

УДК 637.334.8

Поступила в редакцию 14.02.2024
Received 14.02.2024**О. В. Дымар¹, М. Р. Яковлева²**¹ *Представительство АО «МЕГА» в Республике Беларусь,
г. Минск, Республика Беларусь*² *РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ГЛУБОКОДЕМИНЕРАЛИЗОВАННОЙ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Аннотация. В статье представлены результаты исследований электромембранной обработки молочной сыворотки с применением процессов электродиализа и электродеионизации. Проведен анализ изменения показателей эффективности процессов, при различном рабочем напряжении, а также физико-химических и органолептических свойств образцов.

Ключевые слова: электродиализ, электродеионизация, электромембранная деминерализация, молочная сыворотка.

O. V. Dymar¹, M. R. Yakovleva²¹ *Representative of MEGA a.s. in Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*² *RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,
Minsk, Republic of Belarus*

STUDYING THE POSSIBILITY OF OBTAINING DEEPLY DEMINERALIZED MILK WHEY

Abstract. The article presents the results of studies of electromembrane processing of milk whey with processes electro dialysis and electrodeionization processes applying. An analysis of process efficiency indicators changes, as well as physicochemical and organoleptic properties of the samples was carried out.

Key words: electro dialysis, electrodeionization, electromembrane demineralization, milk whey.

В Республики Беларусь технология электродиализа широко применяется в молочной промышленности при обработке вторичного сырья (сыворотки, пермеатов) для снижения содержания минералов и кислот в продуктах переработки молока. Благодаря оптимизации процесса и использованию современных материалов и конструкций, применение электродиализа позволяет перерабатывать любую молочную сыворотку (подсырную, творожную, казеиновую). Деминерализация позволяет стандартизировать состав и открывает широкие возможности ее применения: получение молочно-белковых концентратов, молочного сахара и лактозных сиропов, производство сыров, цельномолочных продуктов и мороженого, обогащенных и диетических продуктов, хлебобулочных и кондитерских изделий [1-4].

Получение из молочной сыворотки или ее пермеата кристаллической лактозы является одним из наиболее перспективных направлений [3, 5]. Применение молочного сахара (кристаллической лактозы) имеет несколько основных направлений в пищевой и фармацевтической промышленности:

- ♦ в детском питании для приближения продуктов заменителей молока к составу женского молока;
- ♦ в хлебопекарной отрасли в качестве стабилизатора и снижения потерь влаги в готовом продукте благодаря адсорбционным способностям лактозы;
- ♦ для улучшения исходных органолептических характеристик: усиления естественного фруктового и ягодного аромата;
- ♦ для гармонизации и регулирования вкуса и аромата готовых продуктов благодаря небольшому показателю относительной сладости (0,22) [6];

- ♦ в молочной промышленности для ферментации при производстве сыра, йогурта и кисломолочных продуктов;
- ♦ в качестве питательной добавки в продуктах, с целью повышения усвояемости кальция и ряда других минералов (магний, медь, цинк);
- ♦ в фармацевтической продукции в качестве неактивного ингредиента в таблетках, капсулах и сухих порошковых ингаляторах.

Традиционно получение молочного сахара (кристаллической лактозы) возможно одним из следующих способов [5, 7]:

- ♦ кристаллизация лактозы из пересыщенных сывороточных сиропов;
- ♦ сушка глубоководной сывотки;
- ♦ образование лактазатов с последующим разрушением соединения.

На современном уровне развития техники технологическую схему производства лактозы реализуют с применением баро- и электромембранных методов, что позволяет повысить эффективность и экономичность производства за счет более полного использования сырьевых ресурсов [2, 3, 8]. Для этого применяют ультрафильтрацию, нанофильтрацию, обратный осмос, а также электродиализ.

На стадии ультрафильтрации отделяется белковая и жировая фракция, что позволяет получить сырье с большей доброкачественностью (отношение содержания лактозы к общим сухим веществам) для дальнейшей переработки [3, 5, 8, 9]. В результате ультрафильтрации сывотки образуется УФ-пермеат сывотки, который представляет собой раствор лактозы, минеральных веществ, кислот, небелковых низкомолекулярных азотистых соединений и некоторых минорных компонентов (пигментов). При этом, наличие сопутствующих веществ (в первую очередь — солей) может негативно сказываться на качестве конечного продукта и при проведении технологических процессов (вакуумного сгущения, кристаллизации) [2].

