УДК 664.8:621.798

Сенсорные свойства активного упаковочного материала для пищевых продуктов

Горбачев И.В., Фролов Д.И.

Аннотация. В статье изучены сенсорные характеристики активной упаковки с экстрактом прополиса, а также её влияние на пищевые продукты. При исследовании применяли органолептический анализ летучих веществ и метод парных сравнений (треугольный тест). Объектами исследования служили активная бумага с 0,2% и 0,4% прополиса, полиэтиленовая плёнка с поверхностным нанесением, контрольные образцы бумаги и полиэтилентерефталата, а пищевыми продуктами – сырокопчёное и варёное мясо, полутвёрдый и твёрдый сыр. Установлено, что способ добавления прополиса влияет на ароматический профиль, поскольку образцы с поверхностным нанесением схожи между собой и отличны от образцов с включением, а активная упаковка воздействует на вкус и запах в зависимости от типа продукта и способа добавления. Нанесение покрытия изменило свойства варёного мяса и твёрдого сыра, но не повлияло на сырокопчёное мясо и полутвёрдый сыр. Это доказывает, что интенсивность взаимодействия с упаковкой напрямую зависит от состава и структуры самого продукта. Научная новизна работы состоит в том, что обоняние человека оказалось чувствительнее лабораторных приборов. Данный факт подтверждает необходимость обязательного органолептического анализа при создании ароматизированной упаковки.

Ключевые слова: активная упаковка, прополис, органолептический анализ, сенсорные свойства, срок годности, пищевые продукты.

Для цитирования: Горбачев И.В., Фролов Д.И. Сенсорные свойства активного упаковочного материала для пищевых продуктов // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 4. С. 25–30.

Sensory properties of active food packaging material

Gorbachev I.V., Frolov D.I.

Abstract. This article examines the sensory characteristics of active packaging containing propolis extract, as well as its impact on food products. The study employed organoleptic analysis of volatile compounds and a paired comparison method (specifically, a triangle test). The materials investigated included active paper containing 0.2% and 0.4% propolis, polyethylene film with a surface coating of propolis, and control samples of paper and polyethylene terephthalate (PET). The food products tested included dry-cured and cooked meat, as well as semi-hard and hard cheeses. It was determined that the method of incorporating propolis influences the aromatic profile: samples with a surface coating were similar to one another but distinct from samples in which the propolis was incorporated into the material matrix. Furthermore, the active packaging affected the taste and odor of the food, with the extent of this influence depending on both the type of product and the method of propolis application. The surface coating altered the properties of cooked meat and hard cheese, but had no observable effect on dry-cured meat or semi-hard cheese. This demonstrates that the intensity of the interaction between the packaging and the food is directly dependent on the composition and structure of the product itself. A key scientific contribution of this work is the finding that the human sense of smell is more sensitive than laboratory instrumentation. This underscores the necessity of incorporating organoleptic analysis when developing aromatized packaging.

Keywords: active packaging, propolis, sensory analysis, sensory properties, shelf life, food products.

For citation: Gorbachev I.V., Frolov D.I. Sensory properties of active food packaging material. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 4. pp. 25–30. (In Russ.).

Введение

Выбор подходящей упаковочной системы является ключевым фактором для продвижения продукта на рынке, поскольку упаковка влияет на качество пищевых продуктов при хранении, транспортировке и конечном использовании [1]. Традиционно упаковка рассматривалась как пассивный компонент, однако в последние годы все большее внимание уделяется активным упаковочным системам, которые взаимодействуют с внешней средой и пищевым продуктом. Такие системы основаны на включении натуральных антимикробных и антиоксидантных агентов, которые медленно высвобождаются из упаковки в продукт, продлевая срок его хранения и обеспечивая защиту от микробной порчи и окисления [2].

