от производства сладкосливочного масла. Наиболее ценными компонентами в пахте являются белки, молочный жир, углеводы, минеральные вещества, витамины³. Пахта характеризуется высоким содержанием

¹О безопасности молока и молочной продукции: нормативный документ: ТР ТС 033/2013. – Введ. 01.05.14. – Минск: Евразийская экономическая комиссия: Госстандарт, 2013. – 92 с.

²Сметана. Общие технические условия: СТБ 1888-2016. – Введ. 01.07.17. – Минск: Госстандарт, 2017. – 12 с.

³Этюды о масле, маслоделии и маслоделах: научно-производственное издание / Вышемирский Ф. А. – М.: АНО «Молочная промышленность», 2008. – 368 с.

незаменимых аминокислот, обладающих выраженными липотропными свойствами¹. Кроме того, пахта является источником фосфолипидов. Известно, что «фосфолипиды обладают выраженными биологическими свойствами и играют важную роль в нормализации жирового и холестеринового обмена, задерживают развитие болезни Альцгеймера, подавляют развитие патогенных микроорганизмов в кишечнике» [2, 3]. Основная роль углеводов пахты заключается в нормализации в кишечнике процессов брожения и предупреждении интенсивного развития гнилостных процессов. Минеральный состав пахты содержит около 75 % минеральных веществ молока, которые необходимы для человека, поскольку при недостатке их в рационе питания снижается деятельность организма взрослых и детей, а также сопротивляемость и способность к адаптации [4]. Витаминный состав пахты в большей степени представлен водорастворимыми витаминами, которые играют важную роль в формировании пищевых свойств продукции. Особое место выделено витаминоподобному азотсодержащему соединению – холину, который обладает выраженными антисклеротическими свойствами.

В Республике Беларусь и Российской Федерации известны способы промышленной переработки пахты для получения различных молочных продуктов: пахта питьевая пастеризованная, молоко питьевое, жидкие кисломолочные напитки, белковые продукты, мороженое. Кроме того, российские ученые активно занимаются созданием кисломолочной продукции на основе сухой и концентрированной пахты, полученной методами ультра- и нанофильтрации и обратным осмосом [5–12].

В Белорусском государственном университете пищевых и химических технологий проводятся собственные исследования по применению пахты при получении сметаны [13, 14], по результатам которых научно обоснована возможность применения пахты в составе сливочной смеси в технологии производства сметаны высокого качества. Однако, стоит отметить, что для получения конкурентоспособного продукта с высокой пищевой ценностью помимо использования высококачественного молочного сырья, также важным является оптимальное количественное содержание сырьевых компонентов в составе сливочной смеси. Поэтому представляло интерес установить оптимальные соотношения сырьевых компонентов сливок и пахты в составе смеси в технологии производства сметаны.

Цель работы – разработать рациональные технологические параметры производства сметаны с высокой пищевой ценностью из сливочно-пахтовых смесей.

Общая научная задача – установить влияние количественного соотношения сырьевых компонентов в составе сливочно-пахтовой смеси на органолептические, физико-химические показатели, структурно-механические свойства и биологическую ценность сметаны.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследований в работе явились различные виды сметаны по массовой доле жира (далее м.д.ж.) – 10, 15 и 20 %, как наиболее широко востребованные среди потребителей различных возрастных категорий.

Традиционная технология производства сметаны, реализуемая сегодня на предприятиях молочной промышленности Республики Беларусь, предусматривает применение в качестве молочного сырья сливок натуральных, или нормализованных смешением или в потоке обезжиренным молоком (далее ОБМ) в количестве до 40 % от массы смеси. Поэтому в качестве опытных образцов сметаны выступали образцы из сливочно-пахтовой смеси с применением пахты, полученной способом сбивания сливок (пахта-сырье НСС). В качестве

¹Боброва А. В. Разработка технологии функциональных кисломолочных продуктов на основе концентратов пахты и молочной сыворотки, полученных нанофильтрацией: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04. – Вологда-Молочное, 2019. – 182 с.

контрольных образцов выступала сметана из сливок натуральных и нормализованных ОБМ.

Согласно предварительным исследованиям, было установлено, что применение пахты-сырья НСС в количестве до 10 % от массы сливочной смеси способствует получению продукта с невыраженными вкусовыми и ароматическими показателями. Поэтому для исследований было выбрано следующее количественное содержание пахты-сырья НСС/ОБМ в составе сливочной смеси опытных и контрольных образцов сметаны: 10, 20, 30 и 40 %, а также для более широкого анализа качественных показателей продукта – 50 % от массы сливочной смеси.

Для производства сметаны из сливочно-пахтовых смесей применяли промышленную технологию получения продукта из натуральных сливок термостатным способом, адаптированную к лабораторным условиям по технологической инструкции ТИ ВУ 192762412.066-2022 на сметану «На здоровье». Технологический процесс включает выполнение следующих операций: первоначально осуществляли составление смесей из сливок и пахты-сырья НСС/ОБМ. Далее проводили процесс гомогенизации натуральных сливок или смесей при температуре 50–70 °С и давлении 12–15 Мпа, после чего исследуемые образцы подвергали тепловой обработке при температуре 90–92 °С с выдержкой 15–20 с, затем охлаждали до температуры сквашивания 30–33 °С и вносили бактериальную закваску лиофилизированную концентрированную белорусского производства РУП «Институт мясо-молочной промышленности» СМ-МТв (*Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*, *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*) прямым способом непосредственно в смесь из расчета 10 Е. А. на 1000 кг смеси. Далее заквашенные сливочно-пахтовые смеси расфасовывали в потребительскую тару и проводили процесс сквашивания при температуре 30–33 °С в течение 10–12 ч согласно рекомендациям производителя. По достижении активной кислотности сгустка 4,7–4,8 ед. рН процесс сквашивания считали законченным. Затем образцы, сквашенные в упаковке, охлаждали до (17±1) °С в хладостатной камере, после чего их направляли в холодильную камеру с температурой (4±2) °С для созревания сметаны в течение 6–12 ч.

При проведении эксперимента для всех исследуемых образцов сыворотки отбор проб и подготовку их к анализу осуществляли по ГОСТ 26809.1–2014, эффективную вязкость – с применением ротационного вискозиметра; влагоудерживающую способность – методом центрифугирования; органолептические показатели – сенсорным методом; титруемую кислотность – по ГОСТ 3624-92; биологическую ценность – расчетным методом по критериям, разработанными академиками Н. Н. Липатовым и И. А. Роговым, основанных на развитии принципа Митчелла – Блока [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изменение эффективной вязкости неразрушенных сгустков сметаны с м.д.ж. 10, 15 и 20 % из сырья разного компонентного состава с температурой (4±2) °С в процессе хранения в течение 14-ти суток при стандартной температуре до 6 °С представлено на рис. 1.

Анализируя представленные данные на рис. 1, установлено, что все исследуемые образцы сметаны различной жирности, независимо от компонентного состава, характеризовались увеличением показателей эффективной вязкости в процессе хранения в течение 14-ти суток при температуре (4±2) °С, что связано с отвердеванием и кристаллизацией молочного жира, образованием новых жировых скоплений в процессе созревания и хранения продукта, а также с белками, которые, благодаря своей способности связывать влагу, также улучшают консистенцию сгустков¹.

В зависимости от жирности опытных и контрольных образцов сметаны отмечено, что с увеличением м.д.ж. продукта от 10 до 20 % показатели эффективной вязкости пропорционально возрастали.

¹Химия и физика молока и молочных продуктов / К. К. Горбатова, П. И. Гунькова – СПб.: ГИОРД, 2012. – 336 с.

В зависимости от сырьевого состава сливочных смесей, в том числе количественного соотношения сырьевых компонентов сметаны с м.д.ж. 10, 15 и 20 % установлено, что по мере увеличения количества пахты-сырья НСС или ОБМ до 50 % в составе продукта наблюдалось снижение показателей эффективной вязкости неразрушенных сгустков. При этом использование пахты-сырья НСС в количестве до 40 % от массы смеси позволило получить продукт, характеризующийся приемлемой консистенцией в процессе хранения в течение 14-ти суток при температуре (4 ± 2) °С, не уступающей сметане на основе натуральных сливок и смеси сливок и ОБМ. При этом наиболее приближенными по показателям эффективной вязкости сметане из традиционного сырья, а также ярко выраженными вкусовыми и ароматическими характеристиками обладали образцы сметаны из сливок и пахты-сырья НСС в количестве 20 % от массы смеси. Напротив, использование пахты в количестве 50 % в составе смеси способствовало формированию жидкой консистенции сгустков.

Изменение влагоудерживающей способности сметаны с м.д.ж. 10, 15 и 20 % из сырья разного компонентного состава в процессе хранения в течение 14-ти суток при температуре (4 ± 2) °С представлено на рис. 2.

Согласно представленным данным на рис. 2, отмечена тенденция улучшения влагоудерживающей способности всех исследуемых образцов сметаны различной жирности, независимо от компонентного состава, в процессе хранения в течение 14-ти суток при температуре (4 ± 2) °С, что связано с дальнейшим отвердеванием молочного жира и уплотнением структуры продукта.

В зависимости от массовой доли жира готового продукта установлено, что с увеличением жирности сметаны от 10 до 20 % количество выделившейся сыворотки в исследуемых опытных и контрольных образцах в процессе центрифугирования увеличивалось.

В зависимости от компонентного состава и количественных соотношений сырьевых компонентов сливочных смесей сметаны с м.д.ж. 10, 15 и 20 % определено, что опытные образцы сметаны из сливочно-пахтовых смесей, независимо от количественного содержания пахты-сырья НСС в составе продукта, характеризовались лучшей влагоудерживающей способностью по сравнению с контрольными образцами из натуральных сливок и сливок, нормализованных ОБМ с соответствующим соотношением молочного сырья.

При этом опытные образцы сметаны из сливок и пахты-сырья НСС в количестве до 40 % от массы смеси характеризовались влагоудерживающей способностью в среднем на 3–4 % выше по сравнению с контрольными образцами продукта из традиционного молочного сырья, а в количестве 50 % от массы смеси – напротив, в среднем ниже на 15 %.

Полученные данные реологических и синергетических свойств сметаны с м.д.ж. 10, 15 и 20 % из сырья разного компонентного состава можно объяснить мелкодисперсностью жировых шариков пахты-сырья НСС, что отражено на рис. 3.

Согласно результатам микроскопирования исследуемых образцов (рис. 3), жировые шарики гомогенизированных сливочно-пахтовых смесей мелкодиспергированы, основная масса которых не превышает размеры 1,0 мкм. При этом в гомогенизированной сливочной смеси и смеси из сливок, нормализованных ОБМ, диаметр жировых шариков в среднем больше в 1,5–2 раза по сравнению с образцами из сливок и пахты-сырья НСС.

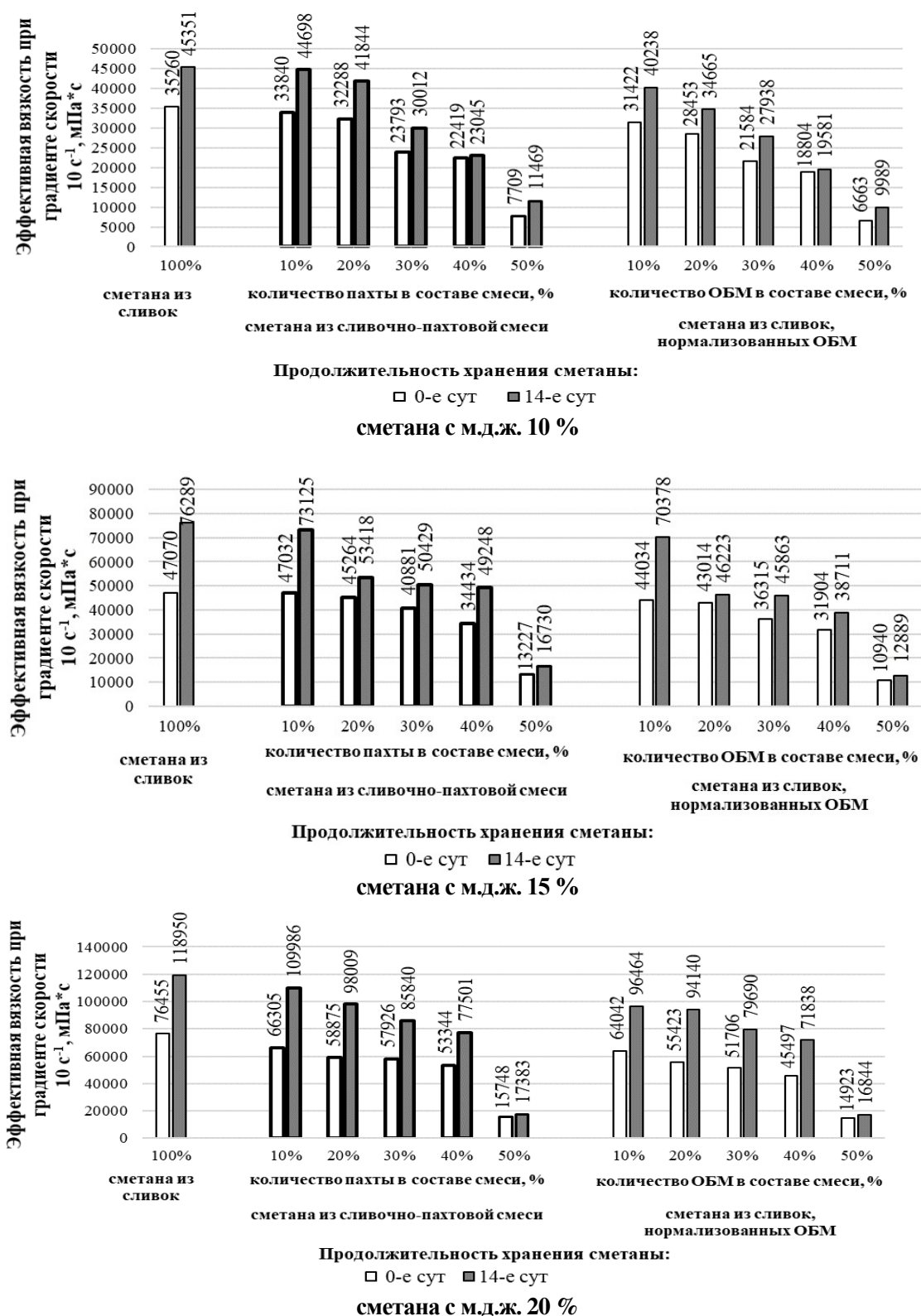


Рис. 1. Зависимость эффективной вязкости сметаны от количественного содержания сырьевых компонентов в составе сливочной смеси

Fig. 1. Dependence of the effective viscosity of sour cream on the quantitative content of raw components in the composition of cream mixture

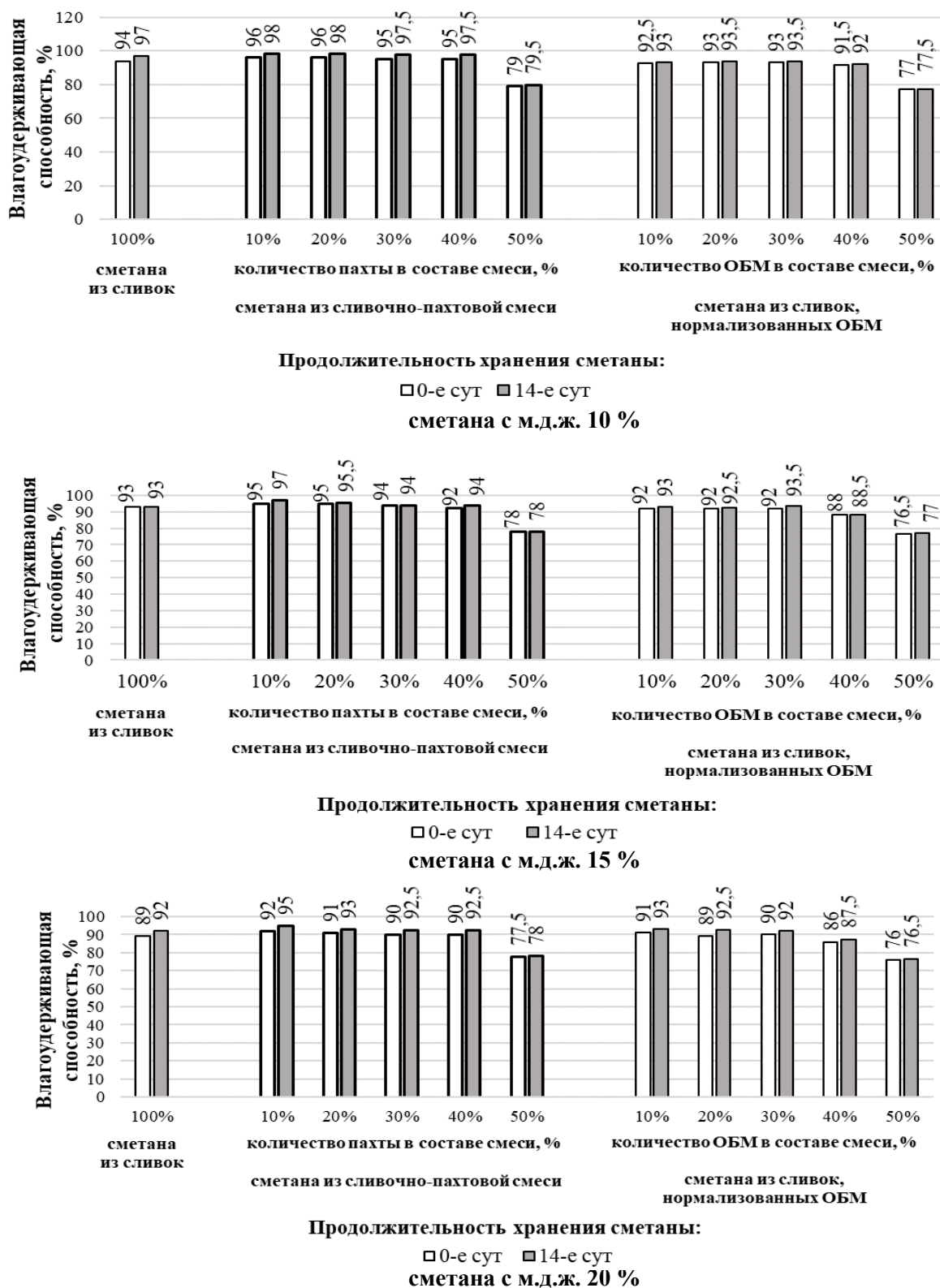


Рис. 2. Зависимость влагоудерживающей способности сметаны от количественного содержания сырьевых компонентов в составе сливочной смеси

Fig. 2. Dependence of sour cream water retention capacity on the quantitative content of raw components in the composition of cream mixture



Рис. 3. Микроскопические картины смесей на основе сырья разного компонентного состава

Fig. 3. Microscopic images of mixtures based on raw materials with different component composition

Изменение титруемой и активной кислотности сметаны с м.д.ж. 10, 15 и 20 % из сырья разного компонентного состава в процессе хранения в течение 14-ти суток при температуре $(4\pm 2)^\circ\text{C}$ представлено на рис. 4.

