

Потенциал фитодобавок из растений семейства Яснотковые при производстве сливочного масла

Алексей Алексеевич Голубев, аспирант

E-mail: altgolubec@gmail.com

Нина Ивановна Дунченко, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры

E-mail: dunchenko.nina@ya.ru

Елена Львовна Маланкина, д-р с.-х. наук, канд. биол. наук, профессор, профессор кафедры

Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва

Высокожирные пищевые системы, такие как сливочное масло, подвержены окислительной порче, что требует внедрения эффективных методов продления срока годности без ущерба для качества продукта. Натуральные антиоксиданты, в частности полифенолы растительного происхождения, представляют собой перспективную альтернативу синтетическим аналогам благодаря их безопасности и дополнительной биологической активности. В данной работе был проведен анализ образцов сливочного масла с фитодобавками растений семейства Яснотковые (*Lamiaceae*) с целью оценки их органолептических характеристик. Фитодобавка Шалфея лекарственного (*Salvia officinalis* L.) была признана наиболее подходящей для применения при производстве сливочного масла. Проведена оптимизация процесса соклет-экстракции для достижения максимального выхода полифенолов, при этом разработана квадратичная математическая модель на основе схемы Бокса-Бенкена для описания и оптимизации процесса. Установлено, что оптимальными условиями экстракции Шалфея лекарственного являются массовая доля этанола 73,7 %, продолжительность экстракции 3,7 ч и размер частиц растительного сырья 0,4 мм².

Ключевые слова: полифенолы, антиоксиданты, сливочное масло, оптимизация экстракции, *Lamiaceae*, Шалфей лекарственный, Душица обыкновенная, Тимьян ползучий, Тимьян обыкновенный, Мята перечная

Для цитирования: Голубев, А. А. Потенциал фитодобавок из растений семейства Яснотковые при производстве сливочного масла / А. А. Голубев, Н. И. Дунченко, Е. Л. Маланкина / Сыроделие и маслоделие. 2025. № 2. С. 22–28. <https://doi.org/10.21603/2073-4018-2025-2-25>

Введение

Высокожирные пищевые системы подвержены окислительной порче и, следовательно, требуют различных технологических приемов для поддержания высоких стандартов качества и продления срока годности¹. Самый распространенный метод повышения окислительной стабильности – использование антиоксидантов. Натуральные антиоксиданты представляют собой многообещающую альтернативу искусственным, таким как бутилированный гидроксианизол и бутилированный гидрокситолуол, которые, хотя и эффективны в снижении окисления липидов, вызывают опасения из-за их потенциальной токсичности. Натуральные антиоксиданты не только повышают окислительную стабильность продуктов, но и выполняют функции минорных питательных веществ, так как являются биологически активными соединениями, которые оказывают благоприятное воздействие на здоровье человека.

Н. Уллаһ и соавторы исследовали эффективность натуральных полифенолов в сохранении мясных и молочных продуктов, подтвердив их роль

в предотвращении окислительных изменений [1]. В работе Ю. Г. Базарновой описаны антибактериальные свойства растительных экстрактов, богатых полифенолами, и их успешное применение в пищевой промышленности, отмечена перспективность использования натуральных консервантов [2]. З. С. Зобкова и соавторы показали, что полифенольные соединения сохраняют активность в молочных системах [3]. Наконец, ряд больших обзорных работ посвящен влиянию полифенолов на здоровье сердечно-сосудистой системы и обмен веществ [3–6].

Современные исследования уделяют значительное внимание возможностям использования побочных продуктов пищевой промышленности в качестве источников натуральных антиоксидантов. В. М. Коденцова и соавторы рассматривают выжимки ягод черной смородины как источник полифенольных соединений [7]. Т. Mehdizadeh и соавторы изучили влияние экстракта из перегородок грецкого ореха на продление срока годности сливочного масла, подтвердив его антиоксидантные свойства [8].

¹Патент № 2192005 С2 Российская Федерация, МПК G01N 33/04. Способ определения срока годности пищевых продуктов : № 2000129876/13 : заявл. 30.11