Одним из перспективных компонентов для создания биоактивной упаковки является прополис – смолистое вещество, собираемое пчелами. Благодаря сложному составу прополис обладает множеством биологических свойств и используется в качестве компонента пищевых добавок, косметических средств и лекарственных препаратов [3]. Антиоксидантная и антимикробная активность прополиса делает его подходящим компонентом для формулирования биоактивной пищевой упаковки [4]. Однако многие компоненты прополиса, в частности терпеноиды, обладают низким порогом восприятия запаха, что может влиять на запах упаковки и, как следствие, на сенсорные свойства пищевого продукта [5].

В связи с этим возникает ключевая проблема: необходимость оценки сенсорных свойств активной упаковки для предотвращения нежелательного взаимодействия с ароматом пищевого продукта. Целью настоящей работы являлось изучение сенсорных характеристик различных типов активной упаковки, созданной путем включения или поверхностного нанесения экстракта прополиса, с помощью органолептического анализа летучих веществ, а также оценка влияния данных активных упаковок на сенсорные свойства упакованных пищевых продуктов с использованием метода парных сравнений. В статье последовательно рассматриваются методы исследования, полученные результаты органолептического анализа и сенсорных испытаний, их обсуждение в контексте существующих знаний, а также выводы и перспективы дальнейших исследований.

Объекты и методы исследований

В работе использовались следующие упаковочные материалы: активная бумага с включением 0,2% экстракта прополиса (образец 1); активная бумага с включением 0,4% экстракта прополиса (образец 2); активная полиэтиленовая пленка с поверхностным нанесением прополиса (образец 3); бумага без прополиса в качестве контроля 1; активный полиэтилентерефталат толщиной 12 мкм с поверхностным нанесением прополиса (образец 4); полиэтилентерефталат толщиной 12 мкм без прополиса в качестве контроля 2.

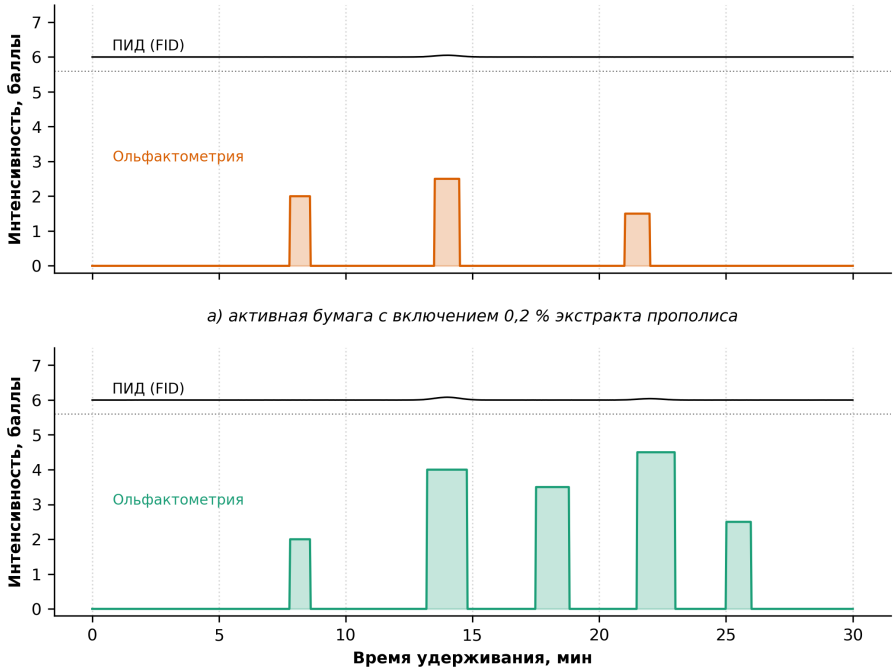
Органолептический анализ летучих веществ проводился с участием шести дегустаторов в возрасте от 35 до 55 лет. Перед анализом образцов все дегустаторы прошли три тренировочные сессии для идентификации эталонных запахов. Каждый образец состоял из квадрата упаковки размером 5 × 5 см, помещенного во флакон объемом 20 мл, закрытый крышкой с прокладкой. Летучие соединения концентрировали над образцом при нагревании до 40 °C в течение 30 минут, после чего дегустаторы оценивали запах, выходящий из флакона. Интенсивность запаха оценивалась по 5-балльной шкале, где 0 – отсутствие запаха, 5 – очень интенсивный запах. Для каждого образца фиксировались продолжительность и площадь обонятельного события, а также описательные характеристики запаха.

