

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

TECHNOLOGY OF STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Научная статья

УДК 664.6/7

DOI 10.24888/2541-7835-2024-31-8-16

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛОДОВОГО И ЦИТРУСОВОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЪЕДОБНЫХ ПЛЕНОК

Дышекова Милана Мухамедовна^{1✉}

¹Российский биотехнологический университет, Москва, Россия

¹dyshekovamm@mgupp.ru[✉]

Аннотация. Статья посвящена изучению влияния компонентов рецептуры на качество и пищевую ценность съедобных пленок из плодового, цитрусового и овощного сырья. Неблагоприятная экологическая ситуация в различных регионах вызывает необходимость обогащения продуктов биологически активными веществами, пектином и пищевыми волокнами. Большое внимание уделяют содержанию в продуктах минеральных веществ и витаминов. Современные тенденции развития пищевой промышленности направлены на создание продуктов с оптимальным комбинированием белоксодержащих пищевых компонентов и растительного сырья для получения высококачественных и биологически полноценных продуктов питания. Одним из перспективных источников растительного сырья, содержащего гидроколлоиды, являются плоды и цитрусовые: яблоки, сливы, лимоны, апельсины. Целью работы является создание съедобных пленок из плодового и цитрусового сырья, позволяющих сообщить кулинарным изделиям сочность, выраженные вкусовые композиции в процессе воздействия высоких температур. Для достижения цели был поставлен ряд задач, направленных на решение научных и практических проблем. Использованы современные и традиционные методы определения качества сырья и готовых съедобных пленок. В работе приводятся некоторые особенности течения физико-химических реакций, позволяющих описать динамику взаимодействия нутриентов в сформированных бинарных композициях белково-углеводных структур растительных систем в процессе температурного воздействия. По результатам органолептической и дегустационной оценок можно сделать вывод, что наилучшие показатели имеет вариант с апельсиновым соком в концентрации 80%, 7% целлюлозы и 13% сахара при контрольном образце пленки из натурального сока с мякотью. В рецептуру также добавлялись сублимированные специи, придающие пленке особый вкус и уникальность.

Ключевые слова: коллоиды, гели, белково-углеводные комплексы, растительное сырье, съедобные пленки

Для цитирования: Дышекова М.М. Использование плодового и цитрусового сырья для изготовления съедобных пленок // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 1(31). С.8-16. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-31-8-16>.

Original article

USE OF FRUIT AND CITRUS RAW MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF EDIBLE FILMS

Milana M. Dysheкова^{1✉}

¹Russian Biotechnological University, Moscow, Russia

¹dyshekovamm@mgupp.ru[✉]

Abstract. The article is devoted to the study of the influence of formulation components on the quality and nutritional value of edible films from fruit, citrus and vegetable raw materials. The unfavorable envi-

ronmental situation in various regions makes it necessary to enrich products with biologically active substances, pectin and dietary fiber. Much attention is paid to the content of minerals and vitamins in products. Modern trends in the development of the food industry are aimed at creating products with an optimal combination of protein-containing food components and plant raw materials to obtain high-quality and biologically complete food products. One of the promising sources of plant materials containing hydrocolloids are fruits and citrus fruits: apples, plums, lemons, oranges. The goal of the work is to create edible films from fruit and citrus raw materials, which make it possible to impart juiciness and pronounced flavor compositions to culinary products when exposed to high temperatures. To achieve this goal, a number of tasks were set aimed at solving scientific and practical problems. Modern and traditional methods were used to determine the quality of raw materials and finished edible films. The work presents some features of the flow of physicochemical reactions that make it possible to describe the dynamics of the interaction of nutrients in the formed binary compositions of protein-carbohydrate structures of plant systems in the process of temperature exposure. Based on the results of organoleptic and tasting assessments, we can conclude that the best performance is achieved by the option with orange juice at a concentration of 80%, 7% cellulose and 13% sugar compared to the control sample of a film of natural juice with pulp. Freeze-dried spices were also added to the recipe, giving the film a special taste and uniqueness.

Keywords: colloids, gels, protein-carbohydrate complexes, plant materials, edible films.

For citation: Dyshekova M.M. Use of fruit and citrus raw materials for the production of edible films. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2024, no. 1(31), pp.8-16. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-31-8-16>.

