

Исследование динамики окислительной порчи сливочного масла, упакованного в модифицированную пленку с антиоксидантной добавкой

Дмитрий Михайлович Мясенко, канд. техн. наук, заведующий лабораторией технологий упаковки

E-mail: d_myalenko@vnimi.org

Ольга Борисовна Федотова, д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник, ученый секретарь

E-mail: o_fedotova@vnimi.org

Сергей Сергеевич Сиротин, аспирант

E-mail: Sergey.Sirotin@leaneco.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, г. Москва

Разработаны пленки, содержащие в своем составе минеральный наполнитель – карбонат кальция (CaCO_3) и антиоксидантную добавку – дигидрохверцетин. Эти материалы предназначены для упаковывания пищевых продуктов, в частности сливочного масла. В работе исследована динамика окислительной порчи сливочного масла, упакованного в разработанные модельные пленки с различным содержанием добавок. Показано увеличение значений перекисного числа при использовании карбоната кальция в 4,2–4,9 раза по сравнению с контролем к концу срока хранения в зависимости от степени наполнения полимерной основы. Увеличение значения кислотного числа к концу срока хранения масла, упакованного в пленку из полиэтилена низкого давления, составляло 37,9–38,5 % по сравнению с фоновым значением в зависимости от процента введения CaCO_3 и дигидрохверцетина. Полученные данные свидетельствуют о том, что внесение дигидрохверцетина в концентрации до 1,0 % сдерживает увеличение перекисного числа жира, выделенного из продукта, на 11,1 % к концу срока хранения в сравнении с пленкой из полиэтилена низкого давления с внесенным CaCO_3 без антиоксидантной добавки. По физико-химическим показателям масло с массовой долей жира 82,5 % соответствовало требованиям ГОСТ 32261-2013. Анализ микробиологических показателей всех упакованных образцов продукта показал их полное соответствие требованиям ТР ТС 033/2013 «О безопасности молочной продукции».

Ключевые слова: полимерная пленка, упаковочный материал, масло сливочное, минеральный наполнитель, карбонат кальция, дигидрохверцетин, окислительная порча

Для цитирования: Мясенко, Д. М. Исследование динамики окислительной порчи сливочного масла, упакованного в модифицированную пленку с антиоксидантной добавкой / Д. М. Мясенко, О. Б. Федотова, С. С. Сиротин // Сыроделие и маслоделие. 2026. № 1. С. 16–20. <https://doi.org/10.21603/2073-4018-2026-1-44>

Введение

Обеспечение продовольственной безопасности предполагает не только разработку новых продуктов, в т. ч. функционального назначения, но и сохранение их качества и безопасности при хранении. Одним из эффективных решений являются новые модифицированные упаковочные материалы, обладающие дополнительным комплексом свойств, позволяющих стабилизировать упакованный продукт при его хранении¹ [1, 2]. Технологии создания новых материалов с заданными свойствами и эксплуатационными характеристиками входят в состав сквозных технологий согласно Указу Президента РФ от 18.06.2024 № 529 «Об утверждении приоритетных направлений научно-технологического разви-

тия и перечня важнейших наукоемких технологий». На сегодняшний день данное направление развивается в сторону разработки модифицированных упаковочных материалов, которые в процессе своего жизненного цикла в контакте с упакованным продуктом направленно влияют на протекающие в нем процессы² [3–5]. В частности, авторами настоящего исследования ранее осуществлена разработка упаковочных материалов с антимикробной добавкой, которые ингибировали развитие нежелательной микрофлоры на поверхности упакованных продуктов твердообразной консистенции [5, 6]. При этом было показано усиление антимикробного эффекта при более плотном прилегании упаковки к продукту [3–5]. Принцип воздействия упаковочных систем

¹Корж, А. П. Тенденции развития рынка активной и «умной» упаковки / А. П. Корж, Ю. Г. Базарнова // Мясные технологии. 2016. № 6(162). С. 14–17. <https://elibrary.ru/wcclbv>