Получаемый пермеат сывотки после ультрафильтрации можно перерабатывать на различные продукты. В зависимости от массовой доли лактозы различают: сахар-сырец, с содержанием лактозы 87 — 95 %, пищевой молочный сахар с чистотой 95 % и рафинированный (фармакопейный) содержание лактозы, в котором 99 — 99,5%. При условии, что основными потребителями молочного сахара являются фарминдустрия и пищевая промышленность в детском питании, получаемый по традиционной технологии молочный сахар-сырец зачастую непригоден для использования и требует проведения дополнительной очистки [10-12].

Для получения молочного сахара высокого качества из УФ-пермеата необходимо провести выделение несахаров при помощи электродиализной обработки, что позволит повысить доброкачественность сырья более 90 % [5].

Благодаря электродиализу можно получить деминерализованные пермеаты с улучшенными органолептическими показателями и технологическими свойствами, расширить направления их применения, используя в производстве продуктов без добавок, маскирующих вкус и запах [2, 3].

Удаление зольных частиц и снижение кислотности (что особенно важно для кислой творожной сывотки) приводит к интенсификации технологических процессов получения молочного сахара. Варьируя степень извлечения несахаров из УФ-пермеата, можно добиться различного состава и качества готового продукта в зависимости от производственной необходимости и направления использования [3, 5].

При необходимости получения более глубокой очистки (96 % - 99 %) в технологии молочного сахара следующим уровнем является применение процессов ионного обмена и хроматографии [3, 5].

Ионный обмен рекомендуется проводить на стадии после процесса электродиализа для удаления оставшейся части поливалентных ионов, таких как фосфаты, сульфаты, цитраты, а также ионов кальция и магния. При этом последовательно используются анионообменные и катионообменные смолы. Для удаления остатков азотистых соединений и пигментов в технологии высокоочищенной лактозы применяют хроматографические методы. Примером может служить ионообменная SSMB (Sequential simulated moving bed) хроматография низкого давления с симулированным движением подвижной фаз [3, 14, 15]. Суть процесса заключается в различной скорости прохождения и элюирования компонентов сырья через слой ионообменной смолы в зависимости от их природы. При переработке деминерализованного пермеата в результате такой хроматографической обработки образуются две фракции: обедненная фракция, содержащая быстрые компоненты (соли) и окрашенные соединения (рафинат); обогащенная фракция высокоочищенной лактозы (экстракт) [5, 15].

Учитывая разнообразие сфер применения лактозы и актуальность глубокой очистки вторичного молочного сырья, большой интерес представляет вопрос совершенствования техно-

логии получения молочного сахара с максимальным уровнем доброкачественности. Одним из способов повышения эффективности очистки молочной сыворотки теоретически является применение электродеионизации. По литературным данным, благодаря наличию ионообменных смол в дилуатных ячейках модуля, значительно повышается степень удаления заряженных частиц [16].

Учитывая это, практический интерес представляет сравнительный анализ эффективности обработки молочной сыворотки с применением электродиализа и электродеионизации.

Методика проведения исследований. В качестве сырья для стандартизации условий проведения экспериментов, использовали сыворотку молочную сухую, производства ОАО «Бабушкина крынка» филиал «Осиповичский» (далее сыворотка молочная).

Предварительная подготовка сыворотки для обработки на электромембранной установке включала восстановление до содержания сухих веществ 20 ± 2 %. Массу сухой сыворотки, необходимой для приготовления определенного количества восстановленной, рассчитывали по формуле 1:

$$M_{с.сух} = \frac{СВ_{с.сух}}{\frac{СВ_{с.сух} \times M_{с.вост}}{СВ_{с.вост}} - 100}, \quad (1)$$

где $M_{с.сух}$ — масса сыворотки молочной сухой, кг; $M_{с.вост}$ — масса сыворотки молочной восстановленной, кг; $СВ_{с.сух}$ — сухие вещества сыворотки молочной сухой, %; $СВ_{с.вост}$ — сухие вещества сыворотки молочной восстановленной, %.

Для изучения рабочих параметров процесса и их влияния на эффективность деминерализации проводили эксперименты на модулях электродиализа (ЭД) и электродеионизации (ЭДИ) при трех рабочих напряжениях: 10 В — стандартное рабочее напряжение электродиализного оборудования (исходя из рекомендаций производителя), что соответствует 1 В на мембранную пару и повышенном — 20 В и 30 В, что соответствует 2 В и 3 В на мембранную пару (модуль лабораторной установки содержит 10 пар мембран).