Установлено (рис. 4), что в течение 14-ти суток хранения при температуре $(4\pm 2)^\circ\text{C}$ показатели титруемой кислотности всех исследуемых образцов сметаны с м.д.ж. 10, 15 и 20 % возросли и не превышали нормативные значения 90–100 °Т согласно ТНПА.

В зависимости от жирности сметаны из сырья разного компонентного состава отмечено, что с увеличением м.д.ж. исследуемых образцов от 10 до 20 % показатели титруемой кислотности становились несколько ниже.

Установлено, что опытные образцы сметаны из сливок и пахты-сырья НСС, независимо от количественного содержания сырьевых компонентов в составе сливочной смеси, не имели существенных отличий в динамике изменения титруемой кислотности в процессе хранения по сравнению с контрольными образцами из традиционного молочного сырья.

Одним из наиболее значимых показателей, оказывающих влияние на потребительские характеристики сметаны, является органолептическая оценка вкуса и запаха, консистенции и внешнего вида готового продукта.

Установлено, что увеличение количества пахты-сырья НСС в составе сливочной смеси способствовало усилению сливочного и кисломолочного вкуса и аромата, однако консистенция продукта становилась менее вязкой. В свою очередь, контрольные образцы сметаны из натуральных сливок и сливок, нормализованных ОБМ, преимущественно характеризовались кисломолочным вкусом и ароматом. Наиболее ярко выраженными вкусовыми и ароматическими характеристиками обладали опытные образцы сметаны из сливочно-пахтовой смеси с содержанием пахты-сырья НСС в количестве 20 % от массы смеси. Увеличение содержания пахты-сырья НСС или ОБМ как в опытных, так и контрольных образцах, соответственно, до 50 % от массы смеси способствовало формированию жидкой консистенции сгустков, что отрицательно сказалось на потребительских характеристиках готовой продукции и подтверждено ранее представленными результатами эффективной вязкости сметаны.

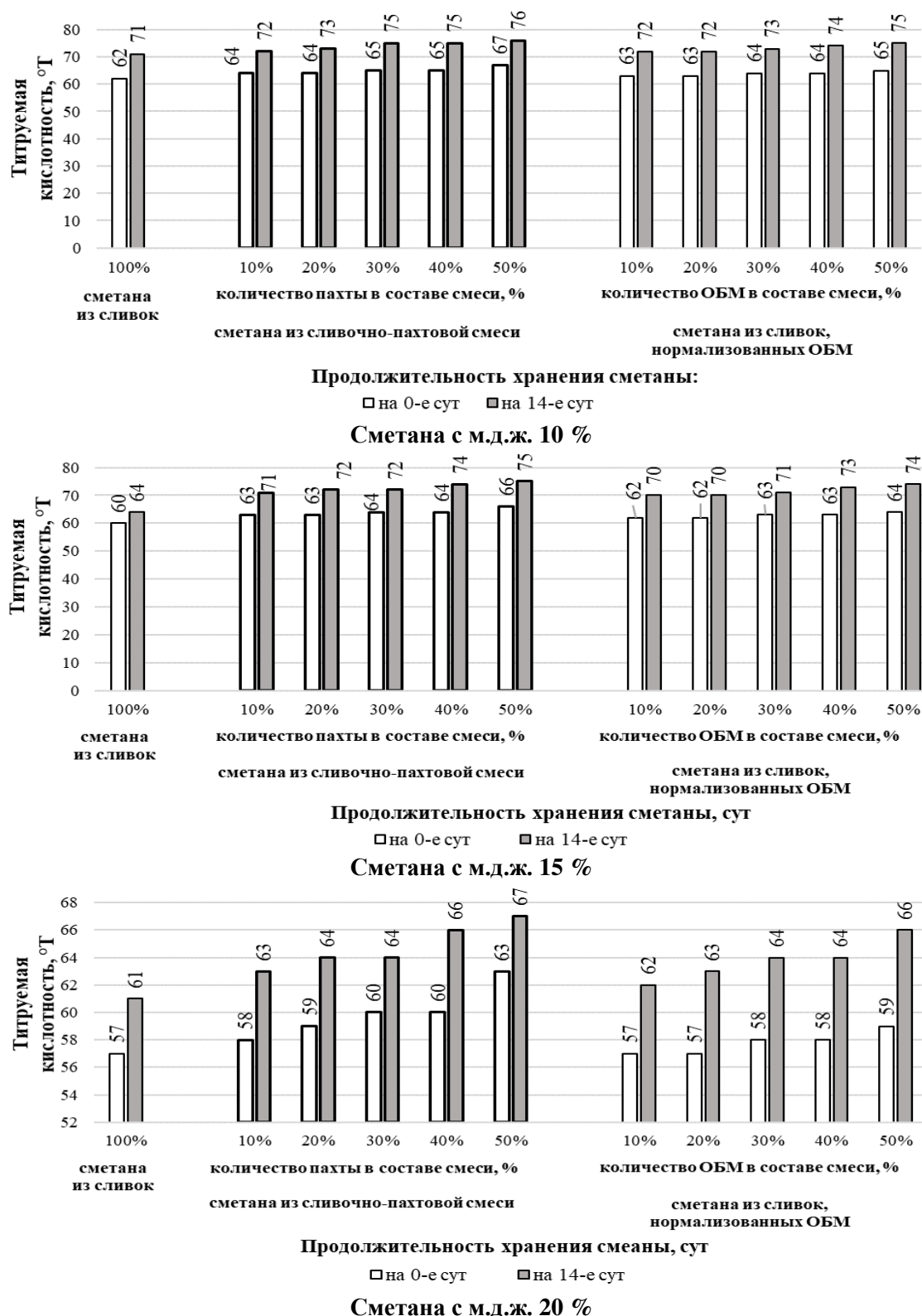


Рис. 4. Зависимость титруемой кислотности сметаны от количественного содержания сырьевых компонентов в составе сливочной смеси

Fig. 4. Dependence of titrated sour cream on the quantitative content of raw components in the composition of the cream mixture

С учетом вышепредставленных исследований структурно-механических, органолептических и физико-химических показателей рациональным является применение пахты-сырья НСС в составе сливочной смеси при производстве сметаны в количестве до 40 % от массы смеси.

Особое значение в области здорового питания играет биологическая ценность продуктов, а именно наличие незаменимых аминокислот. Сбалансированная и полноценная по аминокислотному составу молочная продукция будет оказывать положительное воздействие на функционирование организма человека. При этом исключение из рациона хотя бы одной аминокислоты повлечет за собой нарушение процессов метаболизма [16].

Исследования биологической ценности сметаны из сливочно-пахтовых смесей представлены на примере низкожирных видов продукта с м.д.ж. 15 %, поскольку она является более диетической и предпочтительна для людей пожилого возраста.

Содержание незаменимых аминокислот в сметане на основе сырья разного компонентного состава и отношение к белковому этанолу представлено в табл. 1.

Табл. 1. Аминокислотный состав сметаны на основе сливочно-пахтовых смесей

Table 1. Amino acid composition of sour cream based on cream-buttermilk mixtures

Наименование аминокислоты (АК)	Эталонный белок ФАО/ВОЗ, г/100г белка	Сметана из сливок и ОБМ (в потоке) АК, г/100г белка	Сметана на основе сливок и пахты в соотношении (%), соответственно:			
			90:10	80:20	70:30	60:40
			АК, г/100г белка	АК, г/100г белка	АК, г/100г белка	АК, г/100г белка
Валин	4	7,07	7,03	6,65	6,26	5,87
Изолейцин	3	6,36	5,95	5,62	5,30	4,98
Лейцин	6,1	9,75	9,43	9,10	8,77	8,43
Лизин	4,8	6,64	7,50	7,28	7,05	6,82
Метионин+цистеин	2,3	2,43	2,67	2,58	2,48	2,38
Треонин	2,5	4,54	4,73	4,58	4,42	4,27
Триптофан	0,66	1,43	2,00	2,45	2,91	3,37
Фенилаланин+тирозин	4,1	4,82	5,30	5,41	5,52	5,62
Итого:	27,46	43,04	44,62	43,66	42,70	41,75

Согласно результатам, представленным в табл. 1, с увеличением количества пахты в составе сливочных смесей при производстве сметаны наблюдается снижение содержания незаменимых АК в продукте. При этом суммарный удельный вес незаменимых АК в сметане из сливочно-пахтовых смесей с содержанием пахты-сырья НСС 10 % от массы смеси составил 44,62 г/100 г белка, 20 % от массы смеси – 43,66 г/100 г белка, что несколько выше по сравнению с традиционной сметаной из сливок, нормализованных ОБМ, содержание белковых составляющих в которой находится в количестве 43,04 г/100 г белка. В образцах сметаны с использованием пахты-сырья НСС в количестве 30 и 40 % от массы смеси содержание незаменимых аминокислот несколько ниже по сравнению со сметаной из традиционного сырья и составляет 42,70 и 41,75 г/100 г белка соответственно. Причем все исследуемые образцы по наличию белковых составляющих превысили их количество в эталонном белке ФАО/ВОЗ, что может свидетельствовать о биологической полноценности белков сметаны из сливочно-пахтовых смесей.

Усвоение организмом человека незаменимых АК напрямую зависит от показателя минимального сгора одной из них, в связи с чем был произведен расчет показателя утилитарности незаменимых АК.

Расчетные величины показателей утилитарности незаменимых аминокислот белков сметаны 15 % из сливочно-пахтовых смесей изображены на рис. 5.

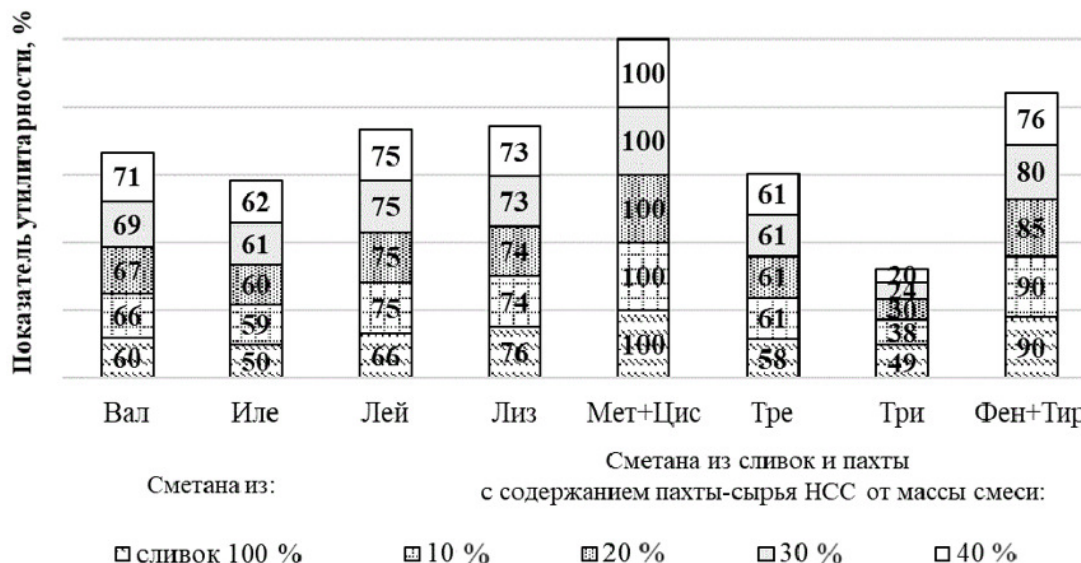


Рис. 5. Показатели утилитарности незаменимых АК сметаны 15 % из сливочно-пахтовых смесей

Fig. 5. Utility indicators of essential amino acids of sour cream 15 % from creamy buttermilk mixtures

Как свидетельствуют данные, представленные на рис. 5, наименьшим показателем утилитарности незаменимых АК в белке исследуемых образцов сметаны 15 % из сливочно-пахтовых смесей обладает триптофан. Это свидетельствует о том, что именно эта незаменимая АК будет использоваться организмом человека наименее рационально, что, в свою очередь, является несомненным плюсом, поскольку «при ее избыточном содержании в пище под влиянием микробных ферментов в кишечнике образуются ядовитые вещества, имеющие в своем строении ароматическое кольцо: фенол, скатол, индол» [16]. Результаты расчетов аналитических коэффициентов, характеризующих усвояемость белков сметаны с м.д.ж. 15 % из сливочно-пахтовых смесей, представлены в табл. 2.

На основании полученных результатов сбалансированности и разбалансированности аминокислотного состава, которые по отношению к физиологически необходимой норме и для эталонного белка ФАО/ВОЗ должны составлять 1 и 0 ед., можно заключить, что более рациональным использованием белковых составляющих будет обладать сметана из сливок и пахты-сырья НСС по сравнению со сметаной из традиционного молочного сырья.

По значению сопоставимой избыточности, которая является информативным показателем сбалансированности состава незаменимых АК в белке и для «идеального» белка ФАО/ВОЗ составляет 0, все исследуемые образцы сметаны из сливочно-пахтовых смесей находятся на одинаковом уровне в диапазоне 0,11–0,13 %.

По показателю усвояемости все исследуемые образцы сметаны из сливочно-пахтовых смесей максимально приближены к «идеальному» белку ФАО/ВОЗ, что может свидетельствовать о полной мере удовлетворения потребности организма человека в незаменимых АК. Установлено, что все исследуемые образцы сметаны из сливочно-пахтовых смесей характеризуются высокой биологической ценностью, о чем свидетельствуют приближенные к эталону значения индекса незаменимых АК (ИНАК), которые находятся приблизительно на одинаковом уровне.

Табл. 2. Аминокислотная сбалансированность белков сметаны из сливочно-пахтовых смесей**Table 2.** Amino acid balance of sour cream proteins from cream-buttermilk mixtures

Наименование показателя	Эталонный белок ФАО/ВОЗ	Сметана из сливок и ОБМ (в потоке)	Сметана на основе сливок и пахты НСС в соотношении (%), соответственно:			
			10	20	30	40
Коэффициент сбалансированности аминокислотного состава КСАС (u), ед.	1	0,67	0,72	0,70	0,69	0,68
Коэффициент разбалансированности аминокислотного состава КРАС (R), ед.	0	0,33	0,28	0,30	0,31	0,32
Показатель сопоставимой избыточности σ_c , %	0	0,13	0,11	0,12	0,12	0,13
Усвояемость (U), %	100	99,87	99,89	99,88	99,88	99,87
Индекс незаменимых аминокислот ИНАК	1	1,38	1,39	1,40	1,40	1,40

Приведенные исследования свидетельствуют о высокой биологической ценности сметаны из сливочно-пахтовых смесей, поскольку продукт характеризуется высокой усвояемостью, сбалансированностью незаменимых аминокислот по отношению к эталонному белку ФАО/ВОЗ и отсутствием лимитирующих белковых составляющих. При этом применение пахты-сырья НСС в составе сливочной смеси до 20 % по содержанию незаменимых АК несколько превышает их количество в образце из сливок, нормализованных ОБМ, а в количестве 30 и 40 % – находятся практически на одинаковом уровне.