Введение

Оригинальные упаковочные материалы – современное направление в пищевой промышленности. Нестабильные термические, механические, химические и физические свойства биополимеров, а также присущая им проницаемость для газов и паров усилили этот интерес [12]. Биополимерные материалы (матрица) требуют наполнителей, которые могут реагировать или взаимодействовать с доступной матрицей, чтобы обеспечить новые рецептуры с улучшенными свойствами. Многие исследования показали потенциальное использование наночастиц металлов в биополимерной упаковке и съедобных покрытиях для улучшения их свойств [6, 13]. Анализ характеристик бионанокompозитных пленок и съедобных покрытий с наночастицами металлов в отношении срока годности и качества тропических фруктов, ягод, акклиматизированных фруктов и овощей не выявил гарантированных показателей безопасности. В имеющихся публикациях представлено краткое описание некоторых преимуществ бионанокompозитных пленок и съедобных покрытий, наносимых на фрукты и овощи, таких как уменьшение изменения цвета, скорости дыхания, потеря веса и продление срока хранения, задержка созревания и экологичность. Результаты полученной информации позволяют лучше понять механизм влияния наночастиц металлов, включенных в биополимеры, на срок хранения и качество фруктов и овощей [4].

В ряде исследований был установлен потенциал пищевых пленок на основе хитозана и альгината для сохранения качественных характеристик фруктов и овощей. Результаты исследования показывают, что эти пленки действуют как барьер на поверхности фруктов и овощей, что способствует удержанию жидкости, создает благоприятную среду за счет оптимизации концентрации газов и задерживает созревание [10].

Дальнейшие разработки по повышению эффективности пищевых пленок с использованием функциональных добавок основаны на использовании фенольных соединений и эфирных масел. Подобные добавки открыли новое направление для улучшения функциональных свойств пленок на основе альгината или хитозана. В настоящее время данные соединения становятся важным компонентом пищевых пленок для продления срока хранения фруктов и овощей [10].

Исследования функциональных добавок позволили получить на основе биоразлагаемых полимеров активные и интеллектуальные упаковки. В состав их входят комплексные биоактивные добавки (БАД) - фосфолипиды [1]. Механизм действия БАД заключается в связывании гидрофильными группами макромолекул добавок в воду в пищевых системах, что

приводит к изменению консистенции продукта. Вязкость пищевой системы при этом увеличивается [1].

Nair M.S. и др. [10] в 2020 г. в процессе исследования влияния пленочных покрытий на свойства растительного сырья установили повышение качества и срока хранения различных фруктов, включая гуаву, грушу, чернику, и овощей, таких как огурец, стручковый перец и грибы. Проанализировали принципы, лежащие в основе антимикробной и антиоксидантной активности добавок для предотвращения порчи пищевых продуктов. Выявлена способность фенольных соединений, эфирных масел и наночастиц продлевать срок хранения без ущерба для питательных свойств и безопасности фруктов и овощей. Однако дальнейшие исследования в этом направлении по-прежнему важны.

Физико-химические превращения в продукте вызывают изменения его массы, прочностных характеристик, формирования вкусо-ароматических композиций, а иногда и нетрадиционных структур [7, 9-13]. Это в большей степени относится к плодам и цитрусовым, которые содержат в своем составе протопектин, способный создавать коллоидные структуры.

Гидроколлоиды представляют собой высокомолекулярные полимеры, состоящие из разнообразной группы гидрофильных молекул с различными функциональными группами [7]. Эти полимеры получают из различных сырьевых источников: наземных растений (пектин, крахмал, камеди и др.); водорослей (агар, каррагинан, альгинаты); животных (желатин, хитозан, казеинаты), микроорганизмов (ксантановая камедь, геллан, декстран) или путем химической модификации природных полисахаридов (карбоксиметилцеллюлоза и др.). Гидроколлоиды повышают сродство к связыванию молекул воды и проявляют коллоидные свойства. С их помощью появилась возможность получения термостабильных начинок для мучных выпечных изделий.

Исходя из выше сказанного, можно определить цель проводимого исследования – создание съедобных пленок из плодового и цитрусового сырья, позволяющих придать кулинарным изделиям сочность, выраженные вкусовые композиции в процессе воздействия высоких температур.

Материалы и методы исследований

Разработка пищевых пленок на основе растительного сырья проводилась с 2021 по 2023 годы на кафедре индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса РОСБИОТЕХ.