Протекание процесса деминерализации исходного сырья отслеживали по изменению показателя удельной электропроводимости сыворотки в процессе электромембранной обработки, который фиксировали каждые 5 минут. Процесс деминерализации вели до прекращения падения удельной электропроводимости дилуата в двух последовательных точках контроля.

В исходном и деминерализованных образцах изучали следующие показатели: удельную электропроводимость (УЭП), степень деминерализации, продолжительность процесса, содержание сухих веществ, активная кислотность. По показателю УЭП рассчитывали степень деминерализации сыворотки. Степень деминерализации (Д, %) характеризует уровень очистки исходного сырья от заряженных частиц и рассчитывается по формуле [17]:

$$Д = \frac{УЭП_{н} - УЭП_{к}}{УЭП_{н}} \cdot 100, \quad (2)$$

где $УЭП_{н}$ — удельная электропроводимость дилуата до деминерализации, мСм/см; $УЭП_{к}$ — удельная электропроводимость дилуата после деминерализации, мСм/см.

Результаты исследований и их обсуждение. В табл. 1 представлены изменения физико-химических показателей молочной сыворотки в процессе электромембранной деминерализации с применением электродиализа и электродеионизации при различном рабочем напряжении.

Степень деминерализации молочной сыворотки в результате электромембранной обработки достигала 96,58 %. При этом использование электродеионизации позволило достичь большей степени удаления заряженных частиц: 89,33 % — 96,58 % по сравнению с 86,00 % — 93,22 % при электродиализе.

Кроме того, повышение прилагаемого напряжения с 1 В до 3 В имеет обратную корреляцию с длительностью процесса: при ЭД длительность снижается со 180 минут до 90 минут, а при ЭДИ со 190 до 100 минут.

В проведенных экспериментах по обработке молочной сыворотки максимальное снижение содержания сухих веществ при электродиализе составило 1,74 % и 2,22 % — при электродеионизации.

Из полученных результатов можно сделать вывод, что применение электродеионизации позволит получить образцы молочной сыворотки с большей степенью деминерализации, по сравнению с применением электродиализной деминерализации. При этом целесообразно применять электродеионизацию при повышенном рабочем напряжении — 3 В на мембранную пару — такая обработка позволит достичь степени деминерализации вплоть до 97 %.

Таблица 1. Физико-химические показатели молочной сыворотки до и после деминерализации
Table 1. Physico-chemical parameters of whey before and after demineralization

| Показатели эффективности процесса: | Электродиализ | | | Электродеионизация | | |
|--|---------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|
| | 10 В | 20 В | 30 В | 10 В | 20 В | 30 В |
| УЭП _н дилуата, мСм/см | 11,15 | 11,53 | 11,95 | 10,96 | 12,05 | 10,98 |
| УЭП _к дилуата, мСм/см | 1,56 | 1,00 | 0,81 | 1,17 | 0,68 | 0,38 |
| Степень деминерализации, % | 86,00 | 90,81 | 93,22 | 89,33 | 94,32 | 96,58 |
| Продолжительность процесса, мин | 180 | 120 | 90 | 190 | 105 | 100 |
| Исходное содержание сухих веществ дилуата, % | 18,93 | 18,80 | 18,82 | 18,85 | 18,50 | 18,57 |
| Конечное содержание сухих веществ дилуата, % | 17,19 | 17,06 | 17,23 | 17,42 | 17,07 | 16,35 |
| Δ СВ _п , % | 1,74 | 1,74 | 1,59 | 1,43 | 1,43 | 2,22 |
| Активная кислотность начальная, ед. рН | 6,02 | 6,02 | 6,08 | 6,1 | 6,04 | 6,06 |
| Активная кислотность конечная, ед. рН | 5,80 | 4,86 | 4,72 | 5,11 | 5,63 | 4,88 |
| Δ рН, ед. | 0,22 | 1,16 | 1,36 | 0,99 | 0,41 | 1,18 |

В рамках исследования эффективности электродеионизации провели изучение физико-химических показателей образцов молочной сыворотки с различной степенью деминерализации.

