

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

FOOD TECHNOLOGY

УДК 664.63:664.6

Использование активной упаковки для увеличения срока хранения мягких сыров

Архипов Д.С., Фролов Д.И.

Аннотация. В статье изучено влияние поглотителей кислорода, используемых при упаковке мягких сыров, на срок их хранения. Сыры, упакованные в пакеты из PA/PE с поглотителями кислорода и без них, хранились при температуре $5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ в течение 7, 14 и 21 дня. В указанные промежутки времени в сырах определялись: количество дрожжей, плесени и бактерий группы кишечной палочки, а также титруемая кислотность. Также анализировалось содержание кислорода в атмосфере упаковки сыров. Применение поглотителей кислорода привело к подавлению роста дрожжей и плесени, а через две недели также и роста бактерий группы кишечной палочки. Было обнаружено, что присутствие поглотителей кислорода не влияет на увеличение титруемой кислотности хранящихся сыров. Поглотители кислорода доказали свою эффективность в изменении атмосферы упаковки - они снизили концентрацию кислорода в атмосфере упаковки ниже 0,5%.

Ключевые слова: сыр, срок годности, активная упаковка, поглотители кислорода.

Для цитирования: Архипов Д.С., Фролов Д.И. Использование активной упаковки для увеличения срока хранения мягких сыров // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12. № 2. С. 5–10.

Using active packaging to increase the shelf life of soft cheeses

Arkhipov D.S., Frolov D.I.

Abstract. The article studies the effect of oxygen absorbers used in the packaging of soft cheeses on their shelf life. Cheeses packed in PA/PE bags with and without oxygen absorbers were stored at a temperature of $5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ for 7, 14 and 21 days. During the specified time intervals, the following were determined in the cheeses: the number of yeast, mold and coliform bacteria, as well as titratable acidity. The oxygen content in the atmosphere of cheese packaging was also analyzed. The use of oxygen absorbers led to the suppression of yeast and mold growth, and after two weeks, the growth of coliform bacteria as well. It was found that the presence of oxygen absorbers does not affect the increase in titratable acidity of stored cheeses. Oxygen absorbers proved their effectiveness in changing the packaging atmosphere - they reduced the oxygen concentration in the packaging atmosphere below 0.5%.

Keywords: cheese, shelf life, active packaging, oxygen absorbers.

For citation: Arkhipov D.S., Frolov D.I. Using active packaging to increase the shelf life of soft cheeses. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2025. Vol. 12. No. 2. pp. 5–10. (In Russ.).

Введение

Активная упаковка представляет собой современный тип упаковки для пищевых продуктов [1]. В отличие от традиционных упаковок, активные материалы взаимодействуют с воздухом внутри упаковки или с самим продуктом, что способству-

ет продлению его срока хранения при сохранении безопасности, пищевой ценности и требуемых сенсорных характеристик [1, 3]. Среди различных систем активной упаковки наибольшее распространение получили поглотители кислорода, которые могут быть представлены в виде саше, этикеток, пломб или полимерных материалов, встроенных

непосредственно в структуру упаковки [2, 13]. Эти поглотители связывают кислород через процессы окисления, используя такие вещества, как соединения железа, аскорбиновая кислота, светочувствительные красители и ненасыщенные жирные кислоты, а также ферментативное окисление, например, с применением алкогольоксидазы [12]. Поглотители кислорода, основанные на соединениях железа, являются наиболее простыми и экономичными, что объясняет их широкое распространение [4]. Эти поглотители могут использоваться как отдельно, так и в комбинации с упаковкой в модифицированной атмосфере. Проводилось множество исследований, направленных на применение вакуумной упаковки и упаковки в модифицированной атмосфере для продления срока хранения сыров [6, 8, 9, 7, 5, 10]. Целью данного исследования было выявление возможностей применения поглотителей кислорода для продления срока годности свежих мягких сыров.

Объекты и методы исследований

Эксперимент проводился на нарезанных творожных сырах, полученных с одного молочного завода, выбранного случайным образом. Образцы сыра (примерно по 50 г каждый) были зафиксированы в пакетах из ПЭ/ПА общей вместимостью около 350 см³. В часть образцов были вложены пакеты с поглотителями кислорода (АнТа). Мягкие сыры, упакованные без поглотителей кислорода, служили контрольными образцами. Все пакеты были запечатаны на упаковочной машине при давлении ниже атмосферного 500 мбар. Данный способ упаковки был направлен на снижение содержания воздуха в упаковке и на облегчение деятельности поглотителей. Сыры хранились при температуре 5°C±0,5°C в течение 21 дня.