Для испытаний хранения пищевых продуктов использовались два вида мясных продуктов (сырокопченый окорок и вареный окорок) и два вида сыра – полутвёрдый и твёрдый. Мясные продукты нарезались ломтерезкой и по 3–4 ломтика заворачивались в каждый тип бумаги. Образцы сыра упаковывались в пластиковые пакеты, изготовленные на вакуумной упаковочной машине. Сенсорный анализ проводился с участием десяти полуобученных дегустаторов (4 мужчины и 6 женщин в возрасте от 35 до 60 лет) с использованием метода парных сравнений (треугольный тест). Данные обрабатывались с использованием таблицы значимости. Для анализа площадей обонятельных событий применялся метод главных компонент.

Результаты и их обсуждение

Органолептический анализ летучих веществ позволил получить профиль запаха упаковочных материалов с одновременным обнаружением обонятельных событий. Были обнаружены следующие описательные характеристики запаха: «Химический», «Терпеново-химический», «Химический, бумажный», «Пряный», «Неопределенный», «Травянисто-пряный», «Травянистый», «Травянисто-жженый», «Терпеновый», «Цветочно-гнилостный», «Пряно-химический». Дескриптор «Химический» был связан с 7 обонятельными событиями, 3 события были описаны как «Неопределенные» и 2 как «Пряные».

На рисунке 1 представлены профили интенсивности запаха для бумаг с включением 0,2% и 0,4% прополиса. Несмотря на то, что инструментальный профиль был очень бедным в обоих образцах, органолептический профиль показал наличие нескольких обонятельных событий, а дескрипторы, связанные с включением прополиса (прополис, смолистый, пряный), как и ожидалось, чаще встречались в бумагах с 0,4% прополиса.



а) активная бумага с включением 0,2 % экстракта прополиса

б) активная бумага с включением 0,4 % экстракта прополиса

Рис. 1. Хромато-ольфактограммы (ГХ-О) активной бумаги: а – образец 1 с включением 0,2 % экстракта прополиса; б – образец 2 с включением 0,4 % экстракта прополиса. Верхний трек – аналитический сигнал детектора ПИД; нижний профиль – субъективная интенсивность обонятельных событий дегустаторов по 5-балльной шкале.

Площади обонятельных событий, обнаруженных во всех анализах каждого тестируемого продукта (контрольного и активного), были проанализированы с помощью метода главных компонент; было извлечено 5 главных компонент, объясняющих 90% общей дисперсии. График, построенный по первым двум компонентам, объяснил 52% общей дисперсии (рис. 2). Первая компонента разделила контрольные материалы и образец с 0,2% прополиса с отрицательными значениями от всех остальных активных упаковок, которые показали положительные значения. Вторая компонента разделила бумажные материалы с положительными значениями от пластиковых материалов и активной полиэтиленовой пленки с отрицательными значениями. Дескрипторы, связанные с прополисом, как и ожидалось, были связаны с образцами активной упаковки: «пряный», «терпеновый» характеризовали образец с 0,4% прополиса, в то время как пленка с поверхностным нанесением и активный полиэтилентерефталат были связаны с «пряно-химическим» и «пряным 2», а необработанная бумага – с «химическим, бумажным».

Результаты сенсорного анализа мясных продуктов представлены в таблице 1. Не было обнаружено значительных различий между образцами сырокопченого окорока, упакованными в контрольную или активную упаковку. Однако в конце хранения образцы вареного окорока, упакованные в бумагу с 0,2% прополиса и в пленку с поверхностным нанесением, оказались отличными от контроля, и, что неожиданно, не образцы, упакованные в бумагу с 0,4% прополиса. В образцах вареного окорока наблюдалось высокое содержание влаги, что могло сделать этот продукт более эффективным, чем сырокопченый окорок, в поглощении высвобождаемых соединений упаковки.