Таким образом, рекомендовано при производстве сметаны различной жирности использовать пахту-сырье НСС в количестве до 40 % от массы смеси, а наиболее рациональным явилось содержание 20 % в составе продукта, что обосновано вкусовыми и ароматическими показателями, консистенцией и аминокислотным составом продукта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявлены зависимости, характеризующие влияние количественного соотношения сырьевых компонентов в составе сливочно-пахтовой смеси на органолептические, физико-химические показатели, структурно-механические свойства и биологическую ценность сметаны.

Определены оптимальные количественные соотношения сырьевых компонентов сливок и пахты, полученной способом сбивания от сладкосливочного масла, при производстве сметаны из сливочно-пахтовых смесей.

Показано, что применение пахты в количестве до 40 % в составе сливочной смеси позволяет получить продукт, характеризующийся выраженными вкусовыми и ароматическими характеристиками, однородной, нежной консистенцией, стабильным кислотообразованием и высокой влагоудерживающей способностью, а также сбалансированной по аминокислотному составу, с высокой усвояемостью и отсутствием лимитирующих белковых составляющих, что не уступает сметане из традиционного молочного сырья. Сметана из сливок и пахты в количестве до 20 % по содержанию незаменимых аминокислот несколько превышает их количество в образце из натуральных сливок, а при использовании пахты в количестве 30 и 40 % от массы смеси находятся практически на одном уровне. При этом наиболее

рациональным явилось применение пахты для получения сметаны в количестве 20 %, что обосновано органолептическими показателями и высокой биологической ценностью продукта.

Рекомендовано в технологии производства сметаны использовать пахту, полученную способом сбивания сливок, в количестве до 40 % от массы смеси, а наиболее рациональным считать содержание – 20 %, что дает возможность получить продукт с высокой усвояемостью, сбалансированностью незаменимых аминокислот по отношению к эталонному белку ФАО/ВОЗ и отсутствием лимитирующих белковых составляющих, а также выраженными органолептическими показателями, приемлемыми структурно-механическими и стабильными физико-химическими свойствами в процессе хранения.

Настоящая работа выполнена на кафедре технологии молока и молочных продуктов Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий в рамках НИР «Научно-практическое обоснование расширения сырьевых ресурсов в технологии производства сметаны», включенной в государственную программу научных исследований «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность».

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Гетманец, В. Н. Производство сметаны и сметанного продукта / В. Н. Гетманец // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2(148). – С. 167–171.
- 2 Остроумов, Л. А. Пахта – продукт высокой биологической активности / Л. А. Остроумов, И. А. Мазеева // Молочная промышленность. – 2009. – № 7. – С. 52–53.
- 3 Кубекина, М. В. Фосфолипиды пищи: влияние на липидный обмен и факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний / М. В. Кубекина [и др.] // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86. – № 3. – С. 6–18.
- 4 Яйленко, А. А. Роль макро- и микронутриентов в профилактике и коррекции когнитивных расстройств у детей / А. А. Яйленко // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2020. – Т. 19. – № 1. – С. 216–226.
- 5 Шингарева, Т. И. Применение пахты для нормализации смеси при производстве продукта кефирного / Т. И. Шингарева [и др.] // Техника и технология пищевых производств: XIII Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 23–24 апр. 2020 г.: тез. докл. в 2 т. / Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»; ред.: А. В. Акулич (отв.ред.) [и др.]. – Могилев, 2020. – Т. 1. – С. 312–313.
- 6 Шуляк, Т. Л. Создание кисломолочных напитков из пахты с пониженным содержанием лактозы / Т. Л. Шуляк, Н. Ф. Гуца, В. П. Тишкевич // Перспективи розвитку м'ясної, молочної та олієвиробничих галузей у контексті євроінтеграції: програма та матеріали четвертої міжнар. наук.-техн. конф., Київ, 24–25 березня 2015 р. / Національний університет харчових технологій. – Київ: НУХТ, 2015. – С. 90–91.
- 7 Дымар, О. В. Технология производства мягких сыров на основе пахты / О. В. Дымар, Е. В. Ефимова, С. И. Вырина // Переработка молока. – 2015. – № 3. – С. 44–47.
- 8 Чекалева, А. В. Использование концентратов пахты, полученных обратным осмосом и нанофильтрацией, в производстве йогурта / А. В. Чекалева, Н. Г. Острцова // Молочнохозяйственный Вестник. – 2012. – № 3 (7). – С. 77–83.
- 9 Острцова, Н. Г. Использование нанофильтрационных концентратов пахты и сыворотки для кисломолочных продуктов с повышенной массовой долей белка / Н. Г. Острцова, А. В. Боброва // Пищевые системы. – 2021. – Т. 4. – № 2. – С. 134–143.
- 10 Мельникова, Е. И. Применение пахты в технологии кисломолочного мороженого / Е. И. Мельникова [и др.] // Вестник Международной академии холода. – 2020. – № 1. – С. 60–66.
- 11 Насонова, Ю. К. Разработка технологии творожного продукта с использованием сухой пахты / Ю. К. Насонова [и др.] // Ползуновский вестник. – 2018. – № 3. – С. 57–61.
- 12 Ефимова, Е. В. Использование пахты для производства новых видов сыров / Е. В. Ефимова, К. В. Обьедков, Е. М. Валялкина // Комплексное использование биоресурсов: малоотходные технологии: материалы международной научно-практической конференции; под общей ред. член-корр. РАСХН, д-ра техн. наук, профессора Р. И. Шаззо / г. Краснодар (11–12 марта 2010 г.). – Издательский Дом-Юг, 2010. – С. 61–64.
- 13 Скокова, О. И. Научно-практические основы применения пахты в технологии сметаны повышенной биологической ценности / О. И. Скокова [и др.] // Наука, питание и здоровье: сб. научных трудов / Национальная академия наук Беларуси, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»; ред.: З. В. Ловкис [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2021. – Ч. 1. – С. 273–281.
- 14 Чеканова, Ю. Ю. Эффективность применения пахты в технологии производства сметаны с высокой пищевой ценностью / Ю. Ю. Чеканова, А. А. Павлюковец, О. И. Купцова // Материалы Международной научной конференции

молодых учёных и специалистов, посвящённой 180-летию со дня рождения К. А. Тимирязева, г. Москва, 5–7 июня 2023 г.: сб. статей / Коллектив авторов; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева. – М: Издательство РГАУ-МСХА, 2023. – С. 457–461.

15 Липатов, Н. Н. Некоторые аспекты моделирования аминокислотной сбалансированности пищевых продуктов / Н. Н. Липатов // Пищевая и перерабатывающая промышленность. – 1986. – № 4. – С. 48–52.

16 Лысиков, Ю. А. Аминокислоты в питании человека / Ю. А. Лысиков // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2012. – № 2. – С. 88–105.

Поступила в редакцию 24.11.2023 г.

ОБ АВТОРАХ:

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

Чеканова Юлия Юрьевна, старший преподаватель кафедры технологии молока и молочных продуктов, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий (БГУТ), e-mail: chekanowa_07@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.

Yuliya Yu. Chekanova, senior teacher of the Department of Milk and Dairy Products, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: chekanowa_07@mail.ru.

ПРОЦЕССЫ, АППАРАТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

УДК 621.928.93

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТИ УЛАВЛИВАНИЯ ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ СИСТЕМЫ ЦИКЛОН-ВИХРЕВОЙ ПРОТИВОТОЧНЫЙ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЬ

А. В. Акулич¹, В. М. Лустенков¹, В. М. Акулич², Л. А. Гостиницкова¹

¹Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь

²Белорусско-Российский университет, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Повышение эффективности очистки пылегазовых потоков с применением двухступенчатых систем пылеулавливания является актуальной задачей. Поэтому с научной точки зрения важно установление закономерности и зависимостей при исследовании гидравлического сопротивления и эффективности улавливания мелкодисперсных твердых частиц в двухступенчатой системе пылеулавливания циклон-вихревой противоточный пылеуловитель.

Материалы и методы. Использована двухступенчатая разработанная установка циклон-вихревой противоточный пылеуловитель, оснащенная контрольно-измерительными и регулируемыми приборами. Гидродинамические исследования проведены по стандартным методикам.

Результаты. Проведены экспериментальные исследования гидравлического сопротивления и эффективности улавливания мучной пыли в двухступенчатой системе пылеулавливания циклон-вихревой противоточный пылеуловитель и получены новые данные. Осуществлена обработка результатов экспериментов и получены уравнения для расчета гидравлического сопротивления первой ступени – циклона ЦН-24 (ΔP_1), участка воздуховода, соединяющего циклон и вихревой противоточный пылеуловитель (ΔP_2), второй ступени – вихревого противоточного пылеуловителя (ΔP_3) и двухступенчатой системы пылеулавливания (ΔP_0), а также общей эффективности улавливания мучной пыли (муки пшеничной) на первой ступени (η_1), второй ступени (η_2) и двухступенчатой системы пылеулавливания (η_0) от кратности расходов и относительного объемного расхода воздуха.

Выводы. Установлена закономерность с изменением кратности расходов существования области наибольшей эффективности улавливания мелкодисперсных твердых частиц в двухступенчатой системе пылеулавливания циклон-вихревой противоточный пылеуловитель при наименьшем ее гидравлическом сопротивлении. Получены новые зависимости гидравлического сопротивления и эффективности улавливания мучной пыли в двухступенчатой системе пылеулавливания и по ее ступеням от кратности расходов и объемного расхода воздуха.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: двухступенчатая система пылеулавливания; циклон; вихревой противоточный пылеуловитель; кратность расходов; гидравлическое сопротивление; эффективность улавливания.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Акулич, А. В. Исследование гидравлического сопротивления и эффективности улавливания двухступенчатой системы циклон-вихревой противоточный пылеуловитель/ А. В. Акулич [и др.] // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2023. – № 2(35). – С. 128–136.

STUDY OF HYDRAULIC RESISTANCE AND COLLECTION EFFICIENCY OF A TWO-STAGE CYCLONE-VORTEX COUNTERFLOW DUST COLLECTOR SYSTEM

A. V. Akulich¹, V. M. Lustenkov¹, V. M. Akulich², L. A. Gostinshchikova¹

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

²Belarusian-Russian University, Republic of Belarus

ABSTRACT

Introduction. Increasing the efficiency of dust and gas flows cleaning using two-stage dust collection systems is an urgent task. Therefore, from a scientific point of view, it is important to establish patterns and dependencies when studying the hydraulic resistance and the efficiency of collection fine solid particles in a two-stage dust collection system cyclone–vortex counterflow dust collector.

Materials and methods. A two-stage developed installation cyclone-vortex countercurrent dust collector, equipped with instrumentation and control devices was used. Hydrodynamic studies were carried out using standard methods.

Results. Experimental studies of the hydraulic resistance and efficiency of flour dust collection in a two-stage dust collection system cyclone-vortex counterflow dust collector were carried out and new data were obtained. The experimental results were processed and equations were obtained to calculate the hydraulic resistance of the first stage-cyclone ЦН-24 (ΔP_1), the section of the air duct connecting the cyclone and the vortex counterflow dust collector (ΔP_2), the second stage - the vortex counterflow dust collector (ΔP_3) and the two-stage dust collection system (ΔP_0), as well as the overall efficiency of flour dust collection (wheat flour) at the first stage (η_1), the second stage (η_2) and the two-stage dust collection system (η_0) on the flow rate and relative volumetric air flow.

Conclusions. A pattern has been established with a change in the flow rates multiplicity of the existence of the domain of greatest collection efficiency in fine solid particles in a two-stage dust collection system cyclone-vortex counterflow dust collector with its lowest hydraulic resistance. New dependences of the hydraulic resistance and the efficiency of flour dust collection in a two-stage dust collection system and in its stages on the flow rate and volumetric air flow rate were obtained.

KEY WORDS: *two-stage dust collection system; cyclone; vortex counterflow dust collector; multiplicity of flow rates; hydraulic resistance; collection efficiency.*

FOR CITATION: Akulich, A. V. Study of hydraulic resistance and collection efficiency of a two-stage cyclone-vortex counterflow dust collector system / A. V. Akulich [et al.] // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2023. – №. 2(35). – P. 128–136 (in Russian).

ВВЕДЕНИЕ

Большинство предприятий пищевой, химической и других отраслей промышленности осуществляет процессы, которые сопровождаются значительным выделением пыли. Содержание промышленной пыли на рабочих местах регламентируется требованиями по охране труда, что обуславливает необходимость модернизации и установки современного оборудования для очистки газов от взвешенных частиц и примесей. В ряде пищевых производств улавливание мелкодисперсных частиц из уходящих газовых потоков в теплотехнологических установках необходимо вследствие того, что твердая фаза является целевым готовым продуктом. При выборе пылеулавливающего оборудования необходимо учитывать не только дисперсный состав пыли и требуемую степень очистки, но также себестоимость и эксплуатационную надежность [1–4].

Во многих случаях для пылеулавливания предусматривается двухступенчатая система очистки газов, объединяющая в себе различные типы оборудования, т.е. такие, как: циклон-фильтр; циклон-скруббер; циклон-электрофильтр и др. На первой ступени пылевоздушная смесь проходит предварительную грубую очистку в циклонах, где очищается от крупнодисперсных частиц, достигая степени очистки не более 70 %. В этом случае циклон является ступенью для «разгрузки» последующего аппарата.

Техническая же реализация второй ступени, после которой эффективность очистки повышается до 95 % и более, может быть разнообразна: струйный пылеуловитель вентиляционного типа [5]; скруббер барботажного типа [6]; фильтр тонкой очистки для улавливания сконденсировавшихся летучих солей тяжелых металлов [7]; циклоны с различной геометрической модификацией пылесборника, впускного и выпускного патрубков [8]; абсорберы различных конструкций [9–11]. Также возможно применение механизма совместного сухого и мокрого пылеулавливания, причем увеличение эффективности пылеулавливания на сухой стадии происходит за счет увеличения центробежной силы, а на мокрой – за счет вихревого дробления жидкости в зоне сопла орошающего устройства [12]. Высокая степень очистки может быть также достигнута с помощью вихревых пылеуловителей со встречно-закрученными потоками. Повышение эффективности улавливания в таких устройствах может быть обеспечено, например: путем установки вертикальных прорезей в цилиндрическом корпусе в зоне кожуха для исключения вторичного пылеуноса [13]; путем установки низкоскоростной трубы Вентури с форсункой, которая орошает поступающий пылегазовый поток, что в свою очередь приводит к образованию более крупных агломератов и препятствует отскоку частиц пыли [14]. Следует отметить, что применение мокрого пылеулавливания неизбежно приводит к увлажнению отходящих газов, а также требует значительных объемов орошающей жидкости и установки дополнительного оборудования для ее последующей очистки.

Одним из рациональных технических решений для реализации двухступенчатой системы очистки газов является впервые предлагаемая система циклон-вихревой противоточный пылеуловитель с управляемой гидродинамикой взаимодействия двух закрученных потоков газовзвеси.

Цель работы – определение режимных параметров, при которых достигается наибольшая эффективность улавливания мелкодисперсных твердых частиц при наименьшем гидравлическом сопротивлении в двухступенчатой системе пылеулавливания циклон-вихревой противоточный пылеуловитель.

Научная задача – установление закономерности и зависимостей при исследовании гидравлического сопротивления и эффективности улавливания мелкодисперсных твердых частиц в двухступенчатой системе пылеулавливания циклон-вихревой противоточный пылеуловитель.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения экспериментальных исследований создана лабораторная установка двухступенчатой системы пылеулавливания циклон-вихревой противоточный пылеуловитель [15].

Принят интервал общего объемного расхода воздуха $Q_0=280\div380$ м³/ч и кратности расходов (отношение объемного расхода воздуха, подаваемого в периферийный входной патрубок к общему объемному расходу воздуха) $k=0,4\div0,8$. В качестве дисперсного материала использована мучная пыль (мука пшеничная).

Фракционный состав проб мучной пыли определен с помощью лазерного дифрактометра LS–100Q.

