

УДК 621.798.08

Поступила в редакцию 04.12.2024  
Received 04.12.2024**З. В. Ловкис, С. И. Корзан, К. С. Рябова***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ МИГРАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА  
МЕЖДУ САЛОМ СОЛЕНЫМ И УПАКОВОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований динамики миграций минерального состава между салом соленым и упаковочными материалами. Установлено изменение минерального состава сала соленого, хранящегося в различных видах упаковки, в том числе биоразлагаемой, а также минерального состава в упаковочных материалах. Определена динамика миграции минерального состава между салом соленым и упаковочными материалами. Приведенные данные наглядно показывают изменение минерального состава продукта в упаковочных материалах, сопровождающееся увеличением либо уменьшением содержания фосфора, цинка, меди, железа, калия, натрия, магния, кальция, марганца и хрома.

**Ключевые слова:** упаковка, миграция, состав, сало, методика, лабораторный стенд, испытание, спектрометр

**Z. V. Lovkis, S. I. Korzan, K. S. Ryabova***RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,  
Minsk, Republic of Belarus***STUDY OF THE DYNAMICS OF MIGRATION OF MINERAL COMPOSITION  
BETWEEN SALTED LARD AND PACKAGING MATERIALS**

**Abstract.** The article presents the results of studies of the dynamics of migration of mineral composition between salted lard and packaging materials. A change in the mineral composition of salted lard stored in various types of packaging, including biodegradable, as well as the mineral composition in packaging materials has been established. The dynamics of migration of the mineral composition between salted lard and packaging materials was determined. The data presented clearly show a change in the mineral composition of packaging materials, accompanied by an increase or decrease in the content of phosphorus, zinc, copper, iron, potassium, sodium, magnesium, calcium, manganese and chromium.

**Keywords:** packaging, migration, composition, lard, methodology, laboratory bench, testing, spectrometer

**Введение.** Полимерные упаковочные материалы в настоящее время занимают третье место по объему производства, после бумажной и стеклянной упаковки. Основными факторами, определяющими огромные масштабы использования полимеров в качестве упаковочных материалов, выступают низкая стоимость, удобство и эстетичность. От общего объема производимых полимеров 47% используется для упаковки пищевых продуктов [1].

Среди большого разнообразия полимерных упаковок выделяются биоразлагаемые пленки, которые не нуждаются в индивидуальном сборе и специальных условиях утилизации.

Выбор упаковочного материала следует осуществлять после изучения их основных характеристик и свойств, а также сроков и условий хранения пищевой продукции, исключающие возможность начала процесса деградации упаковки до момента окончания жизненного цикла продукта и ее миграции в пищевой продукт [2].

Исследование динамики миграции минерального состава между продуктом и упаковкой является актуальной и важной темой из-за нескольких факторов.

Во-первых, минеральный состав продуктов питания играет важную роль в их питательной ценности и влиянии на здоровье потребителей. Миграция минеральных веществ может привести к изменениям в составе продукта и, следовательно, его пищевой ценности. Это может

быть особенно важно для продуктов, богатых витаминами и минералами, таких как соки, молочные и зерновые продукты.

Во-вторых, миграция химических веществ может оказывать влияние на безопасность продуктов питания. Некоторые вещества, такие как свинец, кадмий и ртуть, могут быть токсичными при высоких концентрациях. Содержание их в упаковочных материалах может сопровождаться их миграцией в продукт, что представляет риск для здоровья потребителей.

В-третьих, проводимые исследования способствуют правильному выбору упаковочного материала сохраняющего гарантированное качество пищевого продукта и исключаящего миграцию его минерального состава.

Исследованием динамики миграции минерального состава между салом соленым и упаковочными материалами ранее не занимались, а это может быть важным для определения потенциальных рисков, связанных с качеством упаковки и безопасностью продукта. Динамика миграции минералов зависит от различных факторов, включая состав упаковочного материала, время контакта и условия хранения.

Для проведения исследования требуется определить минеральный состав сала и анализировать изменения этого состава после контакта с упаковочными материалами. Соленое сало может содержать различные минералы, такие как натрий, калий, магний, железо и другие. Упаковочные материалы, в свою очередь, могут иметь различные свойства, включая их способность взаимодействовать с минеральными компонентами сала.