Исходя из поставленной цели, объектами исследования явились образцы плодов и цитрусовых, выращенных на Кавказе. Из яблок, слив, лимонов и апельсинов получили образцы съедобных пленок с добавками сублимированных пряно-ароматических растений (базилик, розмарин, мята). Характеристика сырья с определенными показателями, влияющими на структуру и свойства пленок, приведена на рис. 1.

Наиболее оптимально сбалансирован состав белково-углеводного комплекса лимонов. Зависимость углеводных нутриентов от белка и жира при величине достоверности аппроксимации $R^2 = 0,9851$.

Наиболее близко к рассматриваемым показателям относятся углеводные нутриенты апельсинов от состава жира и белка, при $R^2 = 0,5784$. Это подтверждает способность лимонов и апельсинов к образованию коллоидов. Сбалансированность состава белково-углеводного комплекса слив имеет минимальное значение при величине достоверности аппроксимации $R^2 = 0,5462$.

Для проведения испытаний использовали методику количественного определения пектиновых веществ, которая основана на осаждении пектиновых кислот в виде кальциевых солей - пектатов - и учете их количества весовым способом («кальций-пектатный» метод). Определение сахаров производили по ГОСТ 8756.13-87 перманганатным методом; сухих веществ по ГОСТ 31640-2012.

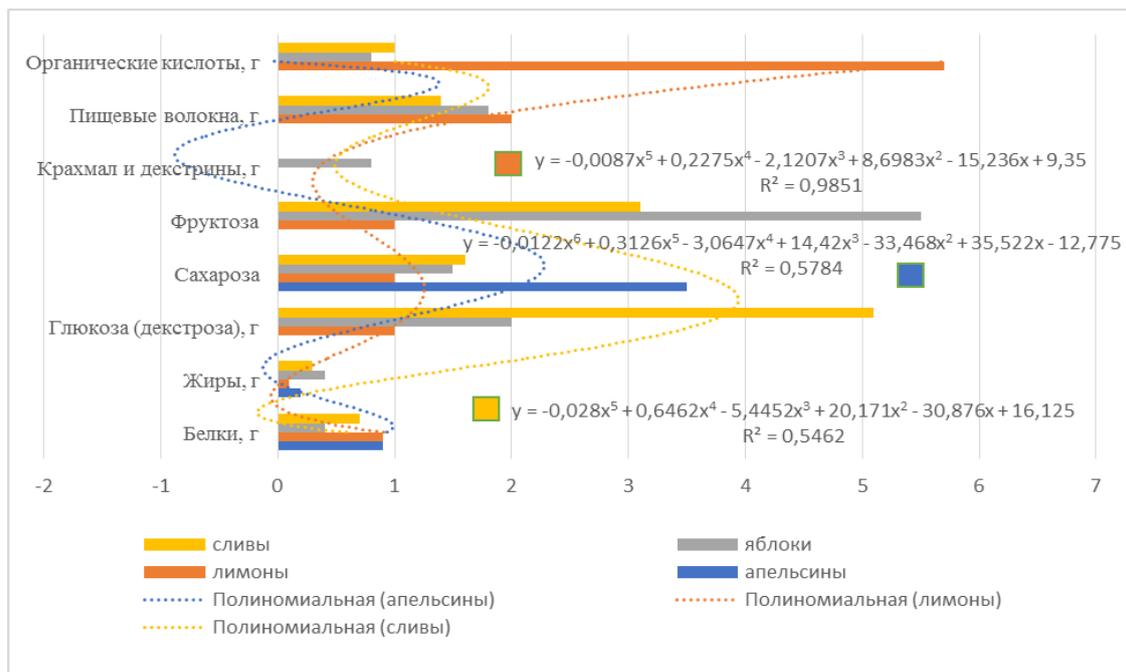


Рисунок 1. Сравнительная характеристика объектов исследования

Для исследований использованы приборы и оборудование: весы лабораторные ADAM Equipment highland HCB HCB1002; куттер Robot-Coupe R301; соковыжималка Fimar EasyLine SJE6203; соковыжималка GASTRORAG HA-007; блендер «Супермаркет». Органолептическая оценка выполнена по ГОСТ ИСО 6658–2015. Определение пищевой и энергетической ценности проводилось по справочнику И.М. Скурихина [4].

