

УДК 664.8

Поступила в редакцию 05.08.2025
Received 05.08.2025

¹В. Н. Тимофеева, ¹А. В. Акулич, ²М. Л. Зенькова,
¹С. В. Волкова, ¹Т. М. Козина, ²Л. А. Мельникова

¹УО «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий»,
г. Могилев, Республика Беларусь

²УО «Белорусский государственный экономический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ЯБЛОК СВЕЖИХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЮРЕ

Аннотация. Приведены результаты исследований химического состава яблок, районированных в Республике Беларусь. Оптимизацию процесса обработки яблок проводили с применением программы Statgraphics18. Установлено, что теоретический выход пюре составил 91,1 % при температуре обработки 101,3 °С и продолжительности 12 мин. В результате обработки яблок разных помолологических сортов фактический выход пюре составил от 89,8 % до 90,2 % с содержанием растворимых сухих веществ 9,6–11,8 %.

Ключевые слова: яблоки, сорта яблок, химический состав, термическая обработка, пюре из яблок, технологические режимы.

¹V. N. Timofeeva, ¹A. V. Akulich, ²M. L. Zenkova, ¹S. V. Volkova, ¹T. M. Kozina,
²L. A. Melnikova

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

²Belarus State Economic University, Minsk, Republic of Belarus

OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF PROCESSING APPLES OF FRESH TO OBTAIN PUREE

Abstract. The results of studies of the chemical composition of apples, zoned in the Republic of Belarus are given. The optimization of the processing process of apples was carried out using the Statgraphics18 program. It was established that the theoretical output of mashed amounted to 91,1 % at a treatment temperature of 101,3 °C and a duration of 12 minutes. As a result of the processing of apples of different pomological varieties, the actual output of puree amounted to from 89,8 % to 90,2 % with the content of soluble dry substances 9,6–11,8 %.

Keywords: apples, apples of apples, chemical composition, heat treatment, apple puree, technological modes.

Введение. Самым распространенным видом семечковых фруктов в Республике Беларусь являются яблоки. Они имеют высокую пищевую ценность, обладают хорошими вкусовыми свойствами и являются ценным сырьем для переработки. Белорусские ученые работают над изучением химического состава яблок, изменением их качества при длительном хранении [1–3] и созданием новых технологий продуктов из районированных сортов яблок [4–5]. Установлено, что разные агротехнологии и способы хранения оказывают существенные влияния на качественные характеристики яблок даже одного помолологического сорта. Пюре из яблок используется в пищевой промышленности для получения широкого ассортимента продуктов — соковой продукции; кондитерских и хлебобулочных изделий; продукции, уваренной с сахаром; специализированных пищевых продуктов.

Известно, что яблоки являются источником пищевых волокон, содержат органические кислоты, сахара, витамины, минеральные и другие вещества. Важным аспектом при переработке помолологических сортов яблок в пюре является его выход, позволяющий обосновать технологические решения в производстве разных продуктов.

При хранении и переработке яблок применяют технологические приемы, обеспечивающие комплексное использование сырья и максимальное сохранение в нем полезных веществ. Известны многочисленные работы, посвященные исследованию химического состава свежих яблок, однако недостаточно изучены технологические свойства сырья и влияние технологических приемов на качество пюре из яблок. По результатам ранее проводимых исследований установлено, что по химическому составу и технологическим свойствам новые сорта яблок отличаются от аналогичных данных, представленных в справочных и нормативных источниках. Имеются также противоречивые сведения о технологии переработки яблок [6], что определяет актуальность данной работы. Полученные результаты помогут скорректировать технологии на предприятиях консервной промышленности при производстве продукции на основе пюре из яблок.

Целью работы является исследование сортовых особенностей химического состава яблок свежих поздних сроков созревания и оптимизация выхода пюре из них.

Объекты и методы исследования. Объектами исследований являлись районированные сорта яблок свежих поздних сроков созревания — Белорусское сладкое, Зимнее лимонное, Чемпион, Лигол, Лобо, Антоновка обыкновенная. Исследования проводились в октябре-декабре 2023-2024 гг.