Для этого в процессе обработки отбирали образцы сыворотки со степенью деминерализации 90%, 95 % и 97 %. Для этого исходную частично деминерализованную сыворотку со степенью деминерализации 80 % (производства ОАО «Бабушкина крынка» филиал «Осиповичский») восстанавливали до содержания сухих веществ 20 ± 2 % и направляли на электродеионизацию с отбором проб при достижении УЭП 1 мСм/см, 0,7 мСм/см и 0,4 мСм/см.

В отобранных образцах исследовали следующие физико-химические показатели: УЭП, мСм/см, истинный белок, %, массовая доля золы, %; содержание элементов: кальция, мг/кг; магния, мг/кг; калия, мг/кг; натрия, мг/кг; фосфора, мг/кг. Полученные показатели представлены в табл. 2.

Исходный образец представляет собой восстановленную частично деминерализованную (Д80) сыворотку. Образец №1 отобран по достижению проводимости около 1 мСм/см (Д \approx 90 %), образец №2 — по достижению проводимости около 0,7 мСм/см (Д \approx 95 %), образец №3 — по достижению проводимости около 0,4 мСм/см (Д \approx 97 %).

Таблица 2. Результаты исследований состава образцов молочной сыворотки с различной степенью деминерализации

Table 2. Results of studies of the composition of whey samples with various degrees of demineralization

| Наименование | Исходный образец | Образец №1 | Образец №2 | Образец №3 |
|-------------------|------------------|------------|------------|------------|
| УЭП, мСм/см | 1,58 | 0,990 | 0,700 | 0,390 |
| Истинный белок, % | 2,56 | - | - | 2,80 |
| Зола, % | 0,27 | 0,15 | 0,11 | 0,06 |
| Кальций, мг/кг | 251,0 | 159,0 | 158,0 | 70,6 |
| Магний, мг/кг | 133,0 | 86,30 | 67,60 | 34,4 |
| Калий, мг/кг | 350,0 | 159,00 | 112,00 | 54,1 |
| Натрий, мг/кг | 277,0 | 174,00 | 146,00 | 86,2 |
| Фосфор, мг/кг | 433,0 | 303,00 | 244,00 | 225,0 |

Полученные результаты позволяют сделать вывод об изменении компонентного состава в результате проведения электродеионизации до степени деминерализации 97 %. При этом проводимость снижается с 1,58 мСм/см до 0,39 мСм/см.

Наибольшие изменения происходят с зольными частицами: содержание золы снижается с 0,27 % до 0,06 % (в 4,5 раза); при этом, содержание кальция снижается в 3,56 раза (с 251,0 мг/кг до 70,6 мг/кг); магния в 3,87 раза (с 133,0 мг/кг до 34,4 мг/кг); калия в 6,47 раза (с 350,0 мг/кг до 54,1 мг/кг); натрия в 3,21 раза (с 277,0 мг/кг до 86,2 мг/кг); фосфора в 1,92 раза (с 433,0 мг/кг до 225,0 мг/кг).

Учитывая, что в процессе электромембранной обработки происходит значительное удаление золы, а переноса органических компонентов сыворотки не происходит, то происходит повышение концентрации белка в деминерализованном образце с 2,56 % до 2,80 %.

Таким образом, в результате глубокой деминерализации молочной сыворотки с применением электродеионизации возможно достичь степени деминерализации сырья 97 %, при этом получить образец с низким содержанием зольных компонентов и повышенным содержанием белка.

В рамках исследования деминерализованную молочную сыворотку оценивали методом профильно-дескрипторного анализа [18]. Оценка вкуса молочной сыворотки проводилась испытателями по пяти дескрипторам: «сладкий», «солёный», «молочный», «привкус топленого молока», «чистый» (без посторонних привкусов, например, так называемого привкуса пастеризации); запаха по трем: «сладкий», «натуральный», «молочный аромат»; внешний вид и консистенция по двум: «однородный», «непрозрачный» (характеризует степень замутнённости образца).

Полученные результаты представлены в виде профилограммы на рис. 1.