Результаты исследований и их обсуждение

Для достижения поставленной цели на основе гидроколлоидов цитрусового и плодового сырья и сублимированных пряностей созданы вкусовые композиции, сформированные в процессе воздействия высоких температур при изготовлении сиропов, настоев и сушке, а также комплексного взаимодействия в структуре готового желеобразного продукта с учетом использования углеводно-белковых наполнителей (целлюлозы, глицерина) и сухих компонентов (базилик, розмарин, мята). Технологический процесс получения сока и сушки пюре включал следующие операции, представленные в табл. 1.

Таблица 1. Режимы обработки плодов и цитрусовых при изготовлении съедобной пленки

<p>Продолжительность получения сока:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Апельсин – 33 секунды 2. Сливы – 94 секунды 3. Яблоко – 45 секунд 4. Лимон – 30 секунд 	<p>Продолжительность измельчения жмыха до однородной массы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Апельсин с добавлением воды (m_b - 80 г) – 22 секунды 2. Сливы – 3 минуты 15 секунд 3. Яблоко с добавлением воды (m_b - 80 г) – 23 секунды 4. Лимон с добавлением воды (m_b - 80 г) – 20 секунд
<p>Продолжительность сушки пленок при 20°C:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Апельсин – 2 часа 2. Сливы – 1,8 часа 3. Яблоко – 1,5 часа 4. Лимон – 1,5 часа 	<p>Продолжительность сушки пюре при температуре 50-55°C</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Апельсин – 60 минут 2. Сливы – 120 минут 3. Яблоко – 60 минут 4. Лимон – 55 минут

Установлено, что сок, полученный из плодов и цитрусовых способом прессования, обладает насыщенным ароматом и содержит мелкие частички сырья. Обработка прессованием позволяет максимально получить две фракции: жидкую и плотную, которые используются

для изготовления пленок, пастообразного продукта и порошка. В процессе обработки мезги в центрифуге образуется гелеобразная структура за счет перехода протопектина в пектин под действием органических кислот и количества клеточного сока перерабатываемых плодов (яблоки, сливы) и цитрусовых (лимоны, апельсины). В процессе хранения гелей (яблочных и цитрусовых пектиновых структур) при температуре 8-10°C синерезис углеводов в течение 5 дней не наблюдался. К концу 7-8 суток образовалось 1,0-1,5% жидкости. Для наглядности экспериментов представлены графики зависимости интенсивности обработки от количества сухих веществ и углеводов (рис. 2), размягчения тканей и формирования вкусоароматической гаммы (рис. 3; 4 и рис. 5; 6).

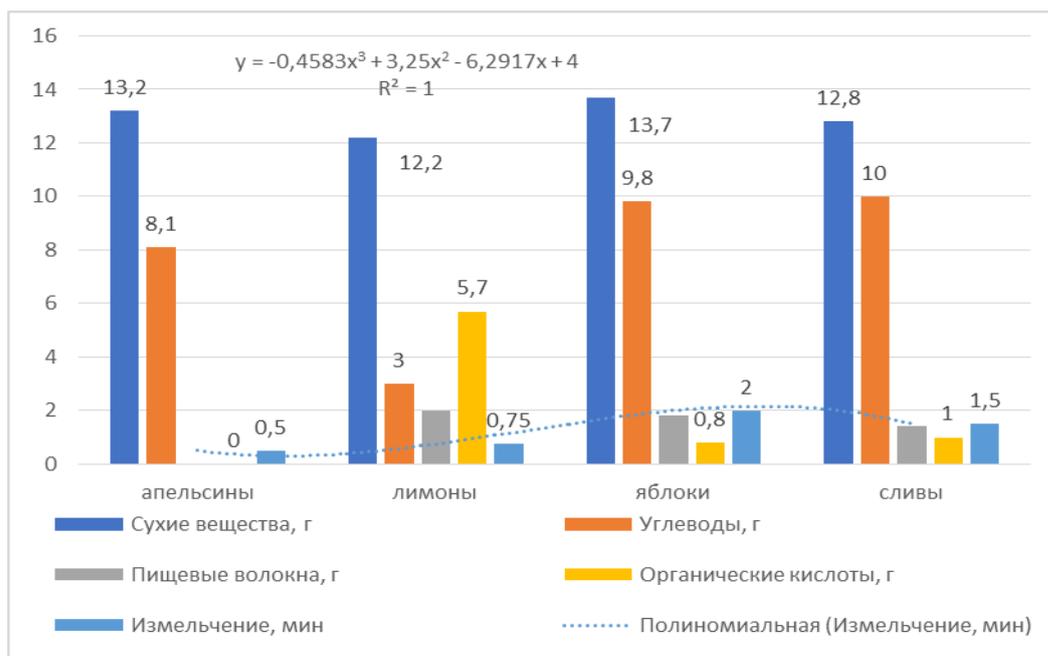


Рисунок 2. Зависимость интенсивности обработки от количества сухих веществ и углеводов

Установлено, что продолжительность измельчения зависит от консистенции сырья, содержания сухих веществ, пищевых волокон, моно-, дисахаридов, крахмала и декстринов. С увеличением плотности паренхимной ткани интенсивность процесса снижается.