Отбор и подготовку проб осуществляли стандартными методами. Исследования проводились в соответствии со следующими методами: массовая доля растворимых сухих веществ рефрактометрическим методом; титруемая кислотность методом титрования в присутствии цветного индикатора; содержание витамина С титриметрическим методом с визуальным титрованием. Определение пектиновых веществ проводили кальций-пектатным методом, который основан на осаждении пектиновых кислот в виде кальциевых солей. Полученный осадок пектата кальция отфильтровывали через заранее высушенный до постоянной массы и взвешенный с бюксом бумажный фильтр. Осадок на фильтре промывали 0,5%-ным раствором CaCl_2 , затем 5-6 раз холодной дистиллированной водой. Фильтр с осадком перенесли в бюкс и сушили до постоянной массы при температуре 100–105 °С. Массу осадка, полученную по разности между массой бюкса с осадком на фильтре и массой бюкса с фильтром, умножали на 0,9235 для пересчета на пектовую кислоту. Содержание сырой клетчатки определяли на анализаторе клетчатки Fibretherm FT 12.

Обработку результатов проводили с применением программы Statgraphics18.

Результаты исследований и их обсуждение. Предварительная обработка сырья имеет большое значение для максимального выхода пюре из яблок. Применение способов обработки позволяет также сохранить натуральный цвет, полезные вещества и обеспечить необходимую консистенцию пюре [7-10]. В консервной промышленности к фруктам и овощам предъявляются определенные требования, обусловленные технологическим процессом переработки и ассортиментом вырабатываемой продукции. При получении пюре из свежих яблок контроль сырья проводится на соответствие нормативному документу по внешнему виду, запаху и вкусу, степени зрелости, массовой доли растворимых сухих веществ, размеру плодов, допустимым дефектам и отсутствию болезней [11]. Важную роль имеют и технологические свойства свежих яблок, к которым относят сахаро-кислотный индекс, содержание пектиновых веществ и клетчатки [12]. Применяя математическое моделирование проводятся работы по оптимизации получения пюре с минимальными потерями макро- и микронутриентов [13]. Данный прием часто используется в пищевой промышленности для получения адекватной модели переработки фруктов и овощей при оптимальном количестве опытов [14-17]. Для получения пюре были отобраны яблоки свежие поздних сроков созревания и исследован их химический состав (таблица 1).

Таблица 1. Химический состав яблок свежих поздних сроков созревания
Table 1. The chemical composition of fresh late ripening apples

Наименование помологических сортов яблок	Наименование показателей				
	массовая доля растворимых сухих веществ, %	титруемая кислотность (на яблочную), %	содержание пектиновых веществ, %	содержание клетчатки, %	содержание витамина С, мг на 100 г
Белорусское сладкое	14,8	0,30	0,34	1,4	3,2
Зимнее лимонное	13,6	0,51	0,55	0,9	3,1
Чемпион	12,6	0,39	0,69	1,1	2,3
Лигол	11,8	0,32	0,66	1,3	2,3
Лобо	15,0	0,34	0,66	1,0	2,4
Антоновка обыкновенная	12,4	0,44	0,75	0,8	2,4
Справочные данные [18]	9,0	0,80	1,0	0,6	10,0

По результатам исследования химического состава яблок свежих поздних сроков созревания установлено, что содержание растворимых сухих веществ и клетчатки в плодах выше по сравнению со справочными данными, а содержание титруемых кислот в пересчете на яблочную кислоту, пектиновых веществ и витамина С, наоборот, ниже. Наиболее высоким содержанием растворимых сухих веществ характеризуются помологические сорта яблок «Белорусское сладкое» и «Лобо». Полученные результаты согласуются с результатами других исследователей [9]. Однако имеются расхождения в исследованиях по содержанию общего пектина и витамина С [19], которые очевидно связаны с погодно-климатическими условиями и особенностями помологического сорта.

При получении пюре из яблок на предприятиях по переработке фруктов и овощей применяются две технологии [20]:

1 — подготовленные плоды в целом виде разваривают и затем направляют на протирание на сдвоенной протирочной машине;

2 — подготовленные плоды дробят с получением мезги, которую затем разваривают и протирают на сдвоенной протирочной машине.

В данном исследовании получали пюре из яблок по второй технологии. Применяя математическое планирование (ПФЭ 2²) определяли оптимальную температуру и продолжительность обработки яблок свежих при получении пюре. Исследовали взаимодействие следующих основных факторов, влияющих на выход пюре: x_1 — температура обработки (°С), x_2 — продолжительность обработки (мин), которые совместимы и не коррелируют между собой (таблица 2).