Через 7, 14 и 21 день хранения в сырах определяли: количество бактерий группы кишечной палочки - чашечным методом; количество дрожжей и плесени - чашечным методом; титруемую кислотность (°Т); и содержание воздуха в упаковке (%).

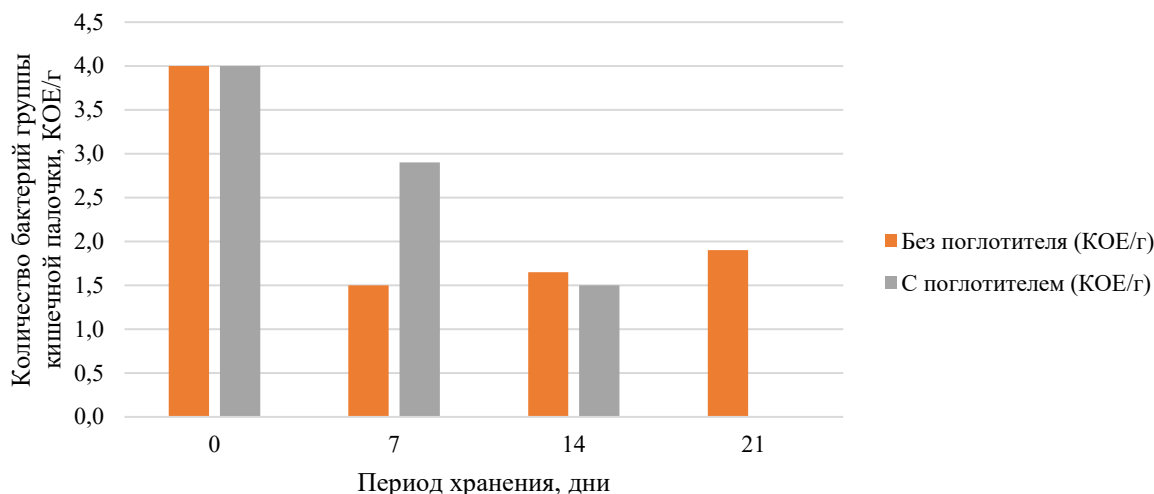


Рис. 1. Влияние способа упаковки и срока хранения сыра на количество бактерий группы кишечной палочки

Аналогичные исследования были проведены на образцах творожного сыра (до упаковки). Эксперимент проводился в 3-кратной повторности.

Результаты и их обсуждение

Бактерии группы кишечной палочки являются индикаторами гигиенического качества сыров. Чаще всего микробиологическая порча сыров во время их хранения вызывается дрожжами и плесенью. Поэтому в данном исследовании отслеживали рост этих групп микроорганизмов в хранящихся сырах, упакованных с поглотителями кислорода.

Исследованные сыры характеризовались низкой контаминацией палочками группы кишечной палочки, что свидетельствует о хороших гигиенических стандартах при производстве этих сыров, а также об их качестве. Количество этих бактерий в свежих контрольных образцах составляло менее 10 КОЕ/г и практически не изменялось до конца срока хранения этих продуктов (21 день). Низкая численность популяции бактерий группы кишечной палочки наблюдалась в образцах сыра, упакованных с поглотителями кислорода, однако после 21 дня хранения палочки группы кишечной палочки в образцах не были идентифицированы (рисунок 1).

Количество плесени в сыре варьировалось от $1,2 \times 10^2$ до $3,0 \times 10^2$ КОЕ/г, что в среднем составило $1,9 \times 10^2$ КОЕ/г. В сырах, упакованных без поглотителей кислорода, после 7, 14 и 21 дня хранения популяция плесени увеличилась до $4,9 \times 10^3$; $2,5 \times 10^4$ и $1,2 \times 10^5$ КОЕ/г в среднем. Менее динамичный рост плесени произошел в образцах сыров, упакованных с поглотителями кислорода, и составило: $7,4 \times 10^2$, $1,7 \times 10^3$ и $1,3 \times 10^4$ КОЕ/г в среднем (рисунок 2).