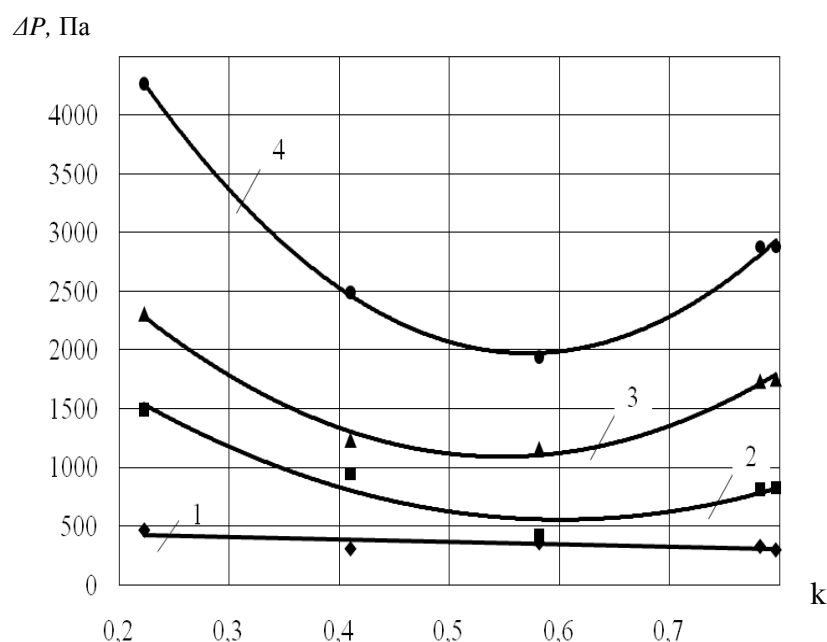
РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведения экспериментальных исследований эффективности улавливания двухступенчатой системы пылеулавливания циклон-вихревой противоточный пылеуловитель в соответствии с выбранной матрицей двухфакторного эксперимента по плану 3^2 для математического планирования эксперимента отобраны пробы мелкодисперсного материала, а именно мучной пыли (муки пшеничной), при объемных расходах воздуха $Q_0 = 280$ м³/ч; 330 м³/ч; 380 м³/ч и кратности расходов $k = 0,4; 0,6; 0,8$, а также пробы исходного материала.

Осуществлена обработка экспериментальных данных, полученных в результате исследований двухступенчатой системы пылеулавливания циклон-вихревой противоточный пылеуловитель по двухфакторному плану 3^2 .

Получены новые зависимости гидравлического сопротивления первой ступени – циклона ЦН-24 (ΔP_1), участка воздуховода, соединяющего циклон и вихревой противоточный пылеуловитель (ΔP_2), второй ступени – вихревого противоточного пылеуловителя (ΔP_3) и двухступенчатой системы пылеулавливания (ΔP_0) от кратности расходов (k) при постоянных общих объемных расходах воздуха $Q_0=280 \text{ м}^3/\text{ч}$; $330 \text{ м}^3/\text{ч}$; $380 \text{ м}^3/\text{ч}$ (рис. 1).

Определено влияние каждой ступени на общее гидравлическое сопротивление двухступенчатой системы. Так, при $Q_0=330 \text{ м}^3/\text{ч}$ в интервале $k=0,5 \div 0,65$ гидравлическое сопротивление наименьшее и для первой ступени – циклона ЦН-24 составляет $\Delta P_1=300 \div 350 \text{ Па}$, участка воздуховода, соединяющего циклон и вихревой противоточный пылеуловитель $\Delta P_2=520 \div 600 \text{ Па}$, второй ступени – вихревого противоточного пылеуловителя $\Delta P_3=1100 \div 1250 \text{ Па}$ и двухступенчатой системы пылеулавливания в целом $\Delta P_0=2000 \div 2100 \text{ Па}$.



1 – циклон; 2 – воздухопровод, соединяющий циклон и вихревой противоточный пылеуловитель;
3 – вихревой противоточный пылеуловитель; 4 – двухступенчатая система пылеулавливания

Рис. 1. Зависимости гидравлического сопротивления двухступенчатой системы пылеулавливания циклон-вихревой противоточный пылеуловитель от кратности расходов k при общем объемном расходе воздуха $Q_0=330 \text{ м}^3/\text{ч}$

Fig. 1. Dependence of the hydraulic resistance of a two-stage dust collection system cyclone-vortex counterflow dust collector on the flow rate k at a total volumetric air flow $Q_0=330 \text{ м}^3/\text{h}$

Установлено, что для двухступенчатой системы пылеулавливания общее гидравлическое сопротивление наименьшее в интервале $k=0,5 \div 0,65$ и при $Q_0=280 \text{ м}^3/\text{ч}$ составляет $\Delta P_0=1500 \div 1650 \text{ Па}$; $Q_0=330 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\Delta P_0=2000 \div 2100 \text{ Па}$; $Q_0=380 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\Delta P_0=2700 \div 2900 \text{ Па}$.

Получены новые уравнения (1–4) для расчета гидравлического сопротивления первой ступени – циклона ЦН-24 (ΔP_1), участка воздуховода, соединяющего циклон и вихревой противоточный пылеуловитель (ΔP_2), второй ступени – вихревого противоточного пылеуловителя (ΔP_3) и двухступенчатой системы пылеулавливания (ΔP_0):

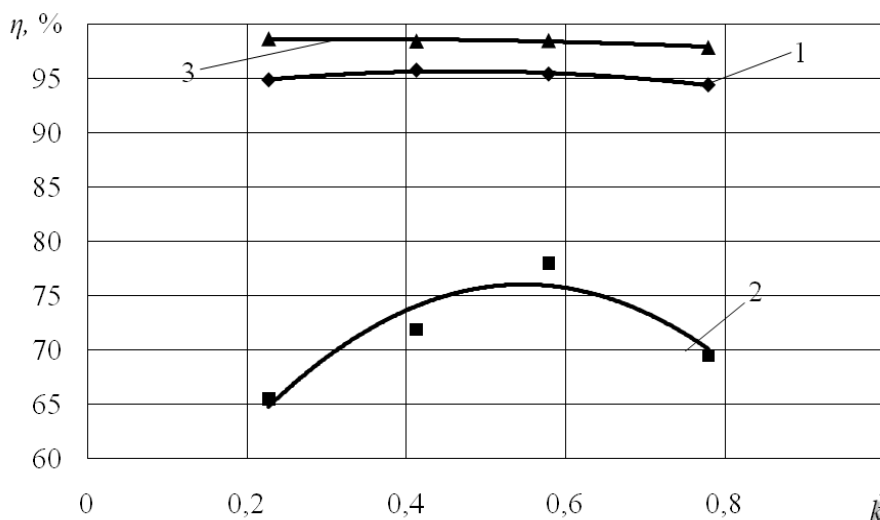
$$\Delta P_0 = 6860 - 874,2 \left(\frac{Q_0}{Q_{\text{расч}}} \right) - 24224 \cdot k + 2483 \left(\frac{Q_0}{Q_{\text{расч}}} \right)^2 + 1407 \left(\frac{Q_0}{Q_{\text{расч}}} \right) \cdot k + 19804 \cdot k^2, \quad (1)$$

$$\Delta P_1 = 78,03 - 386,2 \left(\frac{Q_0}{Q_{\text{расч}}} \right) + 157 \cdot k + 550,6 \left(\frac{Q_0}{Q_{\text{расч}}} \right)^2 + 84,33 \left(\frac{Q_0}{Q_{\text{расч}}} \right) \cdot k - 180,2 \cdot k^2, \quad (2)$$

$$\Delta P_2 = 2849 + 2234 \left(\frac{Q_0}{Q_{\text{расч}}} \right) - 14024 \cdot k - 125,6 \left(\frac{Q_0}{Q_{\text{расч}}} \right)^2 - 899,6 \left(\frac{Q_0}{Q_{\text{расч}}} \right) \cdot k + 12215 \cdot k^2, \quad (3)$$

$$\Delta P_3 = 4164 - 2573 \left(\frac{Q_0}{Q_{\text{расч}}} \right) - 11685 \cdot k + 2033 \left(\frac{Q_0}{Q_{\text{расч}}} \right)^2 + 2223 \left(\frac{Q_0}{Q_{\text{расч}}} \right) \cdot k + 8876 \cdot k^2. \quad (4)$$

Получены новые зависимости общей эффективности улавливания мучной пыли (муки пшеничной) на первой ступени (η_1), второй ступени (η_2) и двухступенчатой системы пылеулавливания (η_0) от кратности расходов (k) при постоянных общих объемных расходах воздуха $Q_0=280 \text{ м}^3/\text{ч}$; $330 \text{ м}^3/\text{ч}$; $380 \text{ м}^3/\text{ч}$ (рис. 2).



1 – циклон; 2 – вихревой противоточный пылеуловитель;
3 – двухступенчатая система пылеулавливания

Рис. 2. Зависимости эффективности улавливания мучной пыли в двухступенчатой системе пылеулавливания циклон-вихревой противоточный пылеуловитель от кратности расходов k при общем объемном расходе воздуха $Q_0=330 \text{ м}^3/\text{ч}$

Fig. 2. Dependence of the efficiency of flour dust collection in a two-stage dust collection system cyclone-vortex counterflow dust collector on the flow rate k at a total volumetric air flow $Q_0=330 \text{ м}^3/\text{h}$

Получены новые уравнения (5–7) для расчета общей эффективности улавливания мучной пыли (муки пшеничной) на первой ступени (η_1), второй ступени (η_2) и двухступенчатой системы пылеулавливания (η_0) от кратности расходов и относительного объемного расхода воздуха:

$$\eta_0 = 79,96 + 28,87 \left(\frac{Q_0}{Q_{\text{расч}}} \right) + 15,25 \cdot k - 11,85 \left(\frac{Q_0}{Q_{\text{расч}}} \right)^2 - 10,83 \left(\frac{Q_0}{Q_{\text{расч}}} \right) \cdot k - 2,92 \cdot k^2, \quad (5)$$

$$\eta_1 = 78,11 + 40,99 \left(\frac{Q_0}{Q_{\text{расч}}} \right) - 14,16 \cdot k - 29,11 \left(\frac{Q_0}{Q_{\text{расч}}} \right)^2 + 35,25 \left(\frac{Q_0}{Q_{\text{расч}}} \right) \cdot k - 19,38 \cdot k^2, \quad (6)$$

$$\eta_2 = -537,6 + 1075 \left(\frac{Q_0}{Q_{\text{расч}}} \right) + 283,6 \cdot k - 539,7 \left(\frac{Q_0}{Q_{\text{расч}}} \right)^2 - 20,75 \left(\frac{Q_0}{Q_{\text{расч}}} \right) \cdot k - 212,6 \cdot k^2. \quad (7)$$

С использованием пакета прикладных программ для математического и статистического анализа данных *STATGRAPHICS Centurion XVI.I* в трехмерном пространстве построены зависимости гидравлического сопротивления (рис. 3) и общей эффективности улавливания мучной пыли (рис. 4) по ступеням двухступенчатой системы в зависимости от кратности расходов в интервале $k = 0,4 \div 0,8$ и относительного объемного расхода воздуха $Q_0/Q_{\text{расч}} = 0,85 \div 1,15$ при $Q_0 = 280 \text{ м}^3/\text{ч}$; $330 \text{ м}^3/\text{ч}$; $380 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $Q_{\text{расч}} = 330 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Проведена оценка уровня значимости факторов варьирования при исследовании гидравлического сопротивления и общей эффективности улавливания мучной пыли на основании карты Парето со стандартной величиной 5 %. Установлена закономерность, определяющая область наибольшей эффективности улавливания мелкодисперсных твердых частиц в двухступенчатой системе пылеулавливания циклон-вихревой противоточный пылеуловитель при наименьшем ее гидравлическом сопротивлении с изменением кратности расходов. Установлено, что наибольшая общая эффективность улавливания мучной пыли обеспечивается в интервале $k = 0,5 \div 0,7$ и для первой ступени – циклона ЦН-24 составляет $\eta_1 = 92 \div 95 \%$, второй ступени – вихревого противоточного пылеуловителя $\eta_2 = 64 \div 78 \%$ и двухступенчатой системы пылеулавливания $\eta_0 = 98 \div 99 \%$.

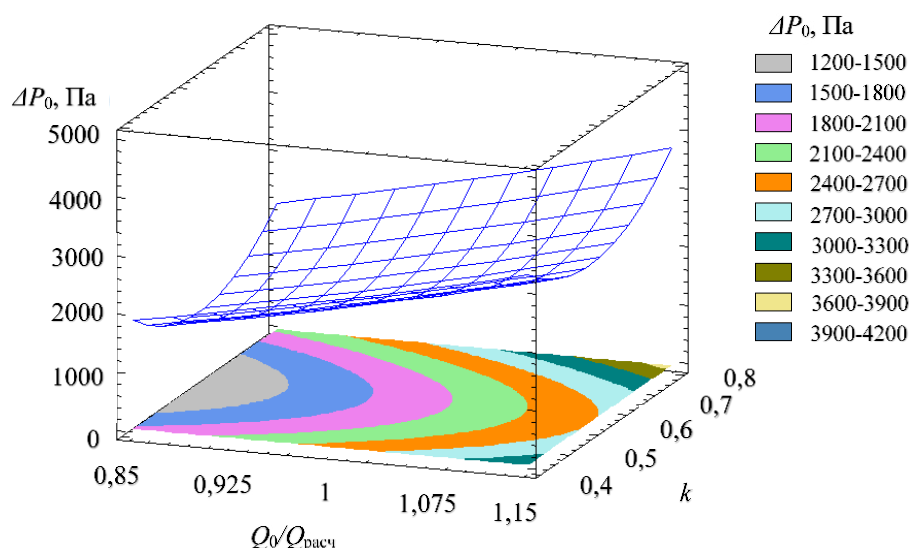


Рис. 3. Зависимость гидравлического сопротивления двухступенчатой системы пылеулавливания циклон-вихревой противоточный пылеуловитель от кратности расходов k и относительного объемного расхода воздуха $Q_0/Q_{\text{расч}}$

Fig. 3. Dependence of the hydraulic resistance of a two-stage dust collection system cyclone-vortex counterflow dust collector on the flow rate k and the relative volumetric air flow Q_0/Q_{calc}

Обработаны результаты исследований на лазерном дифрактометре LS-100Q дисперсного состава проб мучной пыли (муки пшеничной). Получены дифференциальные и интегральные кривые дисперсного состава мучной пыли (муки пшеничной), уловленной по ступеням двухступенчатой системы пылеулавливания циклон-вихревой противоточный пылеуловитель, а также пробы исходной мучной пыли. Установлен следующий фракционный состав пробы исходного материала: $d_{10}^{\text{исх}} = 4,72 \text{ мкм}$, $d_{50}^{\text{исх}} = 18,42 \text{ мкм}$, $d_{90}^{\text{исх}} = 108,7 \text{ мкм}$. Дан сравнительный анализ фракционного распределения исходной мучной пыли и уловленной при общем объемном расходе воздуха $Q_0 = 330 \text{ м}^3/\text{ч}$ и кратности расходов $k = 0,6$ на первой ступени в циклоне и на второй ступени в вихревом противоточном пылеуловителе.

Установлено, что d_{50} (медиана) уменьшается и составляет: $d_{50}^{\text{исх}} = 18,42 \text{ мкм}$, $d_{50}^{\text{п}} = 17,21 \text{ мкм}$, $d_{50}^{\text{ВЗП}} = 10,9 \text{ мкм}$. Это подтверждает, что с уменьшением размера мелкодисперсных частиц d_{50} и увеличением общего объемного расхода воздуха Q_0 , подаваемых в двухступенчатую систему пылеулавливания, эффективность улавливания вихревого противоточного пылеуловителя выше, чем циклона.

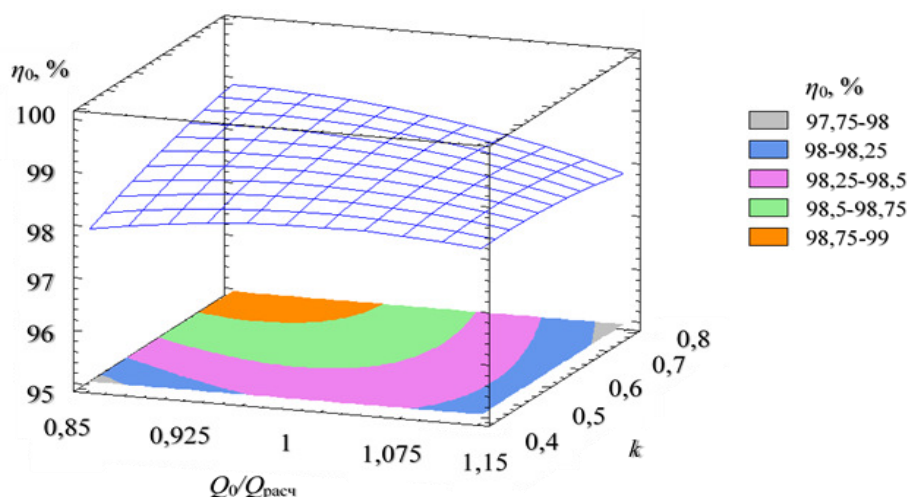


Рис. 4. Зависимость общей эффективности улавливания мучной пыли в двухступенчатой системе пылеулавливания циклон-вихревой противоточный пылеуловитель от кратности расходов k и относительного объемного расхода воздуха $Q_0/Q_{расч}$

Fig. 4. Dependence of the overall efficiency of flour dust collection in a two-stage dust collection system cyclone-vortex counterflow dust collector on the flow rate k and the relative volumetric air flow Q_0/Q_{calc}

Получены интегральные кривые распределения дисперсного состава мучной пыли (муки пшеничной), уловленной на I и II ступенях двухступенчатой системы пылеулавливания циклон-вихревой противоточный пылеуловитель (рис. 5).