Таблица 2. Характеристика планирования ПФЭ 22 по оптимизации выхода пюре из яблок свежих

Table 2. Characterization of FFE 22 planning to optimize puree output from fresh apples

Характеристики планирования	Пределы изменения факторов	
	x_1 , °С	x_2 , мин
Основной уровень (0)	97,5	10
Интервал варьирования	7,5	5
Верхний уровень (+1)	105	15
Нижний уровень (-1)	90	5

Выбранный диапазон по температуре обработки мезги из яблок ($90\text{ °С} \leq x_1 \leq 105\text{ °С}$) и по продолжительности обработки ($5\text{ мин} \leq x_2 \leq 15\text{ мин}$) способствовал получению пюре хорошего качества. В качестве критериев оценки влияния условий обработки использовали выход пюре (y , %). Матрица планирования эксперимента представлена в таблице 3.

Таблица 3. Матрица планирования ПФЭ 2² и значение выходного параметра оптимизации получения пюре из яблок свежих

Table 3. FFE 2² planning matrix and the value of the output parameter for optimizing the receipt of puree from fresh apples

Характеристики планирования	x_1	x_2	y
Номер опыта			
1	90,0	5,0	80,4
2	97,5	5,0	88,8
3	105,0	5,0	88,6
4	90,0	10,0	84,7
5	97,5	10,0	89,5
6	105,0	10,0	90,4
7	90,0	15,0	85,2
8	97,5	15,0	89,8
9	195,0	15,0	90,2

На рисунке 1 представлена карта Парето, которая графически отражает влияние каждого фактора и их взаимодействие на выход пюре.

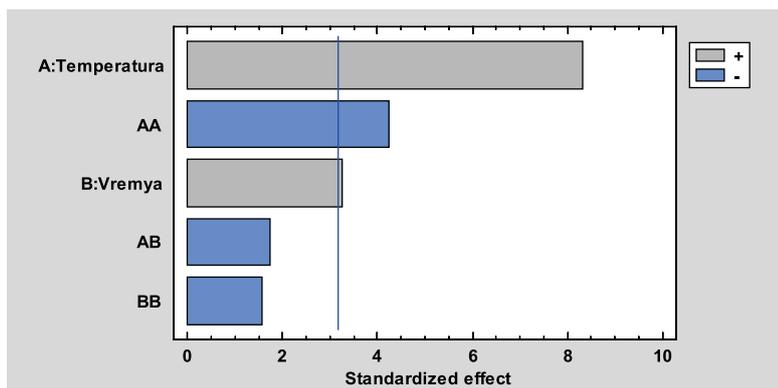


Рис. 1. Карта Парето влияния обработки на выход пюре из яблок
 Fig. 1. Pareto influence map in the production of puree from apples

При статистической обработке результатов эксперимента было получено уравнение регрессии (1), которое адекватно описывает исследуемый процесс под действием выбранных факторов.

$$y = -448,68 + 10,28x_1 + 3,15x_2 - 0,05x_1^2 - 0,02x_1x_2 - 0,04x_2^2, \tag{1}$$

где x_1 — температура обработки, °C; x_2 — продолжительность обработки, мин.

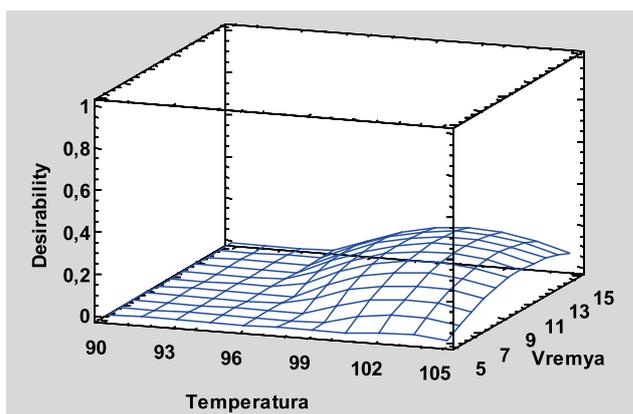


Рис. 2. Поверхность отклика выхода пюре из яблок свежих
 Fig. 2. The influence of factors on the exit of puree from fresh apples