Аналогичные тенденции изменений были отмечены при определении численности дрожжей. Степень обсемененности образцов сыра этой микрофлорой перед упаковкой варьировалась от $2,8 \times 10^2$ до $6,5 \times 10^2$ КОЕ/г, что дало в среднем $4,5 \times 10^2$ КОЕ/г. После 7 дней хранения сыры, упакованные без поглотителей кислорода, характеризовались быстрым ростом популяции дрожжей до $1,4 \times 10^4$

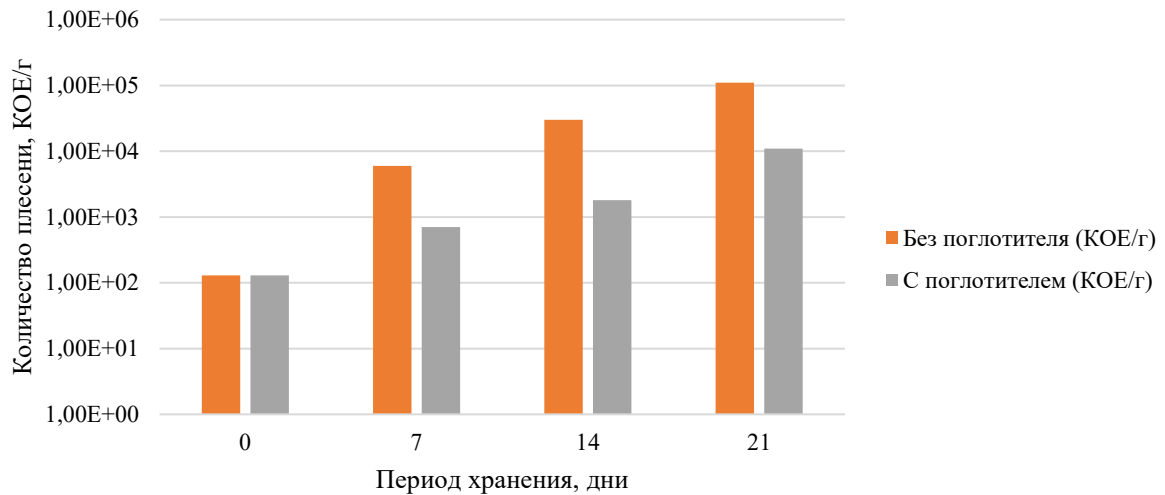


Рис.2. Влияние способа упаковки и срока хранения сыра на количество плесени

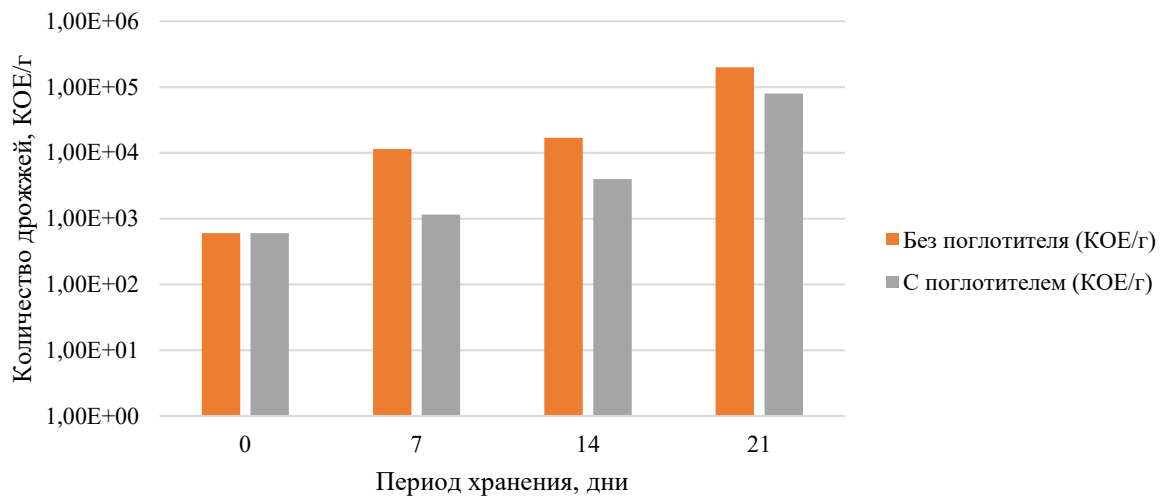


Рис.3. Влияние способа упаковки и срока хранения сыра на количество дрожжей

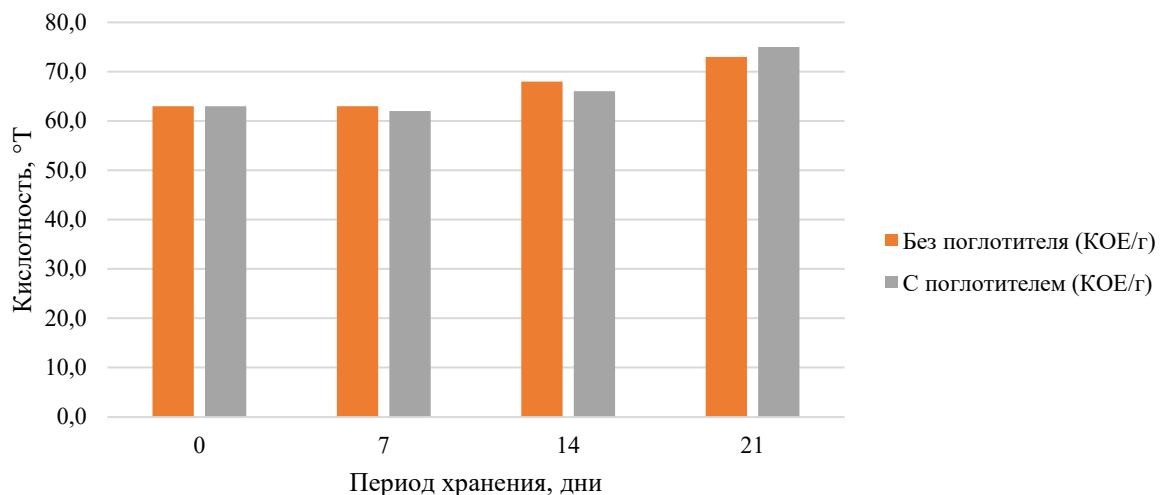


Рис.4. Влияние способа упаковки и срока хранения сыра на его потенциальную кислотность, °T