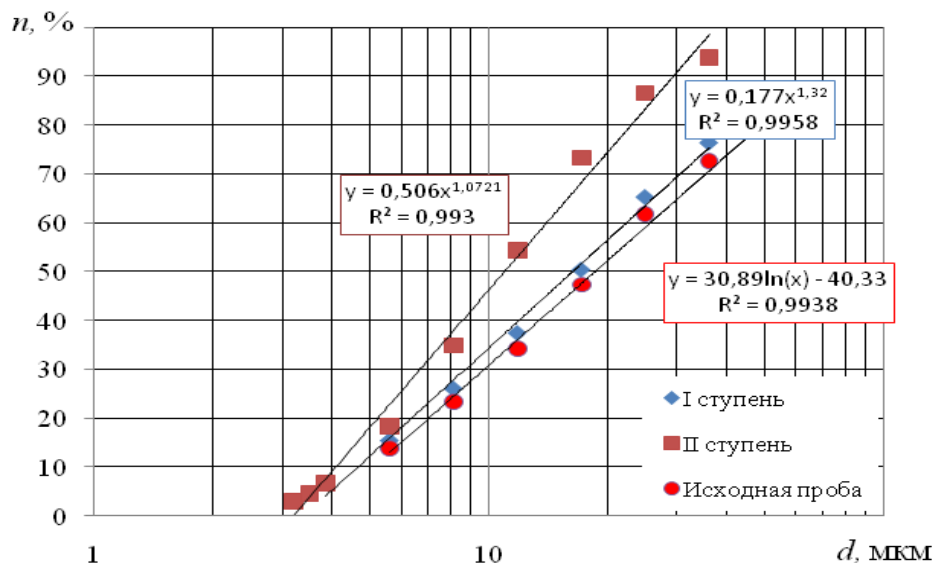


Рис. 5. Интегральные кривые распределения дисперсного состава мучной пыли, уловленной на I и II ступенях двухступенчатой системы пылеулавливания циклон-вихревой противоточный пылеуловитель при общем объемном расходе газа $Q_0 = 330 \text{ м}^3/\text{ч}$ и кратности расходов $k = 0,6$ и пробы исходного материала

Fig. 5. Integral distribution curves of the dispersed composition of flour dust collected at stages I and II of a two-stage dust collection system cyclone-vortex counterflow dust collector with a total volumetric gas flow rate $Q_0 = 330 \text{ м}^3/\text{ч}$ and flow rate $k = 0,6$ and source material samples

Анализируя распределение дисперсного состава по ступеням и пробы исходного материала установлено, что содержание частиц определённого размера в пробах увеличивается на второй ступени. Так содержание частиц мучной пыли (муки пшеничной) диаметром 10 мкм составляет в исходной пробе 31 %, после циклона – 34 %, после вихревого противоточного пылеуловителя – 47 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе проведены экспериментальные исследования гидравлического сопротивления и эффективности улавливания двухступенчатой системы пылеулавливания циклон-вихревой противоточный пылеуловитель, дан их анализ.

Получены новые зависимости и уравнения для расчета гидравлического сопротивления первой ступени – циклона ЦН-24, участка воздуховода, соединяющего циклон и вихревой противоточный пылеуловитель, второй ступени – вихревого противоточного пылеуловителя и двухступенчатой системы пылеулавливания от кратности расходов и относительного объемного расхода воздуха.

Получены новые зависимости и уравнения для расчета общей эффективности улавливания мучной пыли на первой ступени, второй ступени и двухступенчатой системы пылеулавливания от кратности расходов и относительного объемного расхода воздуха.

Выполнен анализ дисперсного состава мучной пыли и получены интегральные кривые распределения частиц мучной пыли (муки пшеничной), уловленной по ступеням двухступенчатой системы пылеулавливания циклон-вихревой противоточный пылеуловитель.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Сажин, Б. С. Основы техники сушки / Б. С. Сажин. – М. : Химия, 1984. – 320 с.
- 2 Акулич, А. В. Исследование гидродинамики вихревого пылеуловителя с визуализацией протекающих процессов и разработка метода управления взаимодействием вихревых потоков / А. В. Акулич [и др.] // Вестник МГУП. – 2020. – № 2(29). – С. 83–92.
- 3 Акулич, А. В. Эффективные способы и аппараты для очистки пылегазовых выбросов от мелкодисперсных частиц / А. В. Акулич, В. М. Лустенков, А. А. Акулич // Вестник МГУП. — 2018. – № 1(24). – С. 75–81.
- 4 Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учеб. пособие для студентов вузов / А. Г. Касаткин. – 15-е изд., стер., перепеч. с 9-го изд. 1973 г. – М.: Альянс, 2009. – 750 с.
- 5 Кусмухамбетов, М. Е. Двухстадийная схема процесса очистки пылевоздушной смеси / М. Е. Кусмухамбетов, Е. М. Кусмухамбетов, Т. О. Омарбеков // Вестник ТарГУ им. М.Х. Дулати. Труды международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии». – Тараз, 2007. – С. 164–167.
- 6 Meikap, B. C. Fly-ash removal efficiency in a modified multi-stage bubble column scrubber / B. C. Meikap, M. N. Biswas // Separation and Purification Technology. – 2004. – Vol. 36. – Issue 3. – P. 177–190.
- 7 Okada, T. Separation of heavy metals from salts in multicomponent gas by a two-stage dust collection technique / T. Okada, K. Nishimoto // Journal of Hazardous Materials. – 2013. – Vol. 254 – 255. – P. 252–262.
- 8 Ming, G. An overview of novel geometrical modifications and optimizations of gas-particle cyclone separators / Ming Guo, Liu Yang, Hyungjoon Son // Separation and Purification Technology. – 2023. – Vol. 329. – P. 125–136.
- 9 Николаева, Л. А. Очистка газовых выбросов предприятий химической промышленности карбонатным шламом / Л. А. Николаева, А. Н. Хуснутдинов // Экология и промышленность России. – 2018. – № 8. – С. 14–18.
- 10 Николаева, Л. А. Очистка газовых выбросов производства бисульфита натрия от диоксида серы гранулированным сорбционным материалом / Л. А. Николаева, Э. М. Хуснутдинова // Химическое и нефтегазовое машиностроение = Chemical and Petroleum Engineering. – 2020. – № 11. – С. 37–40.
- 11 Дубовец Д. Л. Очистка газозвушных выбросов от органических загрязнителей / Д. Л. Дубовец // Экология на предприятии. – 2021. – № 7. – С. 86–96.
- 12 Torsky, A. Study of dust collection effectiveness in cyclonic-vortex action apparatus / A. Torsky [et al.] // Technology audit and production reserves. – 2021. – № 1/3(57). – P. 21–25.
- 13 Вихревой пылеуловитель: пат. на полезную модель RU 209160 / Р. В. Романюк, М. Г. Лагуткин, И. Ю. Голованов. – Опубл. 03.02.2022.
- 14 Вихревой пылеуловитель: пат. RU 2650999 / Н. П. Тюрин, Д. Н. Ватузов, С. М. Пуриг, Д. Н. Тюрин. – Опубл. 18.04.2018.
- 15 Акулич, А. В. Исследование гидравлического сопротивления двухступенчатой системы пылеулавливания циклон-вихревой противоточный пылеуловитель и выбор параметров для планирования эксперимента / А. В. Акулич [и др.] // Техника и технология пищевых производств: материалы XV Юбилейной Междунар. научн.-техн. конф. / Могилев, 19–20 апреля 2023 г. / В 2-х т. / БГУТ; редкол.: А. В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. – Могилев: БГУТ, 2023. – Т.2. – С. 4–5.

Поступила в редакцию 23.11.2023 г.

ОБ АВТОРАХ:

Александр Васильевич Акулич, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе, заслуженный изобретатель Республики Беларусь, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: akulichav57@mail.ru.

Виктор Михайлович Лустенков, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры теплохладотехники, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий.

Вера Михайловна Акулич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры техносферной безопасности и производственного дизайна, Белорусско-Российский университет.

Людмила Анатольевна Гостинщикова, кандидат технических наук, доцент кафедры теплохладотехники, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий.

ABOUT AUTHORS:

Alexander V. Akulich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Scientific Work, Honored Inventor of the Republic of Belarus, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: akulichav57@mail.ru.

Viktor M. Lustenkov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Assistant Professor of the Department of Heat and Refrigerating Engineering, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies.

Vera M. Akulich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Assistant Professor of the Department of Technosphere Safety and Production Design, Belarusian-Russian University.

Lyudmila A. Gostinshchikova, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Department of Heat and Refrigerating Engineering, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНО- ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

УДК 330.12

НАУЧНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СТАНОВЛЕНИЯ КАТЕГОРИИ «ФИНАНСОВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ»

В. В. Богатырёва¹, М. П. Самоховец²

¹*Витебский государственный университет им. П. М. Машерова, Республика Беларусь*

²*Белорусский государственный экономический университет, Республика Беларусь*

АННОТАЦИЯ

В статье сделан вывод, что современная категория «финансовый потенциал» берет свое начало с древних времен и эволюционно формировалась на протяжении столетий развития экономической мысли. Известные направления мировых экономических учений (классическое, марксистское, кейнсианское, институциональное, либеральное и т. д.) оперируют фундаментальными категориями (деньги, богатство, доход, прибыль, деятельность и т. п.), экономическое содержание которых служит истоком становления категории «финансовый потенциал». На основании проведенного ретроспективного анализа выделены следующие научные предпосылки становления категории «финансовый потенциал»: взаимосвязь финансового потенциала с категорией богатства (дохода); взаимосвязь финансового потенциала с деятельностью (хозяйственной деятельностью, трудовой активностью, предпринимательством); взаимосвязь финансового потенциала с деньгами (денежными отношениями, денежными потоками).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *финансовый потенциал; богатство; деньги; доход; капитал; прибыль; экономические учения; научные предпосылки.*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Богатырёва, В. В. Научные предпосылки становления категории «финансовый потенциал» / В. В. Богатырёва, М. П. Самоховец // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2023. – № 2(35). – С. 137–144.

SCIENTIFIC BACKGROUND FOR THE FORMATION OF THE CATEGORY «FINANCIAL POTENTIAL»

V. V. Bogatyreva¹, M. P. Samokhovets²

¹*Vitebsk State University named after P.M. Masharov, Republic of Belarus*

²*Belarusian State Economic University, Republic of Belarus*

ABSTRACT

The article concludes that the modern category of «financial potential» goes back to ancient times and has been evolutionarily formed over centuries of economic thought development. Well-known directions of world economic doctrines (classical, Marxist, Keynesian, institutional, liberal, etc.) operate with fundamental categories (money, wealth, income, profit, activity, etc.), the economic content of which serves as the source for the formation of the category «financial potential».

Based on retrospective analysis there were identified the following scientific prerequisites for the formation of the category «financial potential»: the relationship of financial potential with the category of wealth (income); the relationship between financial potential and activities (economic activity, labor activity, entrepreneurship); the relationship between financial potential and money (money relations, cash flows).

KEY WORDS: *financial potential; wealth; money; income; capital; profit; economic doctrines; scientific background.*

FOR CITATION: Bogatyreva, A. V. Scientific background for the formation of the category «financial potential» / A. V. Bogatyreva, M. P. Samokhovets // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2023. – № 2(35). – P. 137–144 (in Russian).

ВВЕДЕНИЕ

Категория «финансовый потенциал» является новой категорией для экономической науки [1] (термин появился в середине 1970-х гг. XX века [2, с. 17]) и вызывает значительный научный интерес. Трактовки финансового потенциала у исследователей различаются, но современное понимание его сущности сводится к таким категориям, как финансовые ресурсы, финансовые результаты, финансовое положение, финансовое состояние и т. п., которые берут свое начало в других фундаментальных категориях, используемых учеными на протяжении многих столетий – деньгах, богатстве, доходе, прибыли и других.

Многие аспекты рассмотрения финансового потенциала (без непосредственного употребления самого термина, но с учетом экономического содержания) можно выявить и эволюционно проследить в истории экономических учений, а также выделить этапы развития экономической мысли и научных взглядов от древнего мира до современности через призму исследования генезиса категории «финансовый потенциал».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методология исследования научных предпосылок становления категории «финансовый потенциал» основана на системном подходе. Используются общенаучные методы анализа (в т.ч. ретроспективного анализа), синтеза, индукции и дедукции, сравнения и обобщения, монографического метода.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

История возникновения и становления экономической категории «финансовый потенциал» берет свое начало со времен древнего мира и связана с рассмотрением таких категорий, как деньги и богатство. В Древнем Китае (IV–III вв. до н.э.) богатством признавались все материальные блага, в Древней Греции – деньги, которые рекомендовалось накапливать, но в любой момент можно было пустить в ход (Ксенофонт). Оставаясь сторонниками натурального хозяйства, рассуждения древних мыслителей о сугубо денежных отношениях могли носить отрицательный подтекст (Софокл, Платон). С точки зрения способов приобретения богатства, Аристотель разделил виды жизнедеятельности людей на естественную экономию (земледелие, ремесло, мелкая торговля) и неестественную хрематистику (крупные торговые сделки, ростовщичество). Экономия представлялась объектом заботы государства, ввиду направленности на удовлетворение насущных жизненных потребностей человека, а беспредельной целью хрематистики было обозначено обладание деньгами. Конфуций и Каутилья видели источник приумножения богатства в труде, Ибн-Хальдун – в успешном развитии всех отраслей экономики.

В экономических учениях ранних канонистов богатство рассматривалось как совокупность материальных благ и если создавалось не трудом, то признавалось грехом, – торговая прибыль и ростовщический процент осуждались (Ф. Аквинский). Ранние меркантилисты источником богатства, под которым понимали золото и серебро, считали внешнюю торговлю (всякий экспорт дает выгоду, всякий импорт – потеря; меньше покупать – больше вывозить).

Поздние меркантилисты под богатством понимали избыток продуктов, который превращался на внешнем рынке в деньги, выполняющие функции средства накопления (капитал) и средства обращения.

Физиократы (80-е гг. XVIII в., Ф. Кенэ) считали, что богатство создается в сельскохозяйственном производстве, изучали образование чистого (прибавочного) продукта, источником которого им представлялись земля и труд людей. С позиций распределения прибавочного продукта между социальными группами, А. Тюрго впервые описал разницу между капиталом и деньгами; выделил прибыль как особенный вид дохода; считал, что вложенный в производство капитал обладает способностью самовозрастания. Еще больше внимания капиталу было обращено в учении А. Смита, который понимал его как часть запасов (товарный или производственный запас), продукт прошлого труда, от которого ожидают получить доход, и делил его на основной и оборотный.

Богатство по А. Смит — это продукт совокупного труда всех сфер производства, а не деньги или продукт в какой-либо отдельной отрасли. А. Смит видел источник богатства в сфере производства и разделении труда, а рост богатства и прогресс общества — в уровне накопления капитала и способах его использования. Все экономические процессы А. Смит объяснял действием «экономического человека», единственным мотивом которого считал стремление к богатству. Б. Франклин (1706–1790) полагал, что время следует посвящать зарабатыванию денег честным трудом, а не бессмысленно тратить его на развлечения и другие занятия, не приносящие прибыль («Время—деньги») [3].

В рамках классической школы политической экономии (2-я половина XVII в.—к. XIX в.) осуществлена систематизация таких основных экономических понятий, как деньги, доходы, капитал и т. д., определены и установлены причинно-следственные связи между ними. А. Смит представил первую экономическую картину общества в системе, а не в виде сборника практических рекомендаций. Представители классической школы (XVIII—I п. XIX в.: У. Петти, Д. Рикардо, Ж.-Б. Сэй) расширили представление об источнике богатства до трудовой деятельности (в сфере производства) в ее многообразных формах. Они полагали, вслед за А. Смитом, что люди, действуя в своих собственных интересах, способствуют умножению общего богатства и выделили связь земли, капитала и труда как факторов производства («Труд — отец богатства, земля — его мать» (У. Петти)). Оценивая национальное богатство Англии, У. Петти в «Политической арифметике» отнес к богатству дома, сооружения, корабли, домашнее имущество, скот, монеты (золото и серебро), землю.