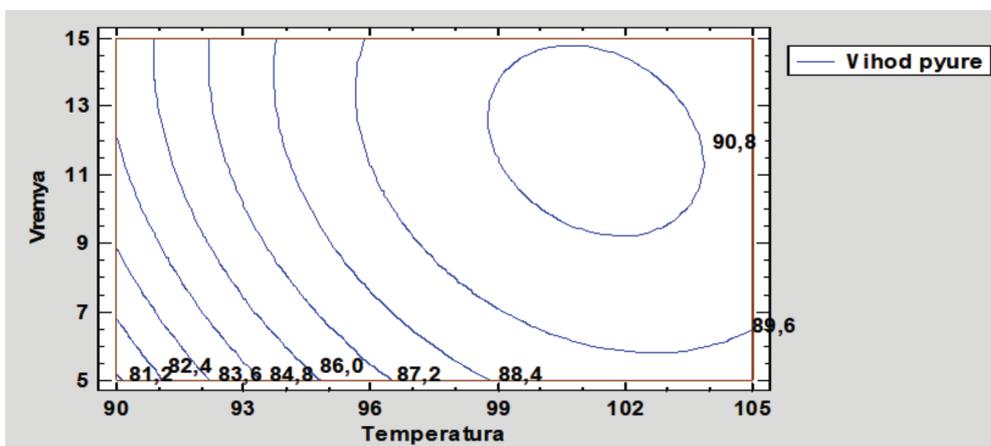


Рис. 3. Проекция линий уровня выхода пюре для двух факторов — температура и продолжительность
 Fig. 3. Projection of puree output lines for two factors — temperature and duration

Полученное уравнение характеризуется высоким коэффициентом детерминации $R^2 = 97,18 \%$.

На основе указанного уравнения была получена поверхность отклика выхода пюре из яблок свежих и проекция линий уровня в зависимости от выбранных факторов (рисунки 2 и 3).

На рисунке 2 наблюдается максимум, который показывает теоретический выход пюре из яблок 91,1 % при оптимальных параметрах обработки (таблица 4).

Таблица 4. Оптимальные параметры обработки яблок
Table 4. Optimal parameters of apple processing

Факторы	Параметры
Температура, °С	101,3
Продолжительность, мин	12

Для изучения влияния способа предварительной обработки на выход пюре и содержание в нем растворимых сухих веществ в зависимости от помологического сорта яблок проведена серия опытов по оптимальным параметрам обработки яблок и средние результаты представлены на рисунке 4.

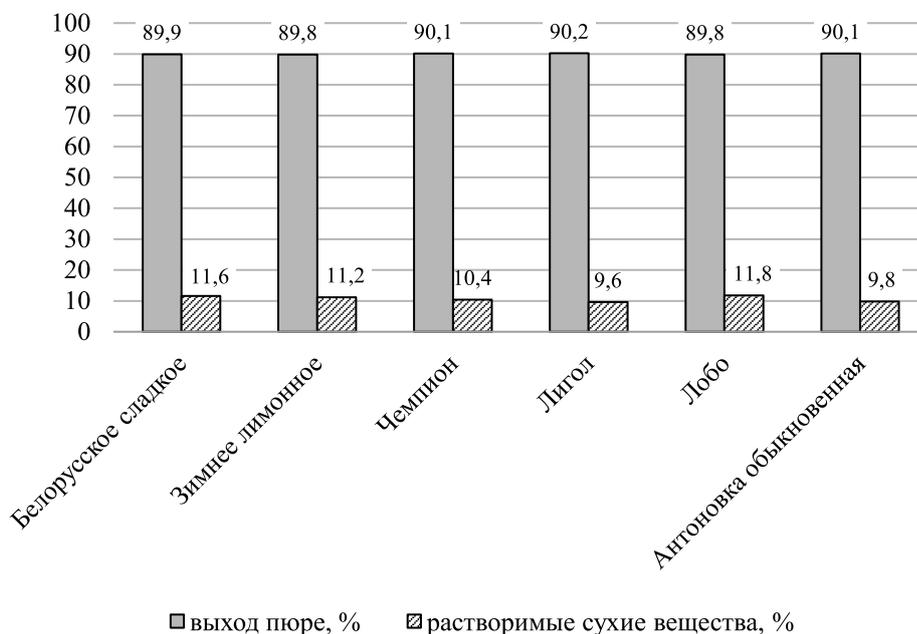


Рис. 4. Выход пюре и содержание в нем растворимых сухих веществ в зависимости от помологического сорта яблок

Fig. 4. The output of mashed and the content of soluble dry substances in it, depending on the apple variety

Анализ рисунка 4 показал, что в процессе переработки яблок свежих выход пюре близок к нормативному (90 %), но происходит снижение растворимых сухих веществ по сравнению со свежими яблоками. Однако данный показатель качества пюре остается выше нормативного (9 %). Установлено, что массовая доля растворимых сухих веществ в пюре из свежего сырья находится в пределах от 9,6 % до 11,8 % и при переработке яблок происходят неизбежные их потери на 2,2-3,2 %.