КОЕ/г. После 14 и 21 дня хранения средняя численность этих бактерий достигла $5,0 \times 10^4$ и $1,6 \times 10^5$ КОЕ/г. В сырах, упакованных с поглотителями кислорода, рост дрожжей оказался менее динамичным. В последующие временные интервалы (7, 14 и 21

день) их средняя численность составила: $1,4 \times 10^3$, $3,5 \times 10^3$ и $6,4 \times 10^4$ КОЕ/г (рисунок 3).

Кислотность сыров варьировалась от 58°T до 72°T , т.е. в среднем 63°T . В случае сыров, упакованных без поглотителей кислорода, значительное

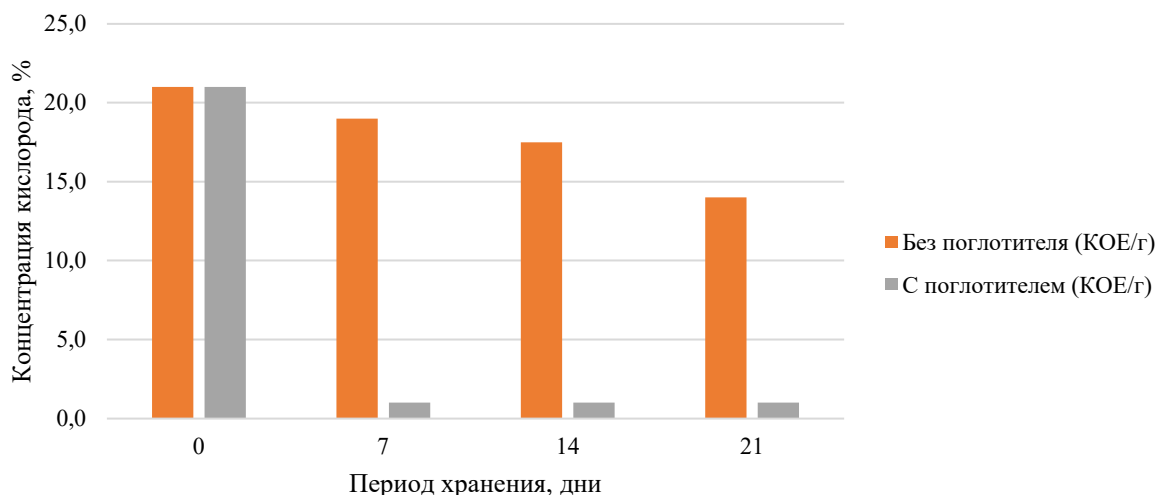


Рис.5. Влияние способа упаковки и срока хранения сыра на концентрацию кислорода в упаковке

увеличение значений кислотности наблюдалось после 14 и 21 дня хранения. Средняя кислотность образцов, измеренная в эти временные интервалы, достигла 68°T и 73°T . Кислотность сыров, упакованных с поглотителями кислорода, увеличилась в аналогичных пропорциях (рисунок 4).