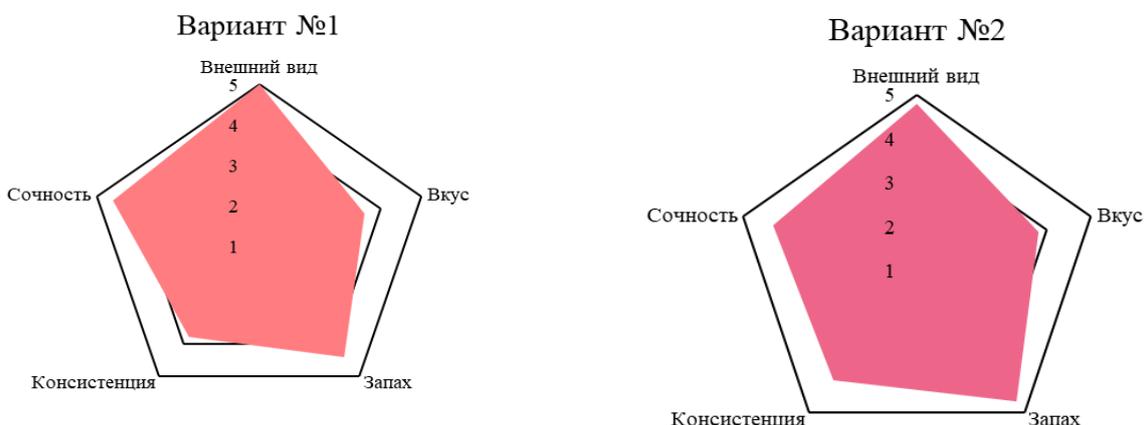


Рисунок 3. Оценка размягчения тканей и органолептических показателей цитрусовых:

1 – лимон; 2 - апельсин

Лучшими органолептическими показателями отличается образец 1 (лимонный сок и пюре), имеющий отличные внешние данные, однородную без включений жидкую фракцию и пластичную структуру пюре, приготовленного из цедры и мезги лимона.

Несколько меньшими органолептическими показателями отличается образец 2 (апельсиновый сок и пюре). Внешний вид и запах оценены по 4,8 балла, сочность - 4 балла, а вкус и консистенция – по 3,8-3,9 балла из-за присутствия крупитчатости цедры и горьковатого привкуса, присутствующих гликозидов.

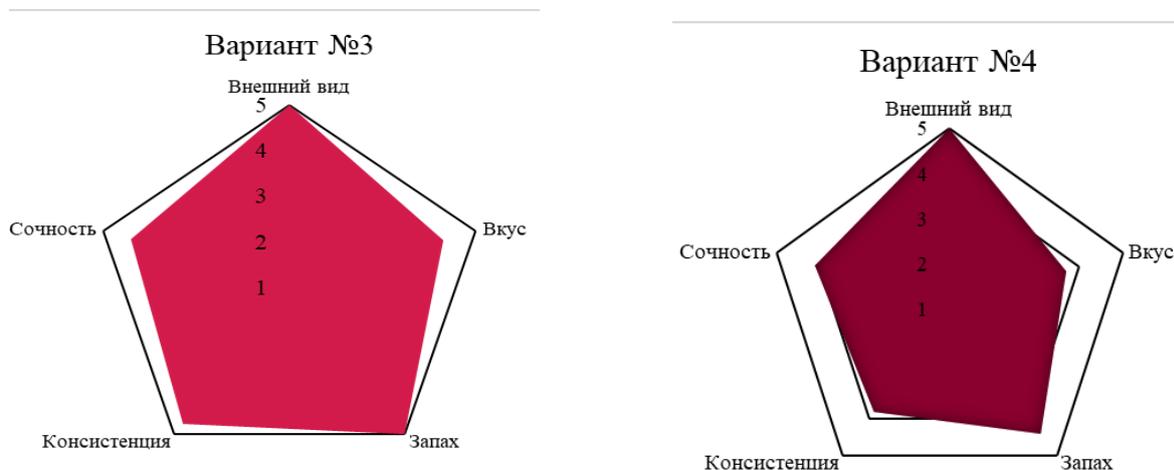


Рисунок 4. Оценка размягчения тканей и органолептических показателей плодов: 3 – слива; 4 - яблоко