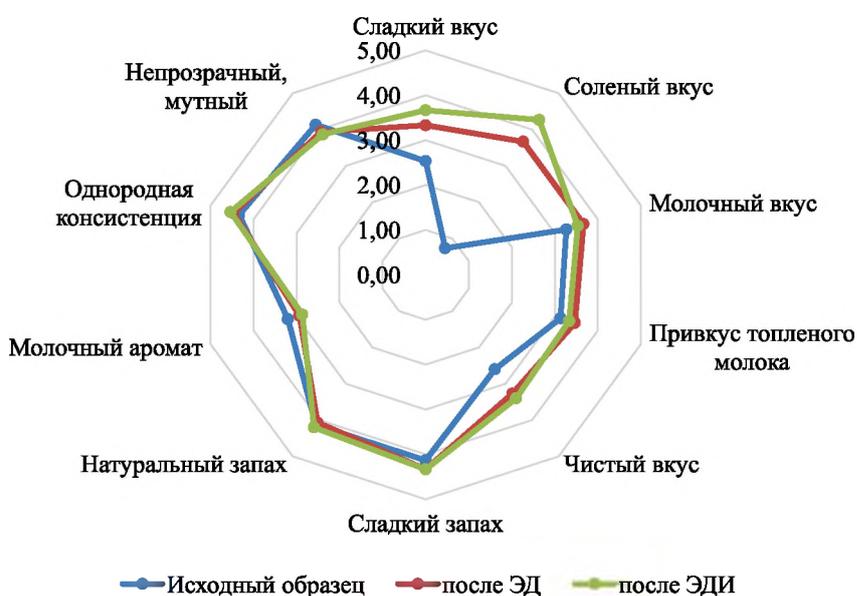


Рис. 1. Органолептические свойства молочной сыворотки до и после деминерализации
 Fig. 1. Organoleptic properties of milk whey before and after demineralization

Образец молочной сыворотки обладал ярко выраженным солёным вкусом за счет наличия солей и высокой зольности сырья. При этом дегустаторы отметили наличие сладкого, чистого молочного вкуса с привкусом топленого молока. Внешний вид образца дегустаторы описали как непрозрачный, мутный, с однородной консистенцией.

Проведенная балльная оценка на основании подобранных дескрипторов показала, что деминерализованные образцы молочной сыворотки обладают более сладким, молочным вкусом за счет снижения зольности и удаления солей, благодаря чему снижается восприятие дескриптора солёного вкуса. При этом повышается восприятие привкуса топленого молока. Кроме того, обработка электромембранными методами не придает деминерализованным образцам так называемый привкус пастеризации, их вкус остается чистым, без посторонних привкусов, не характерных сырью.

В результате обработки на ЭДИ модуле происходит в большей степени снижение солёного вкуса образца с совместным выраженным усилением сладкого вкуса, по сравнению с образцом после ЭД. За счет большего удаления ароматических веществ дегустаторы присвоили меньшие баллы дескрипторам «молочный вкус» и «привкус топленого молока».

В результате переноса ароматических соединений в концентрат в процессе происходит незначительное снижение молочного аромата, которое некоторые дегустаторы отметили в образцах.

Благодаря удалению заряженных частиц происходит снижение содержания сухих веществ, что влияет на консистенцию деминерализованных образцов. Образцы после электродеионизации и электродеионизации имели более плотную, однородную консистенцию по сравнению

с образцами до электромембранной обработки. Также следует отметить, что благодаря мембранной обработке происходит снижение мутности и незначительное повышение прозрачности образцов

Как видно на профилограмме в органолептических профилях деминерализованных образцов после ЭД и ЭДИ при обработке молочной сыворотки произошли положительные изменения, включая улучшение запаха, вкуса и консистенции образцов.

Сравнение влияния двух процессов показывает, что в результате проведения электродеионизации дегустаторы отметили большее снижение восприятия дескриптора «солёный вкус» с одновременным увеличением восприятия «сладкий вкус» по сравнению с электродиализом.

Заключение. Сравнение электродиализа и электродеионизации подтверждает возможность достижения более глубокой деминерализации молочной сыворотки за счет применения последнего. В экспериментах, достигаемая степень деминерализации в результате электродеионизации составила 97 %, что подтверждает возможность получать продукт со степенью деминерализации классического ионного обмена на электромембранных установках.

Технически обоснованным режимом электромембранной деминерализации является обработка в течении 100 минут при рабочем напряжении 30 В на модуле электродеионизации.

Кроме того, деминерализация молочной сыворотки позволила скорректировать ее ярко выраженный солёный вкус и придать образцам более сладкий, молочный вкус с привкусом топленого молока за счет снижения зольности и удаления солей.