Напротив, Ж.-Б. Сэй был ориентирован в своих исследованиях на изучение результата деятельности, в «Трактате по политической экономии» (1803) выделял три раздела в экономической науке: производство богатства, распределение доходов, потребление произведенных благ [4, с. 29]. Такое понимание экономических процессов учеными классической школы видится прообразом существующих по настоящее время ресурсного и результативного подходов к пониманию финансового потенциала [1], когда он представляется как совокупность материальных благ в денежном выражении (денежных средств) или как достигнутый результат.

В эпоху экономистов английской классической школы владение капиталом являлось основным фактором внедрения промышленного производства, а доход от управления капиталом связывали с прибылью. Сформулированная факторная модель формирования прибыли (А. Смит, Д. Рикардо) доказывала, что прибыль — это результат функционирования факторов производства [5]. Прослеживается мысль, что появление денег не влечет принципиальных изменений в работе хозяйственного механизма: «вряд ли можно отыскать в общественном хозяйстве вещь более незначительную по своей важности, чем деньги», если не касаться способа, которым экономятся время и труд (Дж. Милль) [6].

К. Маркс представлял богатство через товарное обращение: «Богатство обществ, в которых господствует капиталистический способ производства, является огромным скоплением товаров, а отдельный товар — его элементарной формой» [7, с. 174].

Отношения распределения он считал следствием экономических отношений, складывающихся непосредственно в процессе производства [7, с. 184]. К. Маркс акцентирует внимание на том, что источником формирования прибавочной стоимости является производительный труд наемных работников производственной сферы экономики, а основным мотивом хозяйственной деятельности капиталиста выступает максимизация прибыли. Это суждение не потеряло своей актуальности до настоящих дней: в уставе каждой коммерческой организации в качестве цели функционирования указывается максимизация прибыли. К. Маркс охарактеризовал, как прибыль разделяется на процент и предпринимательский доход: процент выступает как «плод собственности на капитал», а предпринимательский доход «вытекает исключительно из операций или функций» [7, с. 183].

Деньги, по К. Марксу, являются последним продуктом товарного обращения и первой формой капитала во всеобщей формуле капитала (Д-Т-Д*), которая отражает процесс самовозрастания капитала за счет того, что в процессе потребления рабочей силы создается большая стоимость, чем стоимость этой силы, на величину прибавочной стоимости. Прибыль, процент и земельная рента – это превращенные формы прибавочной стоимости, а не продукт факторов производства. К. Маркс предлагает рассматривать капитал не как вещь, пребывающую в покое, а как движение (кругооборот промышленного капитала в своей непрерывности) [7, с. 178].

Источником расширенного воспроизводства, по Марксу, является накопление капитала, а источником накопления – прибавочная стоимость [7, с. 181]. К. Маркс и Ф. Энгельс считали, что главным источником формирования прибыли является труд работников производственной сферы экономики. Труд создает прибавочный продукт и прибавочную стоимость, а прибыль представляет собой превращенную форму прибавочной стоимости. По мнению Маркса, прибыль, как и любой другой доход предпринимателя, является внешней формой прибавочной стоимости. Ф. Энгельс обращает внимание, что вместе с ростом накопления капитала в посл. трети XIX в. возросла масса людей, живущих на нетрудовой доход (рантье) [7].

Дж. Кларк в «Философии богатства» (1886) указывал, что в статичном состоянии величина богатства, присущая общественному производству, не изменяется, предпринимательская прибыль равна нулю [7, с. 210]. Предпринимательская прибыль появляется в условиях динамики как избыток над процентом и исчезает под влиянием конкуренции, восстанавливающей очередное состояние статики [7, с. 210–211]. Дж. Кларк называл пять условий социально-экономической динамики: увеличение населения, рост капитала, улучшение методов производства (техника, технология), изменение форм промышленных предприятий, выживание более производительных предприятий вместо менее производительных [7, с. 210].

В центре традиционной неоклассической теории находились факторы производства (труд, капитал, земля) и их предельная производительность как основа распределения доходов и формирования конечного спроса. В позитивной теории капитала к элементарным производственным факторам Е. Бем-Баверк относит труд и землю, а капиталом считает промежуточный продукт, создаваемый трудом и природой ради повышения производительности: производительность растет с применением капитала, капитал способен приносить избыток продуктов. Предельная производительность капитала связана с фактором времени (длительностью производственного процесса). Вкладывая деньги в инвестиции, их владелец отказывается от потребления сегодня ради благ в будущем.

Л. Вальрас рассматривал капитал «как вид общественного богатства, не потребляющийся вовсе или потребляющийся лишь в течение времени» [7, с. 216]. По Л. Вальрасу, поток капитала определяет динамику прибыли в замкнутой экономической системе, где циркулирует поток доходов. Поток доходов порождается активами (всего выделил 12 видов): земельный капитал, личный капитал и капиталные блага, создающие услуги производственного характера, наличные деньги, сбережения и др. В условиях равновесия спроса и предложения все получают нормальную прибыль, предприниматель играет пассивную роль, следуя за динамикой конкурентных цен.

В XX в. предпринимательство стали исследовать как «погоню за возможностями без оглядки на ресурсы» (Г. Х. Стивенсон) [3] в качестве одного из факторов производства (Ф. Б. Хоули, Ф. Х. Найт, С. Рид). Прибыль отождествлялась с компенсацией за принятие бизнесменами ответственности (рисков), отдачей от инвестирования в капитал [5], остальные экономические агенты рассматривались с позиций снабжения факторами производства [5]. Еще Дж. Кейнс указывал, что бюджетная политика государства должна предполагать активное финансирование, кредитование частных предпринимателей [3]. Й. Шумпетер подчеркивал, что предпринимателям свойственны особые качества, выделяющие их из общей массы людей, и они являются двигателями экономического прогресса. Стимулом предпринимательской деятельности Й. Шумпетер считает предпринимательскую прибыль (излишек над всеми обязательствами), которая является результатом нововведений (инноваций) [8] и превышает средний отраслевой доход [9].

Современный монетаризм (зародился в Чикагском университете в 50-х гг. XX в., наивысшего расцвета достиг в 70-х – начале 80-х гг.) моделирует хозяйственную систему, которая отвечает следующим обязательным условиям: свободный выбор первичных субъектов хозяйства между различными формами богатства и оптимизация структуры собственного богатства; способность национального богатства приносить устойчивый совокупный доход, включая наличие возможностей для прибыльного инвестирования, поддержания производительности человеческого капитала, доступа к естественным ресурсам; свободная конкуренция на рынках всех благ, включаемых в богатство [10, с. 118–119].

В фокусе монетаризма находятся не факторы производства как таковые, а богатство во всех его видах как источник разнообразных (денежных и неденежных) доходов и как причина издержек по его сохранению и воспроизведению [10, с. 116]. М. Фридмен к основным формам богатства относит деньги, акции, физические блага, человеческий капитал. Доход есть функция богатства, и богатство следует рассматривать как капитализированный доход. Богатство включает все источники «дохода» или потребительских благ [11].

Определяющей основой модели монетаристов является богатство «первичных собственников» (населения) и богатство фирм, служащие источниками потока доходов. В основе модели лежит ряд предположений относительно устойчивой эффективности хозяйства. Если деньги для населения и фирм – это одна из форм богатства, которая приносит доход, то спрос на деньги определяется их предельной доходностью в сопоставлении с предельной доходностью других форм богатства. Структура богатства инерционна, и деньги занимают в ней устойчивое место.

Одним из этих источников богатства М. Фридмен считал производительную способность самого человеческого бытия [12]. С этой точки зрения, «сама учетная ставка выражает соотношение между богатством, выступающим как запас, и доходом, который выступает как поток...» [13, с. 19–20]. Величина богатства (любого капитала) равна $W=Y/r$, где Y – совокупный поток доходов; r – учетная ставка. Под потоком понимается совокупность полезностей, которые создаются или используются в течение единицы времени (года, квартала и т. п.) в противовес запасам – это количество товаров, услуг, труда, денег, имеющиеся на данный момент времени [14, с. 151]. Монетаризм – «идеология здорового предпринимательства» [14, с. 9], в основе неравенства распределения богатства лежат свободный выбор, предпочтения и склонность к риску. Используя идеи психологической школы (Л. Вальраса и австрийцев), монетаристы внимательно анализируют мотивы поведения хозяйствующих субъектов.

Потребовались сотни лет, чтобы сформировались современные направления мировой экономической мысли: неоклассическое, марксистское, кейнсианское, неoinституциональное, неолиберальное и т. д. [15]. Экономическая теория первоначально возникла в античном обществе как экономия – наука о домашнем хозяйстве, а предмет экономической теории на протяжении столетий периодически изменялся.

Первая экономическая школа – меркантилизм – стала выразителем интересов купечества в связи с развитием мировой торговли, а целью исследования стал поиск источников богатства.

В XVIII в. и в первой половине XIX в. предметом было изучение «природы и причин богатства народов» (А. Смит). В последней четверти XIX в. экономическая теория стала определяться как наука о человеческом поведении, преследующем определенные конкретные цели (например, получение максимально возможной прибыли). Становление капитализма и развитие рыночных отношений предопределило возникновение политической экономии (А. Монкретьен), представители которой пытались найти источники богатства в сфере производства. Постепенно политическая экономия вытесняется понятием «экономикс», под которым понимается наука о поведении человека в процессе принятия решения о производстве и потреблении благ в условиях ограниченных ресурсов (А. Маршалл). В целом, предмет экономики как науки долгое время составляло индивидуальное и общественное богатство. В XX в. постепенно сложилось разделение экономической теории на микроэкономику и макроэкономику. В центре внимания оказались проблемы макроанализа (кейнсианство).

Ученые многих столетий пытаются найти источник (природу) богатства, дохода, прибыли на базе сочетания внутренних и внешних факторов [4]. До сих пор проблема богатства человека и общества является одной из фундаментальных экономических проблем. Доход, капитал, прибыль как родственные понятия связывают с достижением экономического роста, улучшением качества жизни и благосостояния общества. Финансовый потенциал вызывает значительный интерес ученых XXI века как обобщающей категории по отношению ко всем частным потенциалам в экономической сфере, в которой находят оценочное выражение частные потенциалы для измерения успешности бизнеса [1]. Изучение финансового потенциала организаций происходит в рамках проводимых исследований общеэкономического и отраслевого характера. Практическую потребность в оценке финансового потенциала для определения возможностей и перспектив развития бизнеса испытывает менеджмент организаций различных отраслей экономики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Синтезирование пониманий сущности финансовых категорий у представителей различных научных школ может служить истоком для формулирования и научного обоснования теории финансового потенциала (в частности категориального аппарата) в современном финансовом менеджменте. На основании проведенного ретроспективного анализа нами выделены следующие научные предпосылки становления категории «финансовый потенциал»:

Во-первых, взаимосвязь финансового потенциала с категориями богатства (дохода). Первоначально богатство отождествлялось с деньгами (богатство=деньги), затем долгий период времени богатство означало владение капиталом для осуществления промышленного производства (богатство=капитал). Однако с выделением ссудного капитала, обоснованием предпринимательского дохода и прибыли, границы понимания богатства расширяются. Богатство определяется как совокупность накопленных материальных и нематериальных активов, созданных трудом всех предшествовавших поколений [16], как мера возможного в действительном [17] и т. п. В XXI веке в богатстве иногда видят конечную цель человеческой активности, универсальное средство для достижения различных жизненных целей.

Во-вторых, взаимосвязь финансового потенциала с деятельностью (хозяйственной деятельностью, трудовой активностью, предпринимательством). Ученые разных временных периодов сходятся в том, что отправной точкой образования приращения денежных средств богатства, доходов, прибыли является деятельность (трудовая деятельность): Ибн-Хальдун – успешное развитие всех отраслей экономики; физиократы – земледелие; А. Смит, К. Маркс – любое производство.

Доход в настоящее время – это критерий наличия экономической выгоды хозяйствующего субъекта, который формируется в результате его деятельности, и предназначен для формирования чистой прибыли. На современном этапе актуальным предметом исследования становится механизм генерирования доходов экономических субъектов разных уровней, объяснение законов и закономерностей их образования.

Экономическая теория неотделима от понимания человеческой деятельности. Например, Л. Мизес считал, что причиной ошибок экономических теорий является неполное понимание человеческого действия и хотел представить самодостаточную теорию человеческого действия (праксиологию). Л. Мизес был убежден, что деятельностьная сфера включает человека (*homo agens* – «человек действующий») в бытие общественных отношений, в культурное, социальное и историческое пространство и время.

В-третьих, взаимосвязь финансового потенциала с деньгами (денежными отношениями, денежными потоками). Многие сферы человеческой деятельности (не только производственную) опосредуют деньги. История свидетельствует, что все финансовые категории (богатство, капитал, доход, прибыль) в большей (меркантилизм, марксизм, монетаризм) или меньшей степени, связаны с такой категорией, как деньги.

При этом ученые указывают на то, что абсолютизация денег недопустима, однако их немаловажная роль в экономической системе очевидна. Деньги связаны с формированием богатства (как результат деятельности) и одновременно с производственным процессом (как источник богатства), товарными отношениями, торговлей, опосредуют их, представляя собой вторичную от деятельности категорию. Денежные отношения занимают важное место в отношениях людей и экономических отношениях, оказывая влияние на жизнедеятельность.

Историческое развитие экономической мысли свидетельствует о том, что изучение богатства, капитала, дохода, прибыли и источников их формирования началось в древности и вызывает интерес ученых на протяжении всего существования человечества. Проведенный ретроспективный анализ экономических учений позволил выявить научные предпосылки становления категории «финансовый потенциал» при рассмотрении других фундаментальных категорий, используемых учеными на протяжении многих столетий.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Богатырёва, В. В. Финансовый потенциал как новая экономическая категория в финансовой науке / В. В. Богатырёва, Д. А. Панков, М. П. Самоховец // Бухгалтерский учет и анализ. – 2022. – № 2. – С. 10–22.
- 2 Немчинов, А. А. Формирование финансового потенциала российских сетевых предприятий торговли: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.10 / А. А. Немчинов; Юж. федер. ун-т. – Ростов-на-Дону. – 2018. – 217 с.
- 3 Коган, А. Ф. Развитие теории предпринимательства: основные тенденции / А. Ф. Коган // Вестник МГУП. – 2013. – № 8 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-teorii-predprinimatelstva-osnovnye-tendentsii>. – Дата доступа: 20.11.2023.
- 4 Бартенев, С. А. История экономических учений: курс в схемах: учебное пособие / С. А. Бартенев. – Москва: Магистр, Инфра-М. – 2010. – 117 с.
- 5 Бархатов, В. И. Исследование природы и эволюции прибыли: взгляд в ретроспективе / В. И. Бархатов, Ю. Ш. Капкаев // Вестник ЧелГУ. – 2012. – № 9(263) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-prirody-i-evolyutsii-pribyli-vzglyad-v-retrospektive>. – Дата доступа: 22.11.2023.
- 6 Усоскин, В. М. «Денежный мир» Милтона Фридмана / В. М. Усоскин. – Изд. 2-е, дополненное. – М.: URSS, Ленанд, 2014. – 172 с.
- 7 Научитель, М. В. История экономических учений / М. В. Научитель. – 2-е изд. – Минск: Право и экономика, 2008. – 416 с.
- 8 Экономическая мысль в ретроспективе / Пер. с англ. О. В. Буклемишева [и др.] – М.: Акад. нар. хоз-ва при Правительстве Рос. Федерации, Дело Лтд. – 1994. – 687 с.
- 9 Терегулова, Г. Н. Эволюция теории прибыли в контексте развития экономической науки / Г. Н. Терегулова // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2018. – № 12–2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/evolyutsiya-teorii-pribyli-v-kontekste-razvitiya-ekonomicheskoy-nauki>. – Дата доступа: 24.11.2023.
- 10 Худокормов, А. Г. История экономических учений: (современный этап): учебник для студентов экономических специальностей / А. Г. Худокормов [и др.] – М.: Инфра-М, 2013. – 732 с.

- 11 Фридмен, М. Основы монетаризма: Пер. с англ. / М. Фридмен. – М.: Теис, 2002. – 175 с.
- 12 Keynesianism vs. monetarism and other essays in financial history / Charles P. Kindleberger. – London [etc.]: George Allen & Unwin, 1986. – 328 с.
- 13 Фридмен, М. Количественная теория денег. – М.: «Эльф Пресс», 1996. – 131 с.
- 14 Если бы деньги заговорили...: [Пер. с англ.] / Вступ. ст. М. К. Бункиной. – М.: Дело, 2002. – 156 с.
- 15 Абаев, А. Л. История экономических учений: мировая и отечественная экономическая мысль: учебник и практикум: для студентов бакалавриата и магистратуры, обучающихся по направлениям подготовки, входящим в укрупненную группу «Экономика и управление» / А. Л. Абаев, Т. В. Боровикова. – 2-е изд. – М.: Дашков и К°, 2022. – 379 с.
- 16 Григорьева, Н. В. Вопросы методологии исследования национального богатства как экономической категории / Н. В. Григорьева // Вестник ЧГУ. – 2010. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/voprosy-metodologii-issledovaniya-natsionalnogo-bogatstva-kak-ekonomicheskoy-kategorii>. – Дата доступа: 25.11.2023.
- 17 Лавров, И. В. Богатство как экономическая парадигма / И. В. Лавров // Journal of new economy. – 2005. – № 11 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/bogatstvo-kak-ekonomicheskaya-paradigma>. – Дата доступа: 25.11.2023.