²Федотова, О. Б. О новых разработках в области «активной» упаковки / О. Б. Федотова, Д. М. Мясенко // Мясные технологии. 2017. № 3(171). С. 43–45. <https://elibrary.ru/yftox>



на пищевую продукцию заключается в миграции низкомолекулярных наполнителей на поверхность упаковочного материала в зону его контакта с продуктом [7]. Согласно этому принципу, гипотетически, должна осуществляться миграция антиоксидантной добавки в межповерхностную зону и далее на продукт, стабилизируя поверхность этого продукта.

Функциональные компоненты и модификаторы, одновременно с улучшением качества базовых полимерных материалов, могут быть одним из критериев, влияющих на сохранность пищевой продукции³ [8, 9], что особенно актуально при производстве детского питания и продуктов функциональной направленности [10–12].

В соответствии с данной гипотезой, **целью работы** являлось изучение динамики окислительной порчи сливочного масла, упакованного в разработанную пленку с антиоксидантной добавкой.

Объекты и методы исследования

В качестве базового полимера был выбран полиэтилен низкого давления марки 276-73 («СИБУР», Россия), выработанный в соответствии с ГОСТ 16338-85. Технические характеристики полиэ-

тилена приведены в таблице 1. Выбор данного полимера обусловлен его более высокой жиростойкостью по сравнению с полиэтиленом высокого давления. Из него была изготовлена упаковочная пленка (далее – пленка ПЭНД).

В качестве антиоксидантного вещества использован дигидрохверцетин («Аметист» г. Благовещенск, Россия). Наполнителем, выполняющим одновременно функцию красителя и усилителя прочности материала, выбран CaCO_3 . В технологической

Таблица 1. Основные характеристики полиэтилена низкого давления марки 276-73

№ п/п	Наименование показателя	Норма	Метод анализа	
			ГОСТ	ASTM* / ISO
1	Плотность при 20 °С, г/см ³	0,958–0,963	ГОСТ 15139-69	ASTM D 1505 ISO 1183
2	Показатель текучести расплава, г/10 мин, при 190°С/5,0 кгс	2,6–3,2	ГОСТ 11645-2021	ASTM D 1238 ISO 1133
3	Разброс показателя текучести расплава в пределах партии, %, не более	± 10	ГОСТ 16338-85 п. 5.10	ASTM D 1238 ISO 1133
4	Предел текучести при растяжении, МПа (кгс/см ²), не менее	25,5 (260)	ГОСТ 11262-80	ASTM D 638 ISO 527
5	Прочность при разрыве, МПа (кгс/см ²), не менее	27,4 (280)	ГОСТ 11262-80	ASTM D 638 ISO 527
6	Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	700	ГОСТ 11262-80	ASTM D 638 ISO 527
7	Количество включений, шт., не более	5	ГОСТ 16338-85 п. 5.11	–
8	Массовая доля летучих веществ, %, не более	0,09	ГОСТ 26359-84	ISO 4437
9	Стойкость к растрескиванию, (50 °С, 20 % ОП-7), ч, не менее	30	ГОСТ 13518-68	–

Примечание: *ASTM – American Society for Testing and Materials.

³Юрова, Е. А. Оценка качества и хранимостности молочных продуктов функциональной направленности / Е. А. Юрова, С. А. Фильчакова // Переработка молока. 2019. № 10(240). С. 6–11. <https://doi.org/10.33465/2222-5455-2019-10-6-10>; <https://elibrary.ru/ztvsvsz>

части исследования применяли суперконцентрат, содержащий наполнитель и добавку, его технические характеристики приведены в таблице 2.

Модельные образцы пленки получали на лабораторном экструдере модели SJ-28 (LAB, Китай). Температурные диапазоны по зонам экструдера и экструзионной головки составляли: 213 °С → 221 °С → 225 °С → 228 °С → 231 °С.