В таблицах 2 и 3 представлены результаты сенсорного анализа сырных продуктов. Дегустаторы не обнаружили различий между активной и контрольной упаковкой полутвёрдого сыра (таблица 2) даже после 30 дней хранения. Твёрдый сыр (таблица 3) показал иное взаимодействие с упаковкой: значительные различия были обнаружены в обоих случаях, особенно в конце периода хранения. В середине периода хранения не было обнаружено различий между контролем и упаковкой, состоящей из контрольного пакета и активных листов. Неожиданно, упаковка с пакетом и листами активного полиэтилентерефталата взаимодействовала меньше, чем пакет активного полиэтилентерефталата с листами контрольного полиэтилентерефталата, за исключением одного из образцов твёрдого сыра в середине периода хранения.

Полученные результаты органолептического анализа свидетельствуют о том, что способ добавления прополиса в упаковочный материал оказывает значительное влияние на ароматический профиль. Упаковки, изготовленные методом поверхностного нанесения (пленка и активный полиэтилентерефталат), имели схожие профили, отличные от профилей бумажных упаковок, приготовленных путем включения прополиса. Это различие наблюдалось и в испытаниях хранения пищевых продуктов: пленка с поверхностным нанесением влияла на сенсорные свойства вареного окорока, но не сырокопченого, а активный полиэтилентерефталат не влиял на сенсорные характеристики полутвёрдого сыра, но влиял на твёрдый сыр. Эти результаты позволяют предположить, что состав самого пищевого продук-