Заключение. На основании исследований установлена сортоспецифичность химического состава яблок свежих. Отмечена высокая вариабельность по содержанию растворимых сухих веществ, титруемых кислот, выраженная сортоспецифичность накопления пектиновых веществ и клетчатки, низкое содержание витамина С. Проведена оптимизация получения пюре из яблок свежих поздних сроков созревания в зависимости от температуры и продолжительности обработки. Выход пюре при оптимальных параметрах составил от 89,8 % до 90,2 % при этом содержание растворимых сухих веществ в пюре выше 9 %.

Благодарность. Исследования проводились при поддержке Министерства образования Республики Беларусь НИР «Исследование процессов получения консервированных десертов с использованием пророщенного зерна» в рамках задания ГПНИ.

Список использованных источников

1. Козловская, З. А. Новые перспективные гибриды яблони белорусской селекции / З. А. Козловская, С. А. Ярмолич, Г. М. Марудо // Плодоводство. — 2021. — Т. 33. — С. 7-11. URL: <https://doi.org/10.47612/0134-9759-2021-33-7-11>.
2. Криворот, А.М. Технологии хранения плодов / А.М. Криворот. — Минск: ИВЦ Минфина, 2004. — С. 262.
3. Липская, С. Л. Биохимический состав плодов яблони / С. Л. Липская, О. И. Камзолова, С. А. Ярмолич // Плодоводство. — 2007. — Т. 19. — С. 81-88.
4. Никитенко, А. Н. Ферментативные изменения яблочного сырья в процессе переработки на чипсы / А. Н. Никитенко, З. Е. Егорова // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. — 2011. — № 1. — С. 35-40.
5. Никитенко, А. Н. Обоснование режима бланширования яблочных пластин при производстве чипсов / А. Н. Никитенко, З. Е. Егорова // Вестні Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. — 2013. — № 4. — С. 105-110.
6. Кох, Д. А. Способы переработки мелкоплодных яблок в пюре / Д. А. Кох, Н. Н. Типсина, Ж. А. Кох // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. — 2016. — № 3. — С. 67-73.
7. Fruit variability impacts puree quality: Assessment on individually processed apples using the visible and near infrared spectroscopy / W. Lan, B. Jaillais, S. Chen, C. M.G.C. Renard, A. Leca, S. Bureau // Food Chemistry. — 2022. — Vol. 390. — 133088. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133088>.
8. Азадова, Э. Ф. Инновационная технология производства яблочного пюре для детского питания // Э. Ф. Азадова, М. Э. Ахмедов, М. Д. Мукайлов // Проблемы развития АПК региона. — 2015. — Т. 21, № 1(21). — С. 57-60.
9. Борисова, А. В. Влияние технологических режимов на антиоксидантную активность яблочного пюре / А. В. Борисова, Н. В. Макарова // Пищевая промышленность. — 2012. — № 7. — С. 43-45.
10. Усовершенствование технологии производства пюре из яблок и шиповника для функционального питания с применением СВЧ-разваривания сырья и высокотемпературной ступенчатой стерилизации / А. Ф. Демирова, М. Э. Ахмедов, Д. А. Ярахмедова [и др.] // Пищевая промышленность. — 2024. — № 4. — С. 42-46.
11. Яблоки свежие для промышленной переработки. Технические условия : ГОСТ 27572-2017. — Взамен ГОСТ 27572-87 ; введ. 01.07.2019. — М. : Стандартинформ, 2017. — 16 с.
12. Мегердичев, Е. Я. Технологические требования к сортам овощей и плодов, предназначенным для различных видов консервирования : методические рекомендации / Е.Я. Мегердичев ; Российская академия сельскохозяйственных наук, Всероссийский научно-исследовательский институт консервной и овощесушильной промышленности. — Москва : [б. и.], 2003. — 93 с.
13. Математическая модель планирования плодово-ягодного пюре при различных способах обработки сырья / Д. Н. Протасов, М. Ю. Акимов, А. С. Ильинский [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК — продукты здорового питания. — 2023. — № 4. — С. 85-91. URL: <https://doi.org/10.24412/2311-6447-2023-4-85-91>.
14. Моргунова, Е. М. Экстракция натурального растительного сырья повышенной биологической ценности / Е. М. Моргунова, Н. А. Шелегова, М. Л. Микулинич // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2010. — № 11. — С. 11-15.
15. Тимофеева, В. Н. Влияние ферментативной обработки мезги сортовой аронии черноплодной и рябины садовой на выход сока / В. Н. Тимофеева, Н. В. Саманкова, Ю. П. Азаренко // Пиво и напитки. — 2009. — № 5. — С. 24-26.
16. Зенькова, М. Л. Оптимизация технологических параметров получения пюре из ягод облепихи для изготовления консервированных десертов / М. Л. Зенькова, Е. В. Красильникова // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость: материалы XVII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 16 мая 2024 г. / Белорусский государственный экономический ун-т; редкол.: А. В. Егоров (отв. ред.) [и др.]. — Минск: Колорград, 2024. — С. 199-200.
17. Масанский, С. Л. Влияние технологических факторов на экстрагируемость биологически активных веществ из ягод голубики садовой / С. Л. Масанский, Ю. М. Пинчукова // Пищевая промышленность : наука и технологии. — 2009. — № 4(6). — С. 45-49.
18. Тутельян, В. А. Химический состав и калорийность российских продуктов : справочник. — М. : ДеЛи плюс, 2012. — С. 284.
19. Изучение районированных сортов плодовоовощной продукции для разработки технологий получения биоэкологических продуктов с функциональными свойствами / М.Т. Велямов, А.Б. Оспанов, Н.В.