Для проведения исследований получены следующие композиции:

- Пленка ПЭНД с добавлением 20,0 % CaCO₃ и 0,5 % дигидрохверцетина;
- Пленка ПЭНД марки 276-73 с добавлением 40,0 % CaCO₃ и 0,5 % дигидрохверцетина;
- Пленка ПЭНД марки 276-73 с добавлением 20,0 % CaCO₃ и 1,0 % дигидрохверцетина;
- Пленка ПЭНД марки 276-73 с добавлением 40,0 % CaCO₃ и 1,0 % дигидрохверцетина;
- Пленка ПЭНД марки 276-73 с добавлением 20,0 % CaCO₃;
- Пленка ПЭНД марки 276-73 с добавлением 40,0 % CaCO₃.

Оценку изменения упакованного масла при хранении проводили в лабораторных условиях. В полученные модельные образцы пленки в стерильных условиях были упакованы образцы сливочного масла по ГОСТ 32261-2013 с массовой долей жира 82,5 %, которые хранились в условиях бытового холодильника при температуре 4 ± 2 °С в течение 216 суток.

Динамику изменения свойств масла при хранении определяли по следующим группам показателей: органолептические (внешний вид, вкус, запах, цвет и др.), физико-химические (титруемая кислотность и термоустойчивость), показатели

Таблица 2. Технические характеристики используемого суперконцентрата

Характеристика	Значение
Внешний вид	Бело- и / или золотисто-бежевая гранула
Размер гранул, мм	3–4
Удельная плотность, г/см ³	1,9
Предел текучести при растяжении (190 °С)	3 г/10 мин
Доля CaCO ₃ , %	70,0–80,0
Доля полимера носителя (полиэтилена низкого давления), %	20,0
Средняя дисперсность CaCO ₃ , мкм	2,0
Содержание дигидрохверцетина, %	0–10
Содержание влаги, %	менее 0,15

окислительной порчи (изменение перекисного и кислотного числа) по ГОСТ Р 51453-99 и ГОСТ Р 55361-2012. Микробиологические показатели масла определяли в соответствии с ГОСТ 32901-2014, ГОСТ 30347-2016, ГОСТ 31659-2012 и ГОСТ 33566-2015.

Измерения проводились в трех-пятикратной повторности. За результат испытаний принимали среднее арифметическое значение, округленное до двух значащих цифр.

Результаты и их обсуждение

Проведенные органолептические исследования масла сливочного показали отсутствие изменения вкуса и запаха продукта после его контакта со всеми исследованными модельными образцами пленки. После 90 суток хранения на поверхности образцов масла в упаковке без модификатора обнаружены изменения внешнего вида и цвета. На поверхности заметны незначительные очаги слегка темного «штаффа». У образцов масла, упакованных в образцы модифицированных пленок, визуальные изменения, связанные с окислением поверхности, обнаружены после 130 суток хранения для упаковки с содержанием дигидрохверцетина 0,5 % и после 180 суток хранения для упаковки с содержанием дигидрохверцетина 1,0 %.

Динамика изменения показателей окисления упакованного масла сливочного представлена на рисунках 1 и 2.