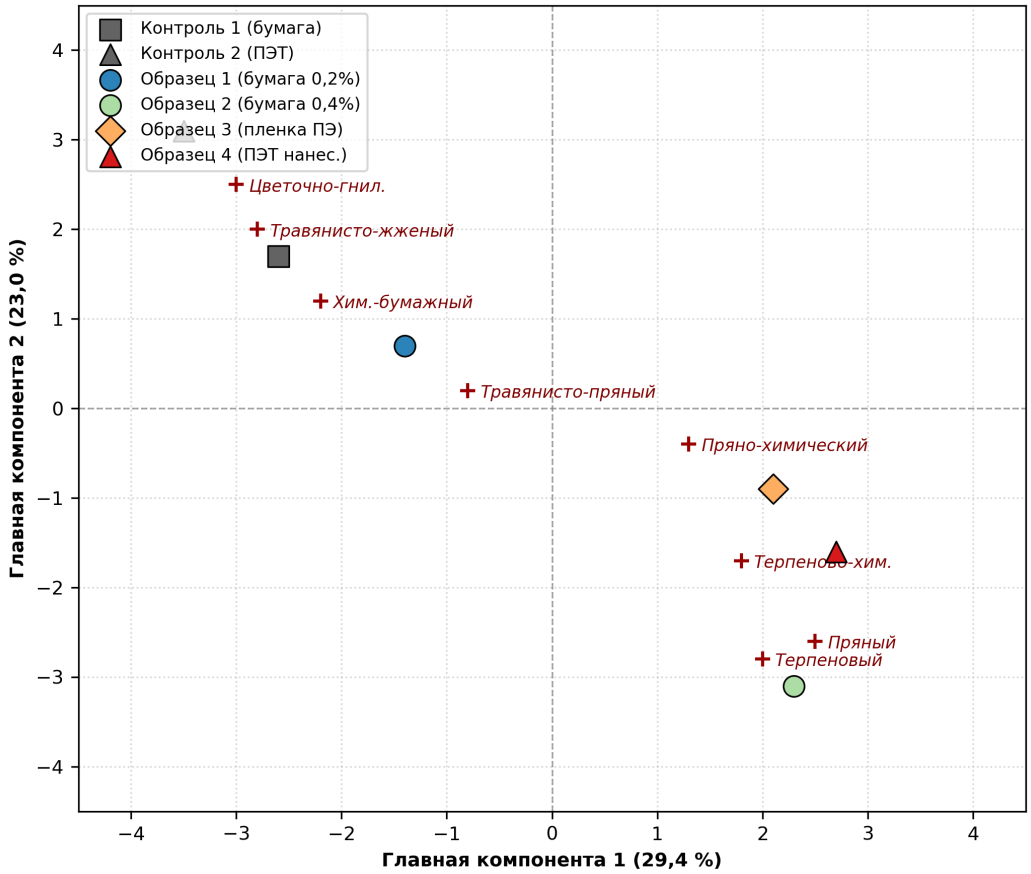


Рис. 2. Проекция образцов упаковочных материалов и дескрипторов запаха на плоскость первых двух главных компонент (ГК 1 – 29,4 %, ГК 2 – 23,0 %)

Таблица 1 – Мясные продукты: результаты сенсорного анализа (н.з., не значимо; *, α = 0,05; **, α = 0,01)

Упаковка	Вареный окорок, дни хранения	α	Сырокопченый окорок, дни хранения	α
Бумага с 0,2% прополиса	2	н.з.	3	н.з.
Бумага с 0,2% прополиса	4	*	7	н.з.
Бумага с 0,4% прополиса	2	н.з.	3	н.з.
Бумага с 0,4% прополиса	4	н.з.	7	н.з.
Пленка с поверхностным нанесением	2	н.з.	2	н.з.
Пленка с поверхностным нанесением	6	**	6	н.з.

Таблица 2 – Полутвёрдый сыр: результаты сенсорного анализа (н.з., не значимо; *, α = 0,05; **, α = 0,01)

Упаковка	Дни хранения	α
Активный полиэтилентерефталат	7	н.з.
Активный полиэтилентерефталат	14	н.з.
Активный полиэтилентерефталат	30	н.з.

Таблица 3 – Твёрдый сыр: результаты сенсорного анализа (н.з., не значимо; *, α = 0,05; **, α = 0,01)

Упаковка	Дни хранения	Образец 1	Образец 2
Пакет контрольный, листы активные	7	н.з.	н.з.
Пакет активный, листы контрольные	7	н.з.	**
Пакет и листы активные	7	**	*
Пакет контрольный, листы активные	14	*	*
Пакет активный, листы контрольные	14	**	*
Пакет и листы активные	14	*	н.з.

та играет роль в процессах обмена, происходящих между пищевой матрицей и активной упаковкой. Это согласуется с данными других исследователей, указывающих на то, что эффективность активной упаковки зависит от свойств продукта, таких как содержание влаги и жира [6, 8, 9].

Кроме того, результаты подтвердили, что человеческий нос более чувствителен, чем приборы [7]. Это подчеркивает, что органолептический анализ должен использоваться при разработке пищевой упаковки, содержащей пахучие активные ин-

гредиенты, для прогнозирования их воздействия на упакованный продукт. Как показали результаты данного исследования, метод парных сравнений может указать, какой тип пищевого продукта подвергается сенсорной модификации под воздействием активной упаковки. Однако этот тест не является описательным. Представляется целесообразным повторить сенсорный анализ с большей панелью дегустаторов и с использованием описательных тестов, чтобы лучше понять взаимодействие между пищевым продуктом и упаковкой.

Выводы

Результаты органолептического анализа показали, что способ добавления прополиса в упаковочный материал оказывает значительное влияние на ароматический профиль. Упаковки, изготовленные методом поверхностного нанесения (пленка и активный полиэтилентерефталат), имели схожие профили, отличные от бумажных упаковок с включением прополиса. Испытания хранения пищевых продуктов подтвердили, что активная упаковка может влиять на сенсорные свойства продуктов в зависимости от типа продукта и способа добавления прополиса. Практическая значимость исследования заключается в обосновании необходимости использования органолептического анализа при разработке активной упаковки с пахучими ингредиентами для прогнозирования их воздействия на пищевые продукты. Перспективы дальнейших исследований связаны с проведением сенсорного анализа с большей панелью дегустаторов и использованием описательных тестов для более глубокого понимания взаимодействия между пищевым продуктом и активной упаковкой.