Повышение кислотности обоих типов образцов было одинаковым и типичным для хранящихся сыров. Как и ожидалось, изменение атмосферы с помощью поглотителей кислорода не оказало существенного влияния на рост молочнокислых бактерий в исследованных сырах.

По мере увеличения срока хранения состав атмосферы в упаковках сыра также претерпевал изменения. Первоначально содержание кислорода в упаковках с поглотителями и без них достигало около 21%. В упаковках без поглотителей кислорода через 7 дней содержание этого газа снизилось до 19,4%, а через 14 и 21 день составило в среднем 17,6% и 13,7% (рисунок 5). Уменьшение содержания кислорода в этих упаковках, вероятно, было связано с развитием аэробной микрофлоры, использующей кислород, в основном дрожжей и плесени. В упаковках сыра, содержащих поглотители кислорода, концентрация этого газа в первую неделю подверглась значительному снижению, т. е. до 0,55%, и поддерживалась на аналогичном уровне до 21 дня эксперимента (рисунок 5). Поглотители кислорода, применяемые в этом исследовании, должны снизить содержание кислорода в упаковке до уровня, близкого к нулю, в течение первых 24 часов. Дополнительные анализы, проведенные в ходе данного исследования, показали, что столь низкая концентрация кислорода в упаковках с поглотителями наблюдалась уже через 8 ч. Анализы показали, что после 25-дневного хранения сыров в упаковках с поглотителями их емкость все еще достигала 3-5% от первоначальной емкости.

Результаты микробиологических исследований показали, что применение поглотителей кислорода подавляет рост исследуемой микрофлоры в

сырах, тем самым снижая неблагоприятные изменения их качества. Кроме того, увеличение кислотности, по-видимому, указывает на то, что активная упаковка не подавляет рост заквасочной микрофлоры в этих продуктах.

Применение поглотителей кислорода является одним из методов, используемых для изменения атмосферы внутри упаковки, поэтому полученные результаты можно сравнить с результатами исследований вакуумной упаковки и упаковки в модифицированной атмосфере.

Принимая во внимание вышеизложенные выводы, результаты, полученные в представленном исследовании, не являются удовлетворительными. Кажется, что изменение атмосферы упаковки с помощью поглотителей кислорода должно быть более эффективным. Снижение концентрации кислорода до уровня, близкого к нулю, происходит, вероятно, одновременно с увеличением концентрации CO_2 , вырабатываемого бактериальными клетками, что должно значительно подавлять рост дрожжей и плесени. Возможно, слабое воздействие поглотителей кислорода на подавление роста дрожжей и плесени является результатом относительно большого количества этих микроорганизмов в свежих сырах (до упаковки). Кроме того, некоторые производители поглотителей сообщают, что для их эффективного действия требуется, чтобы общее количество микроорганизмов в продукте не превышало 10^5 КОЕ/г. Согласно этой информации, можно предположить, что поглотители кислорода не будут эффективны в упаковках сыров, в которых общее количество микроорганизмов обычно выше из-за технологии их производства (молочнокислые стрептококки 10^6 - 10^7 КОЕ/г). Однако на данный момент это только предположение, требующее более расширенных исследований.

Выводы

Было обнаружено, что поглотители кислорода,

используемые в исследовании, эффективно изменяют атмосферу внутри упаковок сыра, тем самым снижая концентрацию кислорода в них примерно

до 0,5%. Применение поглотителей кислорода в упаковке сыра подавляло, но не останавливало рост дрожжей и плесень в течение срока хранения.