Выявлены явные отличия сливовых и яблочных образцов. Мезга сливы измельчалась в блендере без дополнительного увлажнения, что положительно отразилось и на ее консистенции и органолептической оценке. Максимальное количество оценок 4,8-5,0 баллов было у сока и пюре сливового. Вкус и консистенция пюре из яблок были оценены 3,9- 4,0 балла.

Потребительские оценки вкусо-ароматической гаммы съедобных пленок из цитрусовых (лимоны и апельсины) и плодов (яблоки и сливы), представленные на рис. 5 показывают положительную расположенность респондентов к новым нетрадиционным подходам переработки плодов и цитрусовых в пищевых производствах [3-6].



Рисунок 5. Формирование вкусоароматической гаммы съедобных плёнок их плодов цитрусовых (лимоны, апельсины) (а) и розоцветных (яблоня, слива) (б)

Переработка цитрусовых и плодовых продуктов представляли определенные проблемы при отделении сока. При измельчении сырья в куттере извлечения сока не происходило. Центрифугирование всех исследуемых образцов не дало возможности разделения на 2 фракции (плотную и жидкую), а произошла обратная реакция – под действием органических кислот, клеточного сока и протопектина. Гидроколлоиды используются в различных продуктах из-за их способности изменять химическую конформацию и структуру полимеров в пищевой системе для достижения желаемых реологических характеристик и структуры. Например, при введении гидроколлоидов в водную среду они поглощают воду и увеличивают свой гидродинамический объем, что впоследствии приводит к увеличению вязкости системы (рис. 6).



Рисунок 6. Микроструктура образовавшихся гидроколлоидов апельсина (а) и лимона (б)

При достаточном количестве воды гидроколлоидные полимерные цепи могут взаимодействовать, в результате чего образуется гелеобразная матрица. Образование гелевой матрицы гидроколлоидами может происходить за счет высокой концентрации полимеров или за счет изменения ионной силы или pH растворителя. Кроме того, концентрация гидроколлоидов может оказывать существенное влияние на пищевую систему из-за их склонности к набуханию. Таким образом, небольшого количества гидроколлоидов часто бывает достаточно для достижения желаемого эффекта на микроструктуру пищевых продуктов [1-3, 8]. Особый интерес вызвало усиление ароматики за счет использования в рецептурах пленок сублимированных вкусо-ароматических пряностей (базилик, розмарин, мята).

На контрольном образце пленки (а), полученной из натурального сока апельсина с мякотью, видны небольшие включения цедры и мезги (рис. 7).

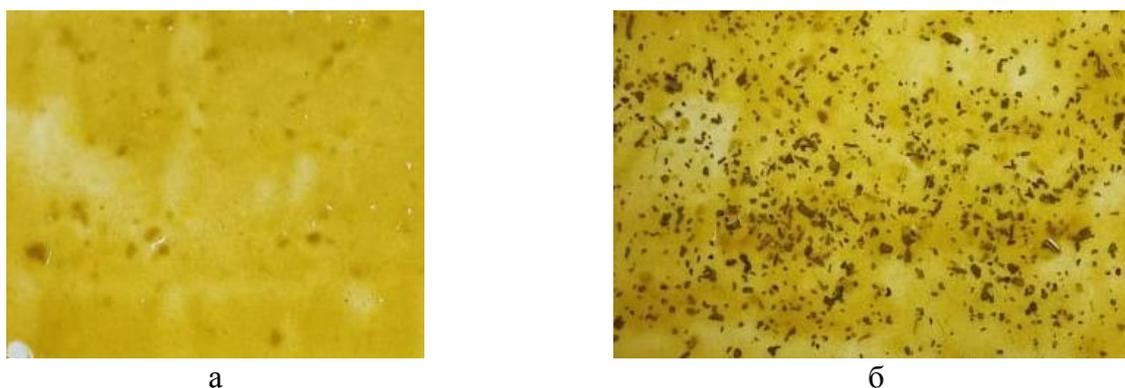


Рисунок 7. Съедобные пленки из апельсинов:
а – натуральные; б - с 0,5% сублимированного измельченного базилика

Эти незначительные дефекты нивелируются при добавлении в рецептуру пленки с концентрацией сока 80%, целлюлозы 7% и 13% сахара, а также добавки 0,5% сублимированного измельченного базилика. Введение в рецептуру сублимированных специй даже в незначительном количестве (0,5-0,7%) придаёт пленке особый вкус и уникальность. Эти показатели особо отметили респонденты, принимающие участие в оценке качества разработанных образцов съедобных пленок.