Источник изображения: freerik.com

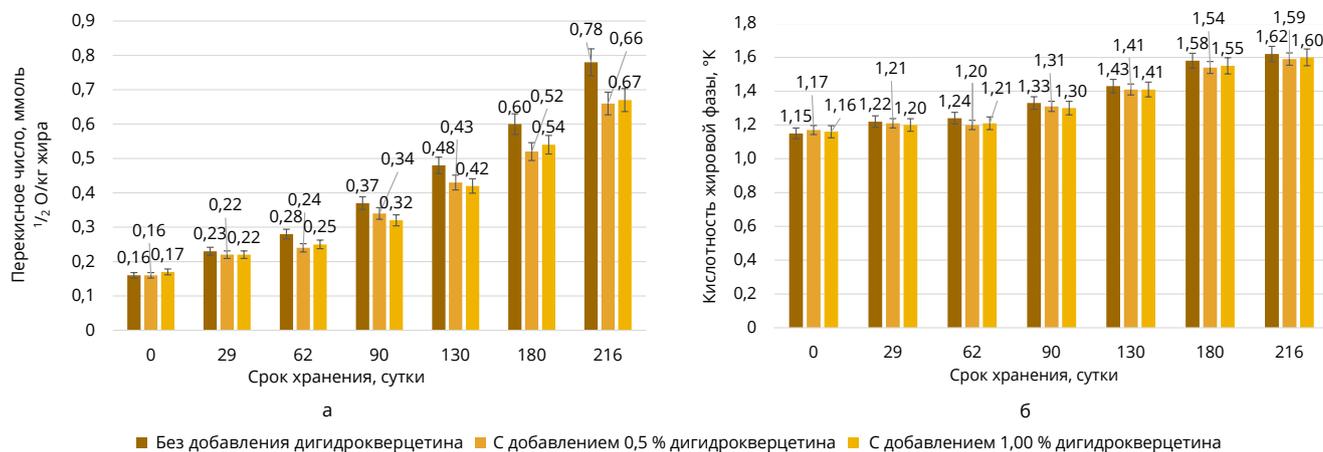


Рисунок 1. Динамика изменения перекисного числа (а) и кислотности жировой фазы (б) образцов масла в разработанной антимикробной упаковке, содержащей 20,0 % CaCO₃

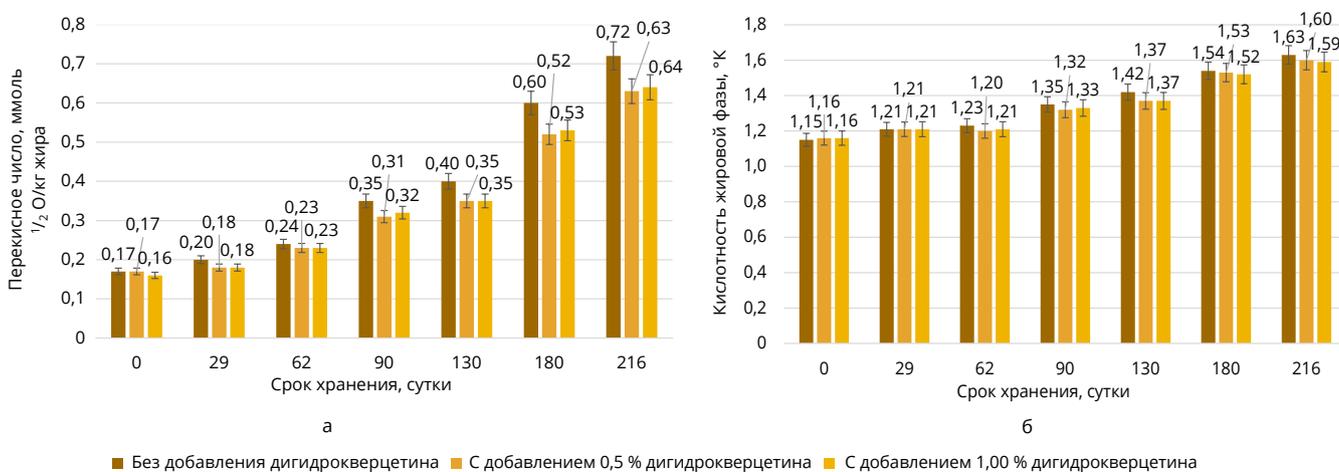


Рисунок 2. Динамика изменения перекисного числа (а) и кислотности жировой фазы (б) образцов масла в разработанной антимикробной упаковке, содержащей 40,0 % CaCO₃

Анализ полученных результатов показал, что на протяжении всего срока хранения у всех образцов масла сливочного, вне зависимости от состава модифицированной упаковки, не наблюдалось изменения физико-химических показателей. Термостойкость не изменяется, а значения титруемой кислотности плазмы изменяются в пределах погрешности.