Поступила в редакцию 30.11.2023 г.

ОБ АВТОРАХ:

Валентина Васильевна Богатырёва, доктор экономических наук, профессор, ректор, Витебский государственный университет им. П. М. Машерова (ВГУ имени П. М. Машерова), e-mail: bahatuarova@ya.ru.

Мария Павловна Самоховец, кандидат экономических наук, доцент, докторант кафедры налогов и налогообложения, Белорусский государственный экономический университет (БГЭУ), e-mail: samkhvec@rambler.ru.

ABOUT AUTHORS:

Valentina V. Bogatyreva, Doctor of Economics Sciences, Full Professor, Rector, Vitebsk State University named after P.M. Masharov, e-mail: bahatuarova@ya.ru.

Maria P. Samokhovets, PhD (Economics), Associate Professor, Department of taxes and taxation, Belarusian State Economic University, e-mail: samkhvec@rambler.ru.

УДК 355.48(47)) «1943–1945»

БЕССМЕРТНАЯ ПАМЯТЬ ХРАНИТ НАРОДНУЮ ТРАГЕДИЮ И ТЕРНИСТЫЙ ПУТЬ К ВОЗРОЖДЕНИЮ

А. П. Костеров

Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь

Аннотация: На конкретных исторических фактах показаны последствия трагедии Великой Отечественной войны, неисчислимые жертвы наших соотечественников, процесс восстановления в республике разрушенного народного хозяйства, созидательный самоотверженный труд народа. Значительная часть использованных документов и материалов освещает содержание проблемы на примерах Могилевского региона.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *возрождение; созидание; Могилевский регион; власть; кадры управления; освобождение; память; трагедия; жертвы войны.*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Костеров, А. П. Бессмертная память хранит народную трагедию и тернистый путь к возрождению. / А. П. Костеров // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2023. – № 2(35). – С. 145–153.

IMMORTAL MEMORY KEEPS THE PEOPLE'S TRAGEDY AND A THORNY WAY TO REVIVAL

A. P. Kosterov

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

Abstract: Specific historical facts show the consequences of the tragedy of the Great Patriotic War, the countless sacrifices of our compatriots, the process of restoring the destroyed national economy in the republic, and creative, selfless work of people. A significant part of the documents and materials used covers the essence of the problem using examples from Mogilev region.

KEY WORDS: *revival; creation; Mogilev region; authorities; management personnel; liberation; memory; tragedy; victims of war.*

FOR CITATION: Kosterov, A.P. Immortal memory keeps the people's tragedy and a thorny way to revival / A.P. Kosterov // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2023. – No. 2(35). – P. 145–153 (in Russian).

ВВЕДЕНИЕ

Стремительный бег времени отделяет Беларусь от трагических и героических лет минувшей войны. Почти восемь десятилетий белорусская земля не испытывает ее ужасов. 2024 год – год освобождения республики от немецко-фашистских захватчиков. Юбилейную дату наш народ встречает с надеждой, что минувшая трагедия никогда не повторится.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

После разгрома фашистских войск под Курском началось изгнание врага с оккупированной территории Беларуси. Освобождение республики от немецко-фашистских захватчиков состоялось в 2 этапа: осенью 1943 – зимой 1944 и летом 1944 года.

23 сентября 1943 года был освобождён первый районный центр БССР – город Комарин Гомельской области, а 26 сентября – город Хотимск в Могилёвской области. Советские войска вышли на подступы к Витебску, Рогачёву, Могилёву. Всего в Беларуси в результате первого этапа было освобождено полностью и частично около 40 районов Могилёвской, Витебской, Гомельской и Полесской областей [1, с. 266].

На завершающем этапе летом 1944 года в результате крупнейшей наступательной операции советских войск «Багратион» до конца июля советские войска полностью изгнали врага с белорусской земли. Предшествовала этому также героическая борьба партизан и подпольщиков против фашистов и их пособников. С первых дней войны белорусский народ стал на путь борьбы с оккупантами. Жестокий фашистский режим только усилил ненависть к захватчикам. Организаторами борьбы были государственные и партийные органы, руководящие кадры, рядовые граждане. Партизанские отряды, сеть подпольных организаций сыграли главную роль в антифашистском сопротивлении. Их вклад в общую Победу над врагом огромный.

Неисчислимы бедствия принесла война белорусскому народу. Было сожжено 209 городов, 9200 сёл и деревень, погибло, согласно официальным данным, свыше 2,2 миллиона жителей. Прямые затраты составили 75 миллиардов рублей (в ценах 1941 года). Бессмертная память народа хранит факты злодеяний фашизма в каждом населенном пункте. За годы оккупации количество жителей Могилева сократилось до 10120 человек в сравнении с 112000 к началу войны. Фашисты уничтожили свыше 10 тысяч мирных жителей, более 70 тысяч военнопленных, свыше 2 тысяч человек вывезли в Германию. Уцелели лишь 3 предприятия – хлебозавод, молочный и мясной заводы. Из 6653 жилых домов было разрушено и сожжено 3220, а 40 процентов жилья требовали капитального ремонта [2, с. 418]. В Чериковском районе ущерб оценивался в 310 млн рублей. Было замучено и убито 653 жителя, в Германию вывезено 456 человек. Из 6937 крестьянских дворов для жилья уцелело 2248, в городе из 916–84 [3, с. 584–585]. Аналогичная картина выявилась и в других районах после окончательного освобождения Могилевской области летом 1944 года. В Бобруйске оккупанты разрушили и сожгли 520 жилых домов, 850 надворных построек, общий ущерб по району составил 616 млн рублей [4, с. 496]. Особенно сильно пострадал Глусский район. Фашисты сожгли полностью или частично многие деревни, 1747 домов в городе и на селе. В землянках вынуждены были жить около 600 семей. Не осталось целым ни одно предприятие. На каторге в Германии оказались 1700 человек. По неполным данным ущерб составил 945 млн рублей [5, с. 512]. В Осиповичском районе были замучены и расстреляны 11,5 тысяч жителей, на каторгу угнаны более 8 тысяч. Уничтожено 50 населенных пунктов, сожжено 3270 домов и 813 общественных построек, в том числе 29 школ, разрушено и разграблено 2 МТС, 99 колхозов [6, с. 561].

С первых дней в освобожденных восточных районах органы государственной власти и управления БССР возобновили свою деятельность. Освобожденный в ноябре 1943 года областной центр – город Гомель стал местом пребывания правительства БССР. Первым секретарем ЦК Компартии вновь стал П. К. Пономаренко, правительство возглавил И. С. Былинский. Руководство Компартии Беларуси восстановили на восточной освобожденной территории обкомы партии, создали ряд районных оперативных групп.

Важной задачей в деятельности органов власти стали подбор и расстановка кадров. Из активных партизан и подпольщиков подбирались руководящие кадры во все отрасли народного хозяйства. Подбором кадров в Могилевской области занимался М. И. Кудин, который работал с августа 1942 года помощником уполномоченного ЦК КП(б)Б по вышеуказанной области. Он активно разыскивал эвакуированных руководителей по стране и направлял их в область для работы в освобожденные районы. Могилевский обком КП(б)Б начал свою работу в городе Кричеве (первый секретарь И. Н. Макаров). Д. С. Мовчанский в годы войны был секретарем подпольного обкома, после освобождения был избран вторым секретарем Могилевского обкома КП(б)Б. Председателем облисполкома стал И. М. Кардович [7, с. 195]. Н. Ф. Королёв за умелое руководство боевыми действиями 1-й Осиповичской партизанской бригады получил звание Героя Советского Союза, а после освобождения Могилёва был избран председателем исполкома Могилёвского горсовета депутатов трудящихся [7, с. 197].

Первым секретарем Могилёвского райкома партии был назначен партизанский руководитель С. А. Мазур, Глуского – С. К. Кучерин, Чериковского – Г. А. Храмович, Шкловского райкома партии – Ф. С. Новиков [7, с. 145, 147, 193–194]. После освобождения Глуска председателем райисполкома был назначен бывший командир 100-й партизанской бригады И. М. Куликовский, его заместителем стал бывший комиссар партизанского отряда И. И. Захаринский [5, с. 512–513].

По мере освобождения территории республики началось возрождение промышленности, транспорта, сельского хозяйства, социальной инфраструктуры. Так, на Могилевщине были намечены первоочередные мероприятия по преодолению последствий трагедии войны. Бюро Могилёвского обкома партии 12 октября 1943 года приняло постановление о развёртывании агитационно-пропагандистской работы в освобождённых районах. Это: Хотимский, Кричевский, Климовичский, Костюковичский, Краснопольский, Мстиславский, Чериковский, частично Быховский, Чаусский, Горецкий, Пропойский (с апреля 1945 года – Славгородский). Во всех населённых пунктах предлагалось провести собрание трудящихся, ознакомить людей с сообщениями Совинформбюро о результатах войны и военнополитического положения СССР, мобилизовать население на всемерное оказание помощи наступающей Красной Армии и восстановление разрушенного хозяйства [7, с. 134–135].

Славгородский район был полностью освобожден к концу ноября 1943 года, однако на частично освобожденной территории левобережья реки Сож 1 октября началась организационная работа. В д. Старинка создали органы власти. Первым секретарем райкома партии был избран Никитенко, председателем райисполкома – Тарасенко, были назначены руководители различных служб [8, с. 476]. В канун освобождения в районе проживало 25139 жителей из 39973 по довоенной переписи. Почти полностью была разрушена сельская инфраструктура. Например, в д. Березовка из 141 дома было сожжено 136, в д. Гиженка из 112 – 58 и т. д. [8, с. 477]. Самоотверженным трудом славгородчане налаживали мирную жизнь. К концу 1944 года продукцию давали промкомбинат, швейная и пошивочная артели, кирпичный и известковый заводы, работали паровая мельница и городская МТС. На селе восстановили все 75 довоенных колхозов. За успешное проведение весеннего сева 1946 года труженики района получили переходящее Красное Знамя и премию СНК БССР [8, с. 476].

Чериковский подпольный райком КП(б)Б за 2 месяца до освобождения района создал отдел народного образования. Возглавил его партизан-подрывник, учитель по профессии А. С. Буценец. Он и его помощники наладили связи с учителями, которые до войны работали в школах, были подобраны опытные педагоги на должности директоров. Из 65 довоенных школ на день освобождения сохранились одна семилетка и 7 начальных. На второй день освобождения района 2 октября на совещании районного актива заведующий районом обратился к участникам помочь школам с помещениями, инвентарем. В результате занятия в школах повсеместно начались 11 октября. По крупницам восстанавливали систему здравоохранения. Организатором стал начальник медсанслужбы Чериковской военно-оперативной группы И. П. Шаталов. В городе открылось лечебное учреждение, а на селе здравпункты [3, с. 584]. Вплоть до лета 1944 года район оставался прифронтовой зоной. Жители оказывали всяческую помощь Красной Армии, участвовали в роли проводников, разведчиков, чинили мосты и дороги, лечили раненых. В течение осени-зимы 1943–1944 годов население района заготовили и передали освободителям 2540 центнеров зерна, 18226,5 цтн. картофеля, 1047,3 цтн. мяса, 893,4 цтн. овощей. 2744,8 цтн. сена [3, с. 584–585]. В короткий срок в Шкловском районе были восстановлены все колхозы, выпустили свою продукцию бумажная фабрика «Спартак» и другие предприятия [7, с. 153]. На торжественном собрании, посвящённом 25-летию БССР, в январе 1944 года в Кричеве руководство Могилёвского обкома партии констатировало, что в области восстановлены 917 колхозов, 21 МТС, 2 электростанции, 2 лесопильных, 2 кирпичных, 8 мыловаренных заводов, 15 мастерских.

Весной 1944 года руководство республики в помощь могилевчанам командировало для организации и развёртывания деятельности партийно-советских, хозяйственных и комсомольских органов, а также для подготовки к весеннему севу секретарей ЦК партии Н. Е. Авхимовича и И. П. Тур, секретаря ЦК ЛКСМБ К. Т. Мазурова [7, с. 135].

Постановление ЦК ВКП(б) и СНК СССР от 01.01.1944 года «О ближайших задачах СНК СССР и ЦК ВКП(б)» определило конкретные меры по восстановлению промышленности, транспорта, сельского хозяйства, обслуживанию фронта и удовлетворению первоначальных потребностей населения на освобождённых территориях» [7, с. 144]. В Гомеле 23–24 марта 1944 года состоялась первая от начала войны сессия Верховного Совета БССР. Был обсужден и утвержден бюджет республики на 1944 год, отчет о выполнении бюджета за 1940–1941 годы [7, с. 137].

Окончательное освобождение республики состоялось летом 1944 года, что придало новый импульс преодоления народной трагедии и возрождения БССР к новой жизни. 3 июля 1944 года ЦК КП(б)Б принял решение «О направлении оперативной группы СНК и ЦК в город Минск». В нём говорилось, что в связи со вступлением частей Красной Армии в город Минск, командировать в Минск оперативную группу. В ее состав вошли председатель СНК БССР И. С. Былинский, секретарь ЦК комсомола М. В. Зимянин, нарком коммунального хозяйства В. С. Забелло, секретарь Президиума Верховного Совета республики Л. Е. Попков, уполномоченный наркома связи Ф. С. Кравчук, заместитель наркома НКВД И. П. Иващенко, НКГБ – П. Ф. Политыко [9, с. 179]. Переезд руководства республики из Гомеля в столицу состоялся 18 июля 1944 года.

ЦК Компартии Беларуси и правительство БССР 4 июля 1944 года обратились с призывом к населению мобилизовать все силы для скорейшего восстановления народного хозяйства [10, с. 48]. В республике после освобождения оставалось 15 % довоенного промышленного производства, 26 % городского и районного жилого фонда. П. К. Пономаренко в докладной записке на имя председателя СНК СССР В. М. Молотова 12 июля 1944 года сообщал: «Минск представляет картину разрушения. Особенно пострадали жилые здания, учреждения и общественные сооружения. До 80 процентов этих зданий разрушено... Захватчики не успели взорвать или взрывы предотвращены населением и Красной Армией, и поэтому полностью сохранились: Дом правительства, новый дом ЦК, оперный театр, хлебозавод и механизированные пекарни мощностью на 160 тонн, дрожжевой завод, фабрика-кухня, радиозавод с частью оборудования, водопровод, табачная фабрика с запасом сырья, станкостроительный завод с оборудованием... Сохранились на 50 процентов корпуса построенного перед войной авиазавода. В городе начинает восстанавливаться жизнь... Десятки минчан 9 числа вышли на очистку улиц от грязи и хлама... В городе наведен полный порядок и сейчас спокойно» [11, с.12].

Для ускорения восстановительных работ и развития отраслей народного хозяйства с фронта были отозваны и освобождены от призыва в действующую армию многие руководящие работники, профессиональные инженерно-технические кадры, специалисты. С Центра в 1944 году в Беларусь было направлено на работу в республику 429 опытных партийных работников [12, с. 36]. За войну свыше 70 % депутатов выбыли из состава советов. Были проведены сессии местных советов. Их состав доукомплектовали, кандидатуры на многие руководящие должности были выдвинуты из бывших партизан. Была налажена работа специальных курсов.

Государство на восстановление и возрождение Беларуси выделило значительные финансовые и материальные ресурсы. На восстановление народного хозяйства союзное правительство выделило Беларуси в 1943 году 37 млн, в 1944–490,8 млн, в 1945–1200 млн рублей. Шла помощь с братских республик СССР. Трудовые коллективы Челябинска, Свердловска, Новосибирска, Омска, Томска, Кемерово, Алтайского и Красноярского краев направили в БССР эшелоны с промышленным оборудованием, металлом, горюче-смазочными веществами, топливом, инструментом и другими грузами.

Например, рабочие Мордовской АССР прислали в 1944 году подшефному Гомелю несколько эшелонов с заводским оборудованием, продуктами, оборудованием для больниц, школ, детских садов, библиотек. В октябре 1944 года молодежь Туркмении отправили разрушенному Минску эшелон с подарками. Труженики Ульяновской области собрали более 800 тыс. рублей для восстановления Мозыря. Все это способствовало возрождению БССР. Из руин поднимались цеха завода «Гомсельмаш», минских станкостроительных заводов, вагоностроительного завода им. Мясникова, витебской чулочно-трикотажной фабрики им. КИМ. До мая 1945 года в БССР было введено в строй 12000 промышленных объектов, в том числе 8 тыс. предприятий и 4 тыс. артелей и мастерских. Объем их продукции составил 20,4 процентов довоенного уровня [13, 25–26]. В это же время заработал Гомельский паровозоремонтный завод, завод «Коминтерн». В Витебской области возродилось текстильное производство: Оршанский текстильный комбинат, Витебская льнопрядильная фабрика, Витебская швейная фабрика «Знамя индустриализации». Немало примеров самоотверженного труда в восстановлении народного хозяйства. В Гомельской области одним из первых предприятий начала работать спичечная фабрика в Ново-Белице «Везувий». В марте 1944 года она выпускала 5 тысяч коробков спичек в сутки. К началу 1945 года в Гомеле было введено в строй 35 предприятий, в Гродно – 17, в Бобруйске – 18. В Минске началось строительство тракторного и велосипедного заводов, восстанавливались радио и станкостроительный заводы. К концу 1945 года в БССР были восстановлены и заложены новые 3403 крупных промышленных объектов [14, с.157,159].