Для исследования динамики миграции минералов можно использовать различные методы и аналитические приборы, такие как спектрометрия атомно-абсорбционная, масс-спектрометрия, ионно-хроматография и другие. Эти методы позволяют определить содержание минералов в первоначальном сале и в упаковочных материалах, а также отследить изменения состава сала после контакта с упаковкой.

Цель исследований — установить изменение минерального состава сала соленого, хранящегося в различных видах упаковки, в том числе биоразлагаемой, определить динамику миграции минерального состава между салом соленым и упаковочными материалами.

**Объекты и методы исследований.** В качестве объектов исследования использовались сало соленое и упаковочные материалы: упаковочная пленка для заморозки из полиэтилена низкого давления (обр. №2), биаксиально-ориентированная полипропиленовая пленка (обр. №3), целлофановая пленка (обр. №4), пергамент (обр. №6), опытный образец биоразлагаемой пленки на основе полимолочной кислоты (обр. №9) и образец биоразлагаемой компостируемой пленки на основе полимолочной кислоты (обр. 10).

Общий вид образцов упаковочных материалов приведен на рис. 1.

Выбор исследуемых упаковочных материалов обусловлен их жиростойкостью, определенной в предыдущих исследованиях, так как сало содержит сложную органическую матрицу из-за высокого содержания жира порядка 90% [3].

Общий вид исследуемых образцов (соленого сала, упакованного в образцы упаковочных материалов) приведен на рис. 2.

Хранение сала соленого, расфасованного в образцы упаковочных материалов, проводилось на лабораторном стенде с контролируруемыми условиями [4].

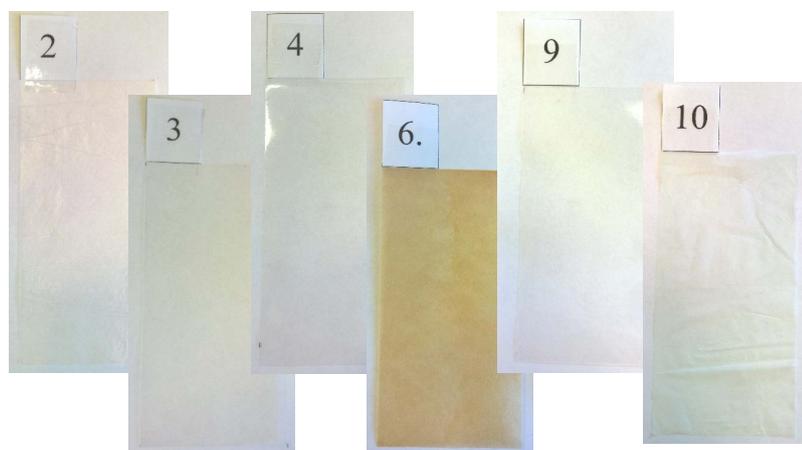


Рис. 1. Общий вид образцов упаковочных материалов

Fig. 1. General view of samples of packaging materials

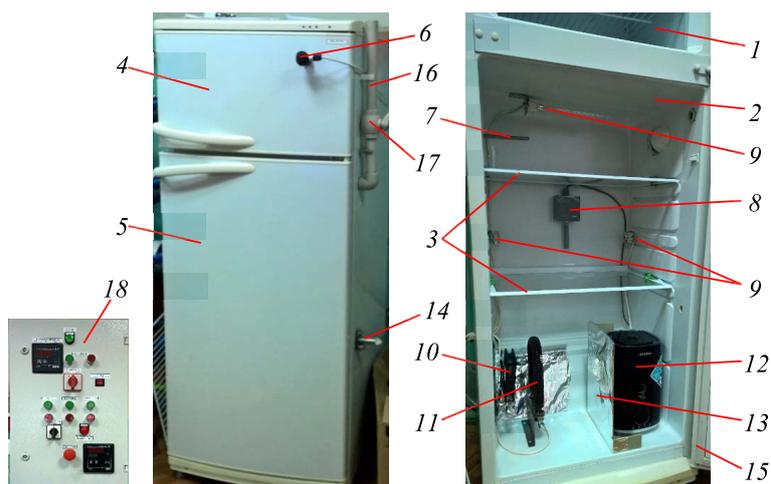


Рис. 2. Общий вид образцов сала, упакованного в исследуемые упаковки  
Fig. 2. General view of lard samples packed in test packages