Таким образом, в данной работе рассмотрена комплексная пищевая система, позволяющая поэтапно установить факторы, воздействующие на исходные растительные композиции, предварительно обработанные плоды и цитрусовые, что позволило получить структуру комплексной пищевой системы и создать новый синергетический эффект в виде устойчивой вкусо-ароматической композиции.

Выводы

1. Полученные экспериментальные данные и зависимости будут полезны при рассмотрении более сложных процессов массопереноса, инверсии сахарозы, разрушении белково-углеводных комплексов.

2. Гидроколлоиды, образованные на основе пектинов, универсальны и находят различное применение в пищевых системах благодаря своим многофункциональным свойствам, повышающим качество продукции и удовлетворенность потребителей. Они способны изменить химическую конформацию и структуру высокомолекулярных полимеров в пищевой системе для достижения желаемых реологических характеристик и структуры.

3. Наличие в составе различных групп гидрофильных молекул позволяют им проявлять свойства гелеобразователей, термостабилизаторов, загустителей, структурообразователей, ингибиторов синерезиса. Использование в составе пищевой системе 0,5% сублимированного измельченного базилика позволит усилить ее антиоксидантные свойства.

4. Гели, полученные из мезги плодов и цитрусовых культур, а также пленки на основе апельсинового сока в концентрации 80%, 7% целлюлозы, 13% сахара и 0,5% сублимированного измельченного базилика имеют стабильность. Съедобные пленки одобрены потребителями при оценке органолептических показателей качества. Высокие баллы получены образцами с добавками сублимированных пряно-ароматических растений.

Список источников

1. Биологически активные добавки комплексного назначения в составе функциональных пищевых продуктов / Е.А. Бутина, В.Г. Попов, А.А. Шаззо, О.Н. Войченко // Новые технологии. 2010. С. 1-7.

2. Бурак Л.Ч., Сапач А.Н. Инновационная упаковка для пищевых продуктов // Научное обозрение. 2023. № 2. С. 50-57.

3. Продукты с растительными добавками для здорового питания / А.Т. Васюкова, А.А. Славянский, М.Ф. Хайруллин, А.Е. Алексеев, А.В. Мошкин, Э.Ш. Махмадалиев // Пищевая промышленность. 2019. № 12. С. 72-75.

4. Скурихин И.М., Волгарев М.Н. Химический состав пищевых продуктов. Москва: RUGRAM, 2022. 360 с.

5. Фомина Т.И., Кукушкина Т.А. Содержание биологически активных веществ в надземной части некоторых видов лука (*Allium L.*) // Химия растительного сырья. 2019. № 3. С. 177-184.

6. Basumatary I.B., Mukherjee A., Katiyar V., Kumar S. Nanocomposite films and coatings based on biopolymers: recent advances in improving the shelf life of fruits and vegetables // Crit Rev Food Sci Nutr. 2022. No. 62(7). Pp. 1912-1935.

7. Chavan P., Lata K., Kaur T., Rezek Jambrak A., Sharma S., Roy S., Singhmar A., Thori R., Pal Singh G., Ayush K., Root A. Recent advances in post-harvest fruit preservation using edible films and coatings: a comprehensive review // Food chemical. August 30, 2023. No. 418. P. 135916.

8. Gladkowska-Balewicz I., Norton I. T., Hamilton I. E. Effect of process conditions, and component concentrations on the viscosity of κ -carrageenan and pregelatinised cross-linked waxy maize starch mixed fluid gels // Food Hydrocolloids. 2014. Vol. 42. Pp. 355-361.

9. Impact of various cultivation technologies on productivity of potato (*solanum tuberosum*) in central non-cenozoic zone of Russia. / Belenkov A., Peliy A., Diop A., Vasyukova A., Moskin A., Burlutskiy V., Borodina E. // Research on Crops. 2020. Vol. 21. No 3. Pp. 512-519.