Литература

- [1] Бокарева В. Б. Обзор современных упаковочных материалов и решений // *Мясные технологии*. – 2019. – №. 1. – С. 26-31.
- [2] Бурак Л. Ч., Сапач А. Н. Инновационная упаковка для пищевых продуктов // *Научное обозрение. Технические науки*. – 2023. – №. 2. – С. 50-57.
- [3] Гольдаде В. А. Современные тенденции развития полимерной пленочной упаковки // *Полимерные материалы и технологии*. – 2015. – Т. 1. – №. 1. – С. 63-70.
- [4] Ермакова А. А., Андреева И. А., Смирнова А. В. «Активная упаковка» как инновация упаковочной отрасли // *Качество продукции, технологий и образования*. – 2019. – С. 206-210.
- [5] Майоров А. А., Николаева Е. А. Способы ухода за сыром // *Сыроделие и маслоделие*. – 2013. – №. 6. – С. 34-38.
- [6] Мещанов С. Л. Мембранные генераторы азота для упаковки в модифицированной газовой атмосфере // *Пищевая промышленность*. – 2008. – №. 6. – С. 24-25.
- [7] Мордвинова В. А., Свириденко Г. М., Орлова Е. А. Влияние упаковочного материала на качество фасованных сыров // *Переработка молока*. – 2016. – №. 6. – С. 8-9.
- [8] Роздов И. А., Орлова Е. А., Большакова Е. А. Модифицированная атмосфера в обеспечении качества фасованных сыров // *Сыроделие и маслоделие*. – 2012. – №. 5. – С. 45-46.
- [9] Роздов И. А., Орлова Е. А., Большакова Е. А. Сравнительная оценка способов упаковки фасованных сыров // *Сыроделие и маслоделие*. – 2012. – №. 3. – С. 17-18.
- [10] Симаков Д. Г., Фролов Д. И. Влияние условий упаковки в модифицированной атмосфере на качество тертого сыра // *Инновационная техника и технология*. – 2025. – Т. 12. – №. 1. – С. 44-50.
- [11] Скиба Т. В. Современные тенденции развития мировой упаковочной индустрии // *Проблемы науки*. – 2020. – №. 6 (54). – С. 100-102.
- [12] Ухарцева И. Ю., Гольдаде В. А. Современные упаковочные материалы в пищевой промышленности (обзор) // *Пластические массы*. – 2006. – №. 6. – С. 42-50.
- [13] Чудайкина А. В. и др. Инновационные системы упаковок в пищевой промышленности // *Качество в обработке материалов*. – 2020. – №. 1 (12). – С. 64-69.

References

- [1] Bokareva V. B. Review of modern packaging materials and solutions // *Meat technologies*. - 2019. - No. 1. - P. 26-31.
- [2] Burak L. Ch., Sapach A. N. Innovative packaging for food products // *Scientific review. Technical sciences*. - 2023. - No. 2. - P. 50-57.
- [3] Goldade V. A. Modern trends in the development of polymer film packaging // *Polymer materials and technologies*. - 2015. - V. 1. - No. 1. - P. 63-70.
- [4] Ermakova A. A., Andreeva I. A., Smirnova A. V. «Active packaging» as an innovation in the packaging industry // *Quality of products, technologies and education*. - 2019. - P. 206-210.
- [5] Mayorov A. A., Nikolaeva E. A. Methods of cheese care // *Cheese making and butter making*. - 2013. - No. 6. - P. 34-38.
- [6] Meshchanov S. L. Membrane nitrogen generators for packaging in a modified gas atmosphere // *Food industry*. - 2008. - No. 6. - P. 24-25.
- [7] Mordvinova V. A., Sviridenko G. M., Orlova E. A. Influence of packaging material on the quality of packaged cheeses // *Milk processing*. - 2016. - No. 6. - P. 8-9.
- [8] Rozdov I. A., Orlova E. A., Bolshakova E. A. Modified atmosphere in ensuring the quality of packaged cheeses // *Cheese making and butter making*. - 2012. - No. 5. – P. 45-46.
- [9] Rozdov I. A., Orlova E. A., Bolshakova E. A. Comparative assessment of packaging methods for packaged cheeses // *Cheese and butter making*. – 2012. – No. 3. – P. 17-18.
- [10] Simakov D. G., Frolov D. I. Influence of modified atmosphere packaging conditions on the quality of grated cheese // *Innovative equipment and technology*. – 2025. – Vol. 12. – No. 1. – P. 44-50.
- [11] Skiba T. V. Modern trends in the development of the global packaging industry // *Problems of Science*. – 2020. – No. 6 (54). – P. 100-102.
- [12] Ukhartseva I. Yu., Goldade V. A. Modern packaging materials in the food industry (review) // *Plastics*. – 2006. – No. 6. – P. 42-50.
- [13] Chudaykina A. V. et al. Innovative packaging systems in the food industry // *Quality in materials processing*. – 2020. – No. 1 (12). – P. 64-69.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Архипов Даниил Сергеевич магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Arkhipov Daniil Sergeevich undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>
<p>Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>	<p>Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>