Лабораторный стенд (рис. 3) представляет собой камеру, состоящую из двух секций: морозильной 1 и холодильной 2. Камера оборудована стандартным набором оборудования: компрессор, конденсатор, дроссель, испарители. Секции оборудованы контрольно-измерительными приборами и оборудованием. В секциях 1 и 2 установлены решетки 3 для укладки образцов. Морозильная и холодильная секции герметично закрываются дверцами 4 и 5.

В состав контрольно-измерительных приборов входят: датчик температуры 6, датчик температуры и влажности 7, система измерения и записи данных, состоящая из преобразователя относительной влажности и температуры ПВТ100-Н4.2.И 8, измерителя двухканального ТРМ200-Щ1, модуля сбора данных МСД-200 (установлены в пульте управления).

Дополнительно холодильная секция 2 оборудована УФ-лампами 9, вентилятором 10, ТЭН воздушным 11, увлажнителем 12, перегородкой 13, патрубком 14 для подачи различных газовых сред в камеру и вентиляционный трубопровод 15 соединяющий секцию 2 с окружающей средой. Вентиляционный трубопровод 15 снабжен задвижкой 16.



1 — морозильная секция; 2 — холодильная секция; 3 — решетка; 4, 5 — дверца; 6 — датчик температуры; 7, 8 — датчик температуры и влажности; 9 — УФ-лампа; 10 — вентилятор; 11 — ТЭН воздушный; 12 — увлажнитель; 13 — перегородка; 14 — патрубок; 15 — трубопровод вентиляционный; 16 — задвижка; 17 — уплотнитель; 18 — пульт управления

Рис. 3. Общий вид лабораторного стенда  
Fig. 3. General view of the laboratory stand

Для герметизации камеры, лабораторный стенд оборудован уплотнителем 17.

Управление работой лабораторного стенда осуществляется с пульта управления 18, согласно выбранному режиму работы.

Продолжительность хранения сала соленого составила 20 сут при температуре  $10 \pm 1^\circ\text{C}$ .

По истечению 20 суток исследуемые образцы сала соленого и упаковочных материалов испытывались в Республиканском контрольно-испытательном комплексе по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» по определению минерального состава: фосфор, цинк, медь, железо, калий, натрий, магний, кальций, марганец, хром.

При определении минерального состава образцов сала и упаковочных материалов использовался метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-AES), заложенный в спектрометре Optima 2100 DV, согласно методу МУК 4.1.1482-03 [5, 6].

Общий вид спектрометра Optima 2100 DV приведен на рис. 4.

Количественный анализ методом ICP-AES заключается в атомизации, при которой аналит переводят в атомарное состояние при распылении жидкого образца в пламени или плазме. Содержание неорганического аналита определяется количественно сравнением испускания монокролического электромагнитного излучения с характерной длиной волны атомами определяемого элемента в пробе и стандартных растворах.



Рис. 4. Общий вид спектрометра Optima 2100 DV  
Fig. 4. General view of the Optima 2100 DV spectrometer

**Результаты исследований и их обсуждение.** Минеральный состав образцов сала соленого, упакованного в исследуемые образцы приведен в таб. 1.

Таблица 1. Минеральный состав сала соленого, упакованного в различные виды упаковки  
Table 1. Mineral composition of salted lard, packaged in various types of packaging

Показатель, мг/кг	Исходный образец	№ образца упаковочного материала					
		обр. 2	обр. 3	обр. 4	обр. 6	обр. 9	обр. 10
Калий	250	222	231	241	225	232	226
Кальций	200	290	350	265	350	210	205
Магний	60	83	73	61	81	60	111
Натрий	12000	12000	12100	11900	12000	12000	11850
Фосфор	275	285	265	265	260	280	273
Железо	4,4	3,6	5,3	4,9	5,4	5,1	5,2
Марганец	0,3	0,27	0,3	0,3	0,8	0,23	0,31
Медь	0,25	0,21	0,27	0,24	0,18	0,26	0,16
Хром	0,2	0,19	0,2	0,19	0,21	0,2	0,21
Цинк	4,0	3,7	4,2	4,2	3,3	4,1	5,0