Литература

[1] Семенова А. А. и др. Достижения и перспективы развития полимерной упаковки мяса и полуфабрикатов //Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48. – №. 3. – С. 161-174.

[2] Полищук Е. К., Котенкова Е. А. Разработка биоактивной упаковки на основе хитозана с включенными антимикробными пептидами // Пищевые системы. – 2021. – Т. 4. – №. 3S. – С. 217-222.

[3] Кайгородов Р. В., Карташова И. Н. Динамика минерального состава прополиса в процессе его промышленной переработки //Вестник Пермского Университета. Серия: Биология. – 2016. – №. 2. – С. 102-108.

[4] Вахонина Е. А. Биологически активные соединения прополиса, спиртовых экстрактов прополиса //Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. ПА Костычева. – 2025. – Т. 17. – №. 3. – С. 5-13.

[5] Kasote D., Bankova V., Viljoen A. M. Propolis: Chemical diversity and challenges in quality control // Phytochemistry Reviews. – 2022. – Т. 21. – №. 6. – С. 1887-1911.

[6] Касьянов Г. И. Технология биоразрушаемой упаковки для пищевых продуктов //Наука. Техника. Технологии (Политехнический вестник). – 2015. – №. 3. – С. 165-184.

[7] Wilson A. D. Diverse applications of electronic-nose technologies in agriculture and forestry //Sensors. – 2013. – Т. 13. – №. 2. – С. 2295-2348.

[8] 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.

[9] 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.

References

[1] Semenova A. A. et al. Achievements and prospects for the development of polymer packaging for meat and semi-finished meat products // Food Processing: Techniques and Technology. – 2018. – Vol. 48. – No. 3. – pp. 161-174.

[2] Polishchuk E. K., Kotenkova E. A. Development of bioactive packaging based on chitosan incorporating antimicrobial peptides // Food Systems. – 2021. – Vol. 4. – No. 3S. – pp. 217-222.

[3] Kaygorodov R. V., Kartashova I. N. Dynamics of the mineral composition of propolis during its industrial processing // Perm University Herald. Series: Biology. – 2016. – No. 2. – pp. 102-108.

[4] Vakhonina E. A. Biologically active compounds of propolis and its alcoholic extracts // Herald of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. – 2025. – Vol. 17. – No. 3. – pp. 5-13.

[5] Kasote D., Bankova V., Viljoen A. M. Propolis: Chemical diversity and challenges in quality control // Phytochemistry Reviews. – 2022. – Vol. 21. – No. 6. – pp. 1887-1911.

[6] Kasyanov G. I. Technology of biodegradable packaging for food products // Science. Engineering. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2015. – No. 3. – pp. 165–184.

[7] Wilson A. D. Diverse applications of electronic-nose technologies in agriculture and forestry // Sensors. – 2013. – Vol. 13. – No. 2. – pp. 2295–2348.

[8] Simakov D. G., Frolov D. I. Influence of modified atmosphere packaging conditions on the quality of grated cheese // Innovative Machinery and Technology. – 2025. – Vol. 12. – No. 1. – pp. 44–50.

[9] Arkhipov D. S., Frolov D. I. Use of active packaging to extend the shelf life of soft cheeses // Innovative Machinery and Technology. – 2025. – Vol. 12. – No. 2. – pp. 5–10.

Сведения об авторах	**Information about the authors**
Горбачев Иван Владимирович студент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 **E-mail:**	**Gorbachev Ivan Vladimirovich** student of the department «Food productions» Penza State Technological University **E-mail:**
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	**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