В рамках исследований изменения показателей окислительной порчи проведен анализ изменения перекисного числа выделенного жира в масле, упакованном в модельные образцы пленок, модифицированных CaCO₃. Обнаружено увеличение значений в 4,2–4,9 раза по сравнению с контролем к концу срока хранения в зависимости от глубины наполнения CaCO₃. При введении дигидрокверцетина наблюдается увеличение показателя в 3,95 раза. Увеличение значения кислотного числа к концу срока хранения масла, упакованного в ПЭНД пленку, составляет 37,9–38,5 % по сравнению с фоно-

вым значением в независимости от процента введения CaCO₃ и дигидрокверцетина. Полученные сравнительные данные свидетельствуют о том, что внесение дигидрокверцетина в концентрации до 1,0 % сдерживает увеличение перекисного числа, выделенного из продукта жира, на 11,1 % к концу срока хранения в сравнении с ПЭНД пленкой с внесенным CaCO₃ без антиоксидантной добавки.

Анализ микробиологических показателей всех упакованных образцов масла сливочного с массовой долей жира 82,5 % показал полное их соответствие требованиям ТР ТС 033/2013 «О безопасности молочной продукции» на конец срока хранения: общее количество микроорганизмов находилось в пределах 2,0–6,3 × 10³; бактерии группы кишечной палочки не обнаружены в 0,01–1,0 г; *S. aureus* не обнаружены в 0,1–1,0 г; содержание дрожжей и плесневых грибов находилось в пределах 1,0–3,0 × 10¹.

Выводы

Применение пленки, модифицированной CaCO_3 и дигидрокверцетином, для упаковки сливочного масла тормозит процессы поверхностной окислительной порчи и стабилизирует продукт при его хранении. Установлено, что образцы масла, упакованные в модифицированные антиоксидантные пленки, не имеют визуально фиксируемых признаков поверхностного окисления при хранении в течение 130 суток в упаковке с содержанием 0,5 % дигидрокверцетина и 180 суток – при содержании 1,0 % дигидрокверцетина.

Использование модифицирующих компонентов в концентрации до 40,0 % (CaCO_3) и до 1,0 % (дигидрокверцетин) позволит получить качественные полимерные пленки, не оказывающие негативного влияния на физико-химические характеристики сливочного масла при хранении. Отмечено, что термоустойчивость и титруемая кислотность плазмы не изменяются при внесении дигидрокверцетина до 1,0 %. Разработанные упаковочные материалы перспективны для жиросодержащих продуктов, в частности сливочного масла. ■

Поступила в редакцию: 16.12.2025

Принята в печать: 12.02.2026

Effect of Antioxidant Film on Butter Oxidation

Dmitry M. Myalenko, Olga B. Fedotova, Sergey S. Sirotin

All-Russian Dairy Research Institute, Moscow

The article introduces novel food-packaging films with calcium carbonate (CaCO_3) as a mineral filler and dihydroquercetin as an antioxidant additive. The research featured the oxidative spoilage rate of butter packaged in the modified films with different concentrations of calcium carbonate and dihydroquercetin. By the end of the shelf life, the peroxide number increased 4.2–4.9 times in the sample stored in the film with calcium carbonate, depending on the polymer share. The acid number in the butter samples packaged in the low-pressure polyethylene film was 37.9–38.5% of the original background value, regardless of the share of CaCO_3 and dihydroquercetin. Dihydroquercetin added at concentrations below 1.0% reduced the peroxide rate of fat by 11.1%, which makes it more effective than the film sample with CaCO_3 but without antioxidant. In terms of physical and chemical properties, the butter with 82.5% fat met the requirements of State Standard GOST 32261-2013. The microbiological profiles complied with the national standards for dairy safety (TR CU 033/2013).