Приведенные данные в табл. 1 показывают, что во всех исследованных образцах сала соленого содержится относительно небольшое количество кальция, магния, фосфора, калия, марганца, железа, меди, хрома и цинка, но высокое количество натрия, обусловленное на-

личием поваренной соли на его поверхности, данные сопоставимы с другими исследованиями [7–9]. При хранении сала соленого, во всех образцах снижается содержание калия; содержание натрия и хрома практически не изменяется; содержание фосфора, железа, меди и цинка уменьшается и увеличивается в зависимости от используемой упаковки; содержание кальция, магния и марганца увеличивается. Особое внимание необходимо уделить образцу упаковки №6, так как при хранении в данном образце в сала соленом увеличивается содержание марганца. Это можно объяснить тем, что образец упаковки №6 содержит большое значение марганца (37 мг/кг) относительно других образцов упаковки (в среднем 1,6 мг/кг). Исследования в данном направлении продолжаются.

Доза, приводящая к отравлению марганцем, составляет 40 мг в день. Суточная потребность в марганце зависит от возраста и составляет для взрослых от 2,5 до 5 мг, детям до года — 1 мг, от 1 года до 15 лет — 2 мг [10–13]. Марганец активно влияет на обмен белков, углеводов и жиров. Важной также считается его способность усиливать действие инсулина и поддерживать определенный уровень холестерина в крови. В присутствии марганца организм полнее использует жиры, повышается усвояемость меди. Отрицательное влияние марганца в первую очередь сказывается на функционировании центральной нервной системы. Его избыточное накопление проявляется в виде постоянной сонливости, ухудшении памяти, повышенной утомляемости.

Согласно данным [14], максимально допустимое количество ежедневного употребления сала в день составляет не более 10 — 30 г. Следовательно, при употреблении сала соленого, упакованного в обр. №6, в организм человека поступит около 0,03 мг марганца, что не превышает суточной потребности в нем.

Дополнительно были проведены испытания исследуемых упаковочных материалов на минеральный состав до и после хранения в них продукта. Полученные данные приведены на рис. 5.