Список использованных источников

1. *Ильина, С. И.* Электромембранные процессы: учебное пособие / С.И. Ильина. — М.: РХТУ им. Менделеева, 2013. — 57 с.
2. Мембранные технологии в молочном производстве / И.А. Евдокимов [и др.] // Молочная промышленность. — М., 2013. — №9. — с. 25–26.
3. Переработка сыворотки. Процессы, оборудование, технологии / О.В. Дымар [и др.]; под общ. ред. О.В. Дымара. — Минск: Колорград, 2023. — 361 с.
4. *Дымар, О. В.* Повышение эффективности переработки молочных ресурсов: научно-технологические аспекты / О.В. Дымар. — Минск: Колорград, 2018. — 236 с.
5. Технология молочного сахара и его аналогов с применением мембранных и ионообменных процессов / М.С. Золоторева [и др.] // Молочная промышленность. — М., 2016. — №11. — с. 19–20.
6. *Березин, Б. Д.* Курс современной органической химии: учебн. пос. для вузов / Б.Д. Березин, Д.Б. Березин. — М.: Высш. шк., 1999. — 768 с.
7. *Голубев, И. Г.* Рециклинг отходов в АПК: справочник / И.Г. Голубев, И.А. Шванская, Л.Ю. Коноваленко, М.В. Лопатников — М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. — 296 с.
8. Demineralization of milk products and derivatives: pat. CA 2215549 / M. Chaveron, R. Berrocal. — Publ. date 09.04.1998.
9. *Колодязная, В. С.* Пищевая химия: учеб. пособие / В.С. Колодязная. — СПб: СПбГАХИПТ, 1999. — 140 с.
10. Молочный сахар — лактоза [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://gcagro.by/klientam/poleznye-stati/molochnyj-sahar-laktoza.html>. — Дата доступа: 31.10.2023.
11. Применение лактозы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://agrocomplex.com.pl/ru/primeneniye-laktozy/>. — Дата доступа: 31.10.2023.
12. Биотехнология законченного технологического цикла молочного завода «Эколакт» с получением белково-жирового продукта, лактозы пищевой, лактулозы и бифидогенной кормовой добавки [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.milkbranch.ru/publ/view/121.html>. — Дата доступа: 31.10.2023.
13. Сахар молочный: ТУ РБ 02906526.076-99. — Введ. 10.02.2000. — Минск: Белорус. Гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2000. — 12 с.
14. *Sharma, D.* Biorefineries. Selected Process. Simulated Moving Bed Technology: Overview and Use in Biorefineries / D. Sharma; ed. by K. Biernat. — Миссури, 2021. — 22 с.
15. *Соколовская, Л. Н.* Интенсификация реакции меланоидинообразования при производстве сладких вареных сгущенных молочных конервов / Л.Н. Соколовская, О.Л. Сороко, И.В. Миклух, Е.В. Беспалова. — Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья: сб. научн. трудов / Ин-т мясо-молочной промышленности; редкол.: А.В. Мелешеня (главн.) [и др.]. — Минск, 2019. — №14. — с. 112–122.

16. *Яковлева, М. Р.* Сравнительная оценка процессов электродиализа и электродеионизации / М.Р. Яковлева, О.К. Никулина, О.В. Колоскова, О.В. Дымар // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2023. — Т. 16, №2 (62). — С. 62 — 67.
17. *Дымар, О. В.* Научное обоснование и разработка технологий комплексного использования продуктов переработки молока: дис. докт. техн. наук: 05.18.04 / О.В. Дымар. — Минск, 2016. — 310 с.
18. *Лилишенцева, А. Н.* Дескрипторно-профильный метод определения качества образцов яблочного сока / А.Н. Лилишенцева, А.В. Смоляр // Пищевая промышленность: наука и технологии. — Минск, 2020. — Т. 13, №1. — С. 84–94.

Информация об авторах

Дымар Олег Викторович, доктор технических наук, профессор, технический директор представительства АО «МЕГА» в Республике Беларусь (ул. Мележа, д. 5/2, пом. 1201, 220113, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: dymarov@tut.by

Яковлева Мария Романовна, магистр технических наук, младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории сахарного производства РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: sugar@belproduct.com

Information about authors

Dymar Oleg Viktorovich, Doctor of technical sciences, Professor, Technical director of the representative office of MEGA a.s. in the Republic of Belarus (5/2, Melezha str., room 1201, 220113, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: dymarov@tut.by

Yakovleva Maryia Romanovna, Master of technical science, Junior Researcher RUE “Scientific and Practical Center of Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sugar@belproduct.com