10. Nair M.S., Tomar M., Punia S., Kukula-Koh V., Kumar M. Enhancing the functionality of chitosan and alginate based active food coatings/films for fruit and vegetable preservation: a review // Int J Biol Macromol. December 1, 2020. No. 164. Pp. 304-320.

11. Saha D., Bhattacharya S. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review // Journal of food science and technology. 2010. Vol. 47. Pp. 587-597.

12. Shima Jafarzadeh, Abdorreza Mohammadi Nafchi, Ali Salehabadi, Nazila Oladzad-Abbasabadi, Seyid Mahdi Jafari. Application of bionanocomposite films and edible coatings to extend the shelf life of fresh fruits and vegetables // *Adv Colloidal Interface Sci.* May 2021. No. 291. P. 102405.

13. Tavassoli-Cafrani E, Gamage MW, Dumais LF, Kong L, Zhao S. Edible films and coatings for extending the shelf life of mangoes: a review // *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2022. No. 62(9). Pp. 2432-2459.

References

1. Dietary supplements for complex purposes as part of functional foods. Butina E.A., Popov V.G., Shazzo A.A., Voichenko O.N. *New technologies*, 2010, Pp. 1-7.

2. Burak L.Ch., Sapach A.N. Innovative packaging for food products. *Scientific Review*, 2023, no. 2, pp. 50-57.

3. Products with herbal additives for a healthy diet. Vasyukova A.T., Slavyansky A.A., Khairullin M.F., Alekseev A.E., Moshkin A.V., Makhmadaliev E.Sh. *Food industry*, 2019, no. 12, pp. 72-75.

4. Skurikhin I.M., Volgarev M.N. *Chemical composition of food products*. Moscow: RUGRAM Publ., 2022. 360 p.

5. Fomina T.I., Kukushkina T.A. The content of biologically active substances in the aerial parts of some types of onions (*Allium L.*). *Chemistry of plant raw materials*, 2019, no. 3, pp. 177-184.

6. Basumatary I.B., Mukherjee A., Katiyar V., Kumar S. Nanocomposite films and coatings based on biopolymers: recent advances in improving the shelf life of fruits and vegetables. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2022, no. 62(7), pp. 1912-1935.

7. Chavan P., Lata K., Kaur T., Rezek Jambrak A., Sharma S., Roy S., Singhmar A., Thori R., Pal Singh G., Ayush K., Root A. Recent advances in post-harvest fruit preservation using edible films and coatings: a comprehensive review. *Food chemical*, August 30, 2023, no.418, p. 135916.

8. Gladkowska-Balewicz I., Norton I. T., Hamilton I. E. Effect of process conditions, and component concentrations on the viscosity of κ -carrageenan and pregelatinised cross-linked waxy maize starch mixed fluid gels. *Food Hydrocolloids*, 2014, vol. 42, pp. 355-361.

9. Impact of various cultivation technologies on productivity of potato (*solanum tuberosum*) in central non-cenozoic zone of Russia. Belenkov A., Peliy A., Diop A., Vasyukova A., Moskin A., Burlutskiy V., Borodina E. *Research on Crops*, 2020, vol. 21, no 3, pp. 512-519.

10. Nair M.S., Tomar M., Punia S., Kukula-Koh V., Kumar M. Enhancing the functionality of chitosan and alginate based active food coatings/films for fruit and vegetable preservation: a review. *Int J Biol Macromol*, December 1, 2020, no. 164, pp. 304-320.

11. Saha D., Bhattacharya S. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Journal of food science and technology*, 2010, vol. 47, pp. 587-597.

12. Shima Jafarzadeh, Abdorreza Mohammadi Nafchi, Ali Salehabadi, Nazila Oladzad-Abbasabadi, Seyid Mahdi Jafari. Application of bionanocomposite films and edible coatings to extend the shelf life of fresh fruits and vegetables. *Adv Colloidal Interface Sci*, May 2021, no. 291, p. 102405.

13. Tavassoli-Cafrani E, Gamage MW, Dumais LF, Kong L, Zhao S. Edible films and coatings for extending the shelf life of mangoes: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2022, no. 62(9), pp. 2432-2459.

Информация об авторах

М.М. Дышекова – аспирант.

Information about the authors

M.M. Dyshekova – Graduate student.