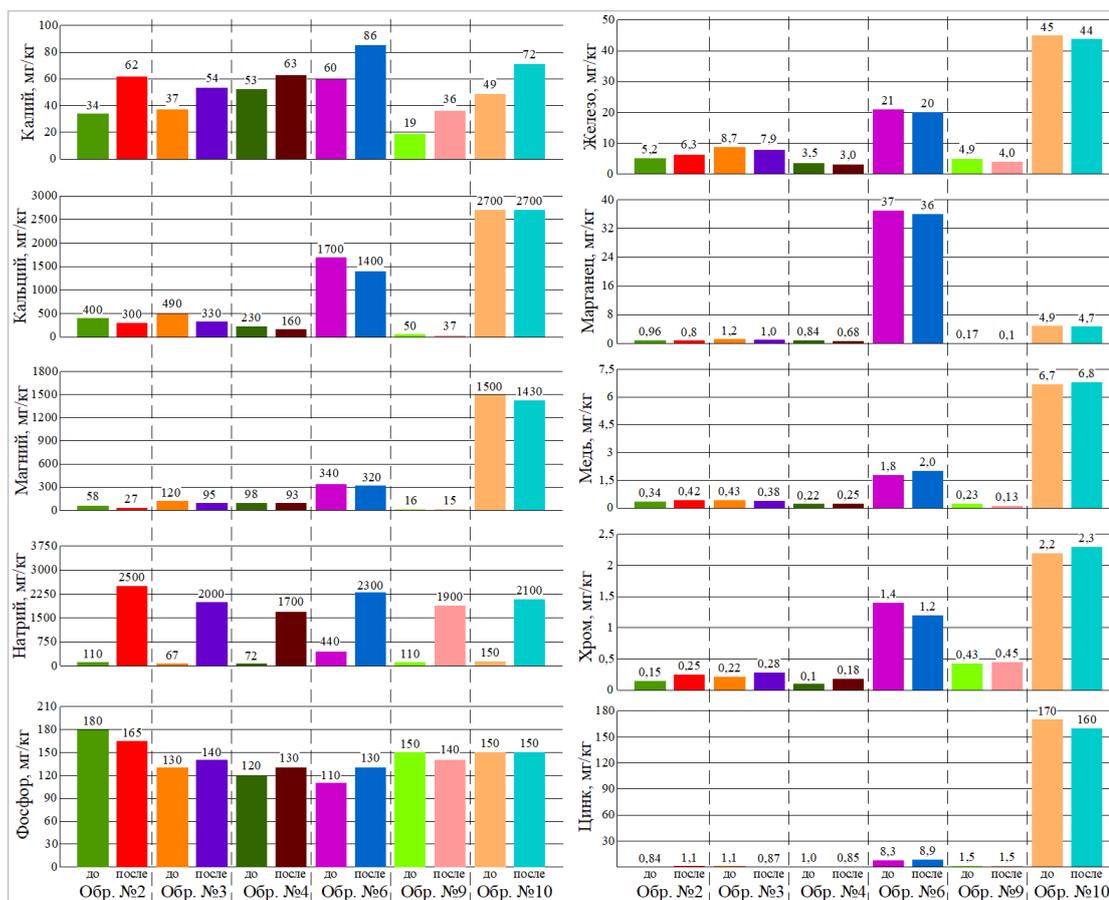


Рис. 5. Минеральный состав упаковочных материалов до и после хранения в них сала соленого

Fig. 5. Mineral composition of packaging materials before and after storing salted lard in them

Приведенные данные на рис. 5, показывают, что все исследуемые образцы сала в упаковочных материалах сохраняют содержание кальция, магния, фосфора, железа и хрома.

Химический состав упаковочных материалов, после хранения в них сала соленого, изменяется в противоположную сторону, т.е., например, содержание калия в сала снижается, следовательно в образцах упаковки его содержание увеличивается. Высокое содержание натрия в образцах упаковки обуславливается за счет образования соленой жировой пленки на их поверхностях в результате контакта с продуктом.

Анализ химического состава упаковочных материалов, до и после хранения в них сала соленого, позволяет установить следующее (после перехода элементов из продукта в упаковку):

- ♦ содержание калия в упаковочных материалах увеличивается в среднем в 1,3...1,8 раза, натрия — 12,2...25,4 раз;
- ♦ содержание кальция в упаковочном материале уменьшается в среднем в 1,4 раза, магния — 1,1 раза (для обр. №2 — 2,1 раза), железа и марганца — 1,2 раза;
- ♦ содержание фосфора, меди и цинка в образцах упаковочных материалов изменяется в среднем в  $\pm 1,2$  раза;
- ♦ содержание меди для ряда образцов упаковочных материалов увеличивается в среднем в 1,4 раза и уменьшается — 1,2 раза;
- ♦ содержание хрома для ряда образцов упаковочных материалов изменяется в среднем в  $\pm 1,4$  раза.

**Заключение.** В результате проведенных исследований было изучено изменение минерального состава сала соленого, хранящегося в различных видах упаковки, в том числе биоразлагаемой. Установлено, что во всех исследованных образцах сала соленого содержится относительно небольшое количество кальция, магния, фосфора, калия, марганца, железа, меди, хрома и цинка, но высокое количество натрия, обусловленное наличием поваренной соли на его поверхности. При определении минерального состава в упаковочных материалах после хранения, установлено, что все исследуемые образцы упаковочных материалов сохраняют продукт, однако элементы калия, железа, марганца, хрома и цинка частично мигрируют.

Определена динамика миграции минерального состава между салом соленым и упаковочными материалами. Приведенные данные наглядно показывают изменение минерального состава продукта в упаковочных материалах, сопровождающееся увеличением либо уменьшением содержания фосфора, цинка, меди, железа, калия, натрия, магния, кальция, марганца и хрома.