- Попова и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». — 2022. — Т. 10, №1. — С. 30-38. URL: <https://doi.org/10.14529/food220104>.
20. Тимофеева, В. Н. Технология консервирования фруктов и овощей : учебное пособие / В. Н. Тимофеева. — Минск : Вышэйшая школа, 2021. — С. 303.

Информация об авторах

Тимофеева Валентина Николаевна, кандидат технических наук, доцент, учреждение образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» (пр. Шмидта, 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь).

E-mail: Valya.timofeeva.1951@mail.ru

Акулич Александр Васильевич, доктор технических наук, профессор, заслуженный изобретатель Республики Беларусь, проректор по научной работе учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» (пр. Шмидта, 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь).

E-mail: akulichav57@mail.ru

Зенькова Мария Леонидовна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет» (пр. Партизанский, 26, 220070, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: mariya_LZ@mail.ru

Волкова Светлана Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии пищевых производств учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» (пр. Шмидта, 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь).

E-mail: svetlana08@mail.ru

Козина Татьяна Михайловна, старший преподаватель кафедры технологии пищевых производств учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» (пр. Шмидта, 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь).

E-mail: MAIL@BGUT.BY

Мельникова Людмила Александровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет» (пр. Партизанский, 26, 220070, г. Минск, Республика Беларусь).

Information about the authors

Timofeeva Valentina Nikolaevna, Ph.D. (Technical), Associate Professor, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3, Schmidt Av, 212027, Mogilev, Republic of Belarus).

E-mail: Valya.timofeeva.1951@mail.ru

Akulich Alexander Vasilyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Inventor of the Republic of Belarus, Vice-Rector for Scientific Work of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3, Schmidt Av, 212027, Mogilev, Republic of Belarus).

E-mail: akulichav57@mail.ru

Zenkova Mariya Leonidovna, Ph.D. (Technical), Associate Professor, Associate Professor of commodity science and expertise of products, Belarusian State Economic University (26, Partizansky Av., 220070, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: mariya_LZ@mail.ru

Volkava Sviatlana Vladimirovna, CPh.D. (Technical), Associate Professor of the Department of Food Production Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3, Schmidt Av, 212027, Mogilev, Republic of Belarus).

E-mail: svetlana08@mail.ru

Kozina Tatsiana Mihailovna, Senior Lecturer, Department of Food Production Technology, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3, Schmidt Av, 212027, Mogilev, Republic of Belarus).

E-mail: MAIL@BGUT.BY

Melnikova Lyudmila Alexandrovna, CPh.D. (Technical), Associate Professor of commodity science and expertise of products, Belarusian State Economic University (26, Partizansky Av., 220070, Minsk, Republic of Belarus).