Keywords: polymer film, packaging material, butter, mineral filler, calcium carbonate, dihydroquercetin, oxidative damage

Список литературы

1. Anpilova, A. Y. Methods for cellulose modification in the development of polymeric composite materials (Review) / A. Y. Anpilova [et al.] // Russian Journal of Physical Chemistry B. 2020. Vol. 14(1). P. 176–182. <https://doi.org/10.1134/S1990793120010029>
2. Fasihnia, S. H. Development of novel active polypropylene based packaging films containing different concentrations of sorbic acid / S. H. Fasihnia [et al.] // Food Packaging and Shelf Life. 2018. Vol. 18. P. 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.10.001>
3. Федотова, О. Б. «Активная упаковка» из полимерных материалов / О. Б. Федотова, Д. М. Мяленко, А. В. Шалаева // Пищевая промышленность. 2010. № 1. С. 22–23. <https://elibrary.ru/kyguqx>
4. Cooksey, K. Utilization of antimicrobial packaging films for inhibition of selected microorganism / K. Cooksey // Food packaging: Testing methods and applications. Ed. by S. J. Risch. – Washington, DC: American Chemical Society, 2000. – P. 17–25. <https://doi.org/10.1021/bk-2000-0753.ch003>
5. Федотова, О. Б. Роль современной упаковки в обеспечении устойчивости в хранении молочной продукции / О. Б. Федотова // Инновационные технологии обработки и хранения сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов: Сборник научных трудов ученых и специалистов к 90-летию ВНИХИ. – М.: Общество с ограниченной ответственностью «Амирит», 2020. – С. 381–387. <https://elibrary.ru/bhwfbk>
6. Розаленок, Т. А. Исследование и разработка антимикробной композиции для пищевых упаковок / Т. А. Розаленок, Ю. Ю. Сидорин // Техника и технология пищевых производств. 2014. № 2(33). С. 130–134. <https://elibrary.ru/sepqsx>
7. Мяленко, Д. М. Применение методов высокоэффективной жидкостной хроматографии для исследования возможности определения содержания добавок природного происхождения (дигидрокверцетина) в вытяжках из модифицированных полимерных материалов / Д. М. Мяленко, Н. А. Жижин // Пищевые инновации и биотехнологии: материалы V Международной научной конференции. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2017. – С. 102–104. <https://elibrary.ru/yqbuax>
8. Зобкова, З. С. Влияние йогурта обогащенного белком, бетулином и биофлавоноидами на рост и биохимические показатели крови экспериментальных животных / З. С. Зобкова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2018. № 4. С. 118–125. <https://elibrary.ru/yvsojv>
9. Юрова, Е. А. Особенность разработки экспресс-методов определения сроков годности функциональных продуктов на молочной основе длительного хранения / Е. А. Юрова, Т. В. Кобзева, С. А. Фильчакова // Пищевая промышленность. 2021. № 3. С. 36–39. <https://doi.org/10.24412/0235-2486-2021-3-0026>; <https://elibrary.ru/gkjjml>
10. Зобкова, З. С. Пороки молока и молочных продуктов: причины возникновения и меры предупреждения / З. С. Зобкова. – М.: б. и., 2006. – 99 с. <https://elibrary.ru/qngtol>
11. Зобкова, З. С. Выбор белковых ингредиентов, обогащающих и модифицирующих структуру кисломолочных напитков / З. С. Зобкова, Т. П. Фурсова, Д. В. Зенина // Актуальные вопросы индустрии напитков. 2018. № 2. С. 64–69. <https://doi.org/10.21323/978-5-6041190-3-7-2018-2-64-69>; <https://elibrary.ru/qoyiut>
12. Хуршудян, С. А. Качество и безопасность пищевых продуктов. Трансформация понятий / С. А. Хуршудян, Н. С. Пряничникова, А. Е. Рябова // Пищевая промышленность. 2022. № 3. С. 8–10. <https://doi.org/10.52653/PPI.2022.3.3.001>; <https://elibrary.ru/htckfl>