### Список использованных источников

1. Любешкина, Е. Г. Полимерные материалы для упаковки пищевых продуктов: требования и принципы выбора / Е. Г. Любешкина // Полимерные материалы. Изделия. Оборудование. Технологии. — 2009. — № 4. — С. 4–10.
2. Федотова, О. Б. О старении и сроке годности упаковки / О. Б. Федотова // Молочная промышленность. — 2019. — № 6. — С. 12–13.
3. Ловкис, З. В. Исследование барьерных свойств упаковочных материалов, определение жиропроницаемости / З. В. Ловкис, С. И. Корзан // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2023. — № 4(62). — С. 69–74.
4. Корзан, С. И. Разработка лабораторного стенда для изучения сохранности пищевых продуктов в биоразлагаемой упаковке / С. И. Корзан, З. В. Ловкис // Аграрная наука — сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии : сборник докладов XXIII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 1 октября 2020 г. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.] ; редкол.: П. П. Казакевич [и др.]. — Минск, 2020. — С. 377–378.
5. Ловкис, З. В. Минеральный состав специализированного энергетического продукта на основе свиного шпика / З. В. Ловкис, И. В. Ксеневич // Наука, питание и здоровье : сб. научн. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию ; редкол.: З. В. Ловкис [и др.]. — Минск: Беларуская навука, 2022. — С. 259–261.
6. Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой : метод. указания. — М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. — С. 56
7. Погодаев, В. А. Химический состав и физико-химические свойства шпика свиней разной кровности по породам см1 и ландрас / В. А. Погодаев, И. Г. Рачков, Л. М. Смирнова // Сельскохозяйственный журнал. — 2016. — № 9. — С. 78–84.

8. Гришкова, А. П. Химический состав и физико-химические свойства мяса и сала свиней чистогорской породы / А. П. Гришкова, Н. А. Чалова, А. А. Аришин // Достижения науки и техники АПК. — 2018. — Т. 32, № 12. — С. 59–61.
9. Козликин, А. В. Анализ физико-химических свойств мяса и шпика чистопородных и помесных свиней / А. В. Козликин // Научный журнал КубГАУ. — 2011. — № 73. — С. 218–227.
10. Влияние марганца на организм человека: вред или польза? [Электронный ресурс] // Компания BWT. — Режим доступа: <https://www.bwt.ru/useful-info/vliyanie-margantsa-na-organizm-cheloveka-vred-ili-polza/>. — Дата доступа: 7.02.2024.
11. Токсические эффекты марганца как фактор риска для здоровья населения / Г. В. Шестова [и др.] // Медицина экстремальных ситуаций. — 2014. — № 4. — С. 59–65.
12. Елисеева, Т. А. Марганец (Mn) — значение для организма и здоровья + 25 лучших источников / Т. А. Елисеева // Журнал здорового питания и диетологии. — 2022. — № 19. — С. 92–101.
13. Тменова, А. О. Биологическая роль марганца и его соединений / А. О. Тменова, Л. М. Кубалова // Современные наукоемкие технологии. — 2014. — № 7. — С. 92.
14. Сколько сала можно съесть в день: 80 % людей едят продукт неправильно [Электронный ресурс] // Белновости. — Режим доступа: <https://www.belnovosti.by/kulinariya/skolko-sala-mozhno-sedat-v-den-80-lyudey-edyat-produkt-nepravilno>. — Дата доступа: 7.02.2024.

#### Информация об авторах

*Ловкис Зенон Валентинович*, заслуженный деятель науки Республики Беларусь, академик Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: [info@belproduct.com](mailto:info@belproduct.com)

*Корзан Сергей Иванович*, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: [seroga.korzanmc@mail.ru](mailto:seroga.korzanmc@mail.ru)

*Рябова Кристина Святославовна*, кандидат технических наук, начальник Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: [rkik-npc@mail.ru](mailto:rkik-npc@mail.ru)

#### Information about authors

*Lovkis Zenon Valentinovich*, Honored Science Worker of the Republic of Belarus, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Engineering sciences, Professor, Chief Researcher of RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: [info@belproduct.com](mailto:info@belproduct.com)

*Korzan Sergey Ivanovich*, PhD (Technical), Senior Researcher of the Department of New Technologies and Technology of RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: [seroga.korzanmc@mail.ru](mailto:seroga.korzanmc@mail.ru)

*Ryabova Kristina Svyatoslavna*, PhD (Technical), the head of the Republican control and testing complex for foodstuffs quality and safety of RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: [rkik-npc@mail.ru](mailto:rkik-npc@mail.ru)