Промышленность стройматериалов, как «своеобразный хлеб» для всех остальных отраслей народного хозяйства, развивалась опережающими темпами. Специфика её восстановления состояла в тяжёлых потерях к довоенному уровню: кирпичные заводы уменьшили производство на 87 %, черепичные – на 83 %, производство облицовочно-плиточных заводов – на 93 % [14, с. 154–155]. В конце 1944 года в Беларуси вошли в строй 175 предприятий, которые выпускали стройматериалы: кирпич, цемент, кровлю, стекло. К февралю 1945 года было восстановлено свыше 10 тысяч километров железных дорог, 1735 мостов. Белорусские железнодорожники построили свыше 3000 мостов, в том числе через крупные реки: Днепр, Березину, Неман, Сож [1, с. 283–284]. Так, бобруйчане к дню Октябрьской революции 7 ноября рапортовали о постройке моста через Березину за 53 дня [4, с. 497]. Оккупанты вывели из строя основные электростанции. По распоряжению советского правительства в Беларусь прибывали электропоезда, которые обеспечивали электроэнергией предприятия и жилые районы. Для обеспечения предприятий и населения электроэнергией в республику прибыло 5 электровагонов из США. К концу 1944 года удалось восстановить Гомельскую, Минскую, Бобруйскую и Новогрудскую электростанции. Со второго полугодия 1944 года стали работать 72 электростанции, а концу 1945 года выработка электроэнергии составила 46,4 % довоенного периода [1, с.182].

Документы свидетельствуют о титанической работе на тернистом пути к возрождению трудящихся Могилева. 9 июля на стадионе «Спартак» состоялся митинг. Его участники – могилевчане, партизаны и представители воинских частей – дали клятву восстановить разрушенный город. Митинг закончился парадом партизан и воинов Красной Армии [2, с. 418]. Спустя два дня после освобождения города руководство горисполкома приняло два постановления «О привлечении к трудовой повинности граждан Могилева» и «О возвращении имущества, ранее принадлежащего государственным и кооперативным организациям». Была проведена регистрация населения. В Могилеве на момент освобождения оставалось 10120 чел. К началу 1945 года население города составило 34351 чел. Проблемой оставалось нехватка жилья. Решением горисполкома от 30 июня 1944 года был упорядочен порядок размещения учреждений, организаций и граждан г. Могилева. Постановление горисполкома от 7 июля касалось обеспечения безопасности гражданского населения. С этой целью запрещалось свободное передвижение с 11 ч. вечера до 5 ч. утра, в исключительном случае по пропускам военной комендатуры.

На предприятиях в целях охраны была налажена охрана, круглосуточное дежурство, светомаскировка. Охрану несли истребительные батальоны, созданные из партийно-советского актива в количестве 150 чел. и групп содействия. 28 августа начала работу комиссия по установлению и расследованию злодеяний фашистов и их сообщников. Большая работа была проведена по установлению зверств фашистов на месте бывшего Луполовского лагеря военнопленных и по перезахоронению тысяч невинных жертв. Комиссию возглавлял председатель горисполкома Н. Ф. Королев. Было установлено: людские потери составили в пределах 70 тыс. чел., уничтожено 43 предприятия, 3230 жилых домов, 15 школ, 2 больницы и т. д.

Первый воскресник, в котором приняли участие 5530 могилевчан, состоялся 12 ноября. Участников мобилизовали на заготовку топлива, очистку города от мусора, нечистот в дворах, подвалах с целью избежания эпидемиологических заболеваний [15, с. 7, 9, 11–12]. Руководство города большое внимание уделяло политической работе с населением. В течение трех лет горожане были оторваны от советской идеологии, находилось под влиянием фашистской пропаганды. В решении бюро горкома партии от 22.08.1944 года «О состоянии агитационно-пропагандистской работы» на предприятиях и в организациях гор. Могилева» намечалось к 1 сентября создать агитколлективы из числа политически грамотных коммунистов, развернуть агитмассовую работу на предприятиях и организациях города. К 25 сентября в городе было организовано 34 агитколлектива, состоящих из 250 агитаторов, 34 докладчиков и 42 чтецов. 92 из них работали среди неорганизованного населения [15, с. 15]. Главной задачей оставалось восстановление промышленности и, в первую очередь, обеспечить население товарами ширпотреба. 10 июля из Кричева в Могилев прибыл первый поезд со стройматериалами. На 1 января 1945 года в городе были восстановлены и давали продукцию цеха труболитейного, кожевенного, костеперерабатывающего заводов, швейной фабрики, маслозавод. Ширпотреб выпускали 5 артелей. Гончарную посуду и кирпич изготавливал кирпичный завод. Была восстановлены связь, водопровод, начали работу больницы, школы, ясли и сады. Продолжалось восстановление шелковой фабрики и авторемонтного завода [15, с. 16].

К 1 сентября 1944 года в Осиповичском районе восстановил работу стеклозавод, два завода по сушке и штабелевке торфа, две МТС и мастерская по ремонту сельхозтехники. В городе работали промкомбинат, хлебопекарня, швейная и мебельная артели [6, с. 463–464]. До конца 1944 года в городе было построено 119 жилых домов, вновь открылся клуб железнодорожников, а на селе 3 избы-читальни. Новый учебный год начали 8 средних, 7 неполных средних и 40 начальных школ, в которых работали 248 учителей, за парты сели 1063 учащихся [6, с. 463].

Положение крестьян, переживших оккупацию, было плачевным. Война тяжело отразилась на организации колхозной жизни. Отставала животноводческая отрасль от довоенного уровня, значительно уменьшилось в МТС количество сельскохозяйственной техники. Крупного рогатого скота стало меньше на 66 процентов, мелкого – на 78, лошадей – на 61 процент. В деревнях Витебской области на момент освобождения не осталось никакого скота. Государство освободило колхозное крестьянство на период возрождения от уплаты всех налогов. Первые освобожденные районы на долгое время стали прифронтовой зоной, а многие деревни стали зоной фронтовых действий, постоянно подвергались бомбежке и артобстрелам. Восстановление основ системы советского управления на селе шло параллельно с освобождением территории. В каждом колхозе и сельсовете были назначены председатели. На руководящих постах в селе наблюдалась текучка кадров, а также недостаточное количество тех, кто обладал соответствующими навыками и имел опыт руководящей работы. В феврале 1945 года на Пленуме ЦК КП(б)Б отмечалось, что в Минской области из 226 председателей сельсоветов преобладающее большинство имели низшее образование, 154 человека работали впервые, остальные имели опыт работы до года. Из 1582 председателей колхозов со средним образованием было только 50, остальные с начальным, а 3 председателя были малограмотные [15, с. 89].

Похожая картина складывалась во всех других областях. Не обошлось без перегибов и ошибок администрирования со стороны властей. Важную роль в этом процессе в каждом конкретном случае играла личность руководителя, начиная от председателя колхоза и заканчивая председателем райисполкома. Предстояла героическая работа по восстановлению нормальной жизни на селе.

ЦК ВКП(б) в постановлении от 20.01.1945 года «О политической работе партийных организаций среди населения западных областей БССР» обязал ЦК ВКП(б) добиться коренного улучшения работы среди населения западных областей республики. Осенью 1945 года Политбюро ЦК ВКП(б) отметило, что вышеуказанное постановление выполнено неудовлетворительно: не ведётся необходимая политическая работа среди населения по разоблачению враждебных противников, не принимаются решительные меры по ликвидации националистических банд и остатков буржуазно-национального подполья. ЦК Компартии Белоруссии не выполнил восстановление колхозов в западных областях. Действительно, из 1115 организованных в 1939–1940 годах колхозов к 1 мая 1946 года было восстановлено 127 с земельной площадью 36 тыс. гектаров [9, с.182–183].

Тернистый путь к возрождению в западных областях Беларуси осложнялся вооруженной борьбой с остатками польских вооруженных формирований бывшей Армии Краевой. Это подпольное военное формирование было создано в феврале 1942 года и воевало как с немецкими захватчиками, так и с советскими партизанами. После освобождения западных областей БССР оно противодействовало восстановлению Советской власти. Погибло много воинов Красной Армии, сотрудников правоохранительных органов и руководящего актива местных органов. По неполным данным с 28 июля по 31 декабря 1944 года было убито 277 и ранено 94 бойца и офицера Красной Армии, а с 1 января по 30 мая 1945 года убито 317 и ранено 125 бойцов и командиров. Документы свидетельствуют: «В Ивьевском районе в восьми сельских советах бандиты ликвидировали местные органы и несут патрульную службу, в деревнях убили двух председателей и двух секретарей сельсоветов» [1, с. 258–259]. Вооруженное противостояние в западных районах республики продолжалось еще несколько послевоенных лет.

Совершенствовалась структура органов власти и управления республики. В 1944–1945 годах при правительстве БССР был создан ряд новых управлений, комитетов и бюро: управление по государственному обеспечению и бытовому устройству семей военнослужащих и партизан, главное управление по лесохимической промышленности, комитет по делам культурно-просветительных учреждений, управление по транспортному освоению малых рек, главное энергетическое управление, бюро по учёту и распределению рабочей силы и другие.

Боевыми помощниками партийных комитетов стали комсомольские кадры. В ЦК ЛКСМБ после освобождения работали М. В. Зимянин, В. И. Лузгин, В. И. Ливенцев, К. Т. Мазуров, В. И. Филиппова. Однако здесь остро обозначилась кадровая проблема. По воспоминаниям К. Т. Мазурова в белорусском комсомоле осталось немного более 20 тысяч человек. Из 58 секретарей обкомов комсомола только 28 имели высшее и неполное высшее образование. Из 196 первых секретарей райкомов и горкомов комсомола с высшим и средним образованием было всего 53 человека. В Минске открыли двухлетнюю партийную школу, где готовили резерв руководящих кадров для республики, в том числе и комсомольских работников. К концу 1944 года в результате организационной работы уже насчитывалось около 70 тысяч активных комсомольцев [10, с. 47–48; 15, с. 362–363]. Оживилась работа с молодежью. Например, комсомольцы белынической районной организации создали ударные комсомольские бригады, восстанавливали животноводческие фермы, школы, ремонтировали дороги, возводили жилые постройки. Поддержав инициативу комсомольцев Червеньского района, комсомол Могилевщины организовал сбор средств на строительство танковой колонны [16, с. 280; 13, с. 497]. Бывший руководитель Компартии Белоруссии К. Т. Мазуров вспоминал: «Днем обычно где-то едешь, потому что это годы послевоенные, разруха, все время надо было уговаривать людей трудиться, особенно в селе, почти бесплатно.

Это была героическая работа, особенно в Белоруссии, буквально на развалинах. И людей очень мало. Были районы, где всего десятки человек оставались на целый район, и они работали» [17, с. 3]. Партийные, советские, хозяйственные и комсомольские кадры каждодневно решали насущные проблемы, в городах и районах встречались с людьми, воодушевляли и организовали их на героические свершения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Таким образом, Беларусь в 1943–1945 годах возрождалась от страшных последствий фашистской оккупации, налаживала мирную созидательную жизнь. Восстановление республики после освобождения в значительной степени зависело от организаторских усилий органов власти и управления. Эту задачу они выполнили, опираясь на самоотверженный труд трудящихся республики и с помощью братских республик СССР. Общими усилиями удалось проделать титанический труд, чтобы вывести экономику на довоенный уровень. Полное восстановление разрушенного народного хозяйства потребовало больших сил и времени и завершилось уже в конце 1940-х – 1950-х годов. Актуальность темы состоит в том, что интерес к истории Великой Отечественной войны и послевоенного возрождения не ослабевает. Достойная восхищения героическая и трагическая история не должна предаваться забвению. Продолжаются попытки пересмотра итогов Победы советского народа, подвергаются фальсификации действия органов власти, в том числе руководителей всех уровней БССР, которые возглавляли борьбу с захватчиками, возрождали разрушенную республику после ее освобождения. Белорусский народ хранит в памяти имена освободителей Беларуси, воинов-земляков, погибших на фронтах войны. Многотомные историко-документальные хроники городов и районов «Память» зафиксировали их имена, а также поместили мартиролог жертв фашистского геноцида во время оккупации. Есть надежда, что исследователям Беларуси в дальнейшем станут больше известны архивные документы, усилиями других ученых-историков, публицистов и краеведов данная тема получит новое расширенное освещение.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Гісторыя Беларусі: падручнік: у 2-х ч. Ч. 2. Люты 1917–2004. /Я. К. Новік і інш. Пад рэд. Я. К. Новіка, Г. С. Марцуля. – 2-е выд. Мінск: Выш. шк., 2006. – 476 с.
- 2 Памяць: Гіст-дакум. хроніка Магілёва / Беларус. Энцкл.: Г. П. Пашкоў (гал. рэд.) і інш.; Маст. Э. Э. Жакевіч. – Мінск: БелЭн, 1998. – 496 с.: іл.
- 3 Памяць: Гіст-дакум. хроніка Чэрыкаўскага раена. – Мінск: Выш.школа, 1994. – 660 с.: іл.
- 4 Памяць: Гіст-дакум. хроніка Бабруйскага раена / Беларус. Энцкл.: Г. П. Пашкоў (гал. рэд.) і інш.; Маст. Э. Э. Жакевіч. – Мінск: БелЭн, 1998. – 608 с.: іл.
- 5 Памяць: Гіст-дакум. хроніка Глускага раена. – Мінск: БЕЛТА, 1999. – 640 с.: іл.
- 6 Памяць: Гіст-дакум. хроніка Асіповіцкага раена. – Мінск: БЕЛТА, 2002. – 720 с.: іл.
- 7 Макаров, И. Н. Живая земля. Записки секретаря обкома партии / И. Н. Макаров. – Минск: Беларусь, 1982. – 208 с.
- 8 Памяць: Гіст-дакум. хроніка Слаўгарадскага раена. – Мінск: БЕЛТА, 1999. – 592 с.: іл.
- 9 Иоффе, Э. Г. Пантелеймон Пономаренко – «железный» сталинист. / Э. Г. Иоффе. – Минск: Харвест, 2015. – 256 с.
- 10 Антонович, С. Петр Машеров. Документальная повесть. / С. Антонович. – Минск: «Весна», 1993. – 288 с.
- 11 Олехнович, Г. И. Трудовая Беларусь – фронту. / Г. И. Олехнович. – Минск: Беларусь, 2020. – 167 с.
- 12 Мазуров, К. Т. Незабываемое. – 2-е изд., доп. /К. Т. Мазуров. – Минск: Беларусь, 1987. – 415 с.
- 13 Беларусь у Вялікай Айчыннай вайне. 1941–1945: Энцыклапедыя. Рэдкал.: І. П. Шамякин (гал. рэд.) і інш. – Мінск: БелСЭ, 1990. – 680 с.
- 14 Письмо П. К. Пономаренко председателю СНК СССР тов. Молотову В. М. 12 июля 1944 г. «Город жил, страдал, боролся». / СБ. Беларусь сегодня, 2008. – 13 августа. – С. 12.
- 15 История Могилевского еврейства. Документы и люди: научно-популярные очерки и жизнеописания. Кн. 2. Ч. 3. /Сост: Литин А. Л., Шендерович И. М. – Могилев: Амелия Принт, 2011. – 516 с.
- 16 Памяць: Гіст-дакум. хроніка Бялыніцкага раена. / Беларус. Энцкл.: Рэд. кал. А. В. Агееў і інш.; Маст. Э. Э. Жакевіч. – Мінск: Выш. школа, 2000. – 509 с.: іл.
- 17 Мазуров, К. Т. Я говорю не только о себе. / Советская Россия, 1989, 19 февраля. – С. 3.

Поступила в редакцию 11.10.2023 г.

ОБ АВТОРЕ:

Александр Петрович Костеров, кандидат исторических наук, доцент, доцент кафедры социально-гуманитарных дисциплин, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: kosterov1950@mail.ru.

ABOUT AUTHORS:

Alexandr P. Kosterov, Ph.D in History, Associate Professor, Assistant Professor of the Department of Social and Humanitarian Disciplines, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Republic of Belarus, e-mail: kosterov1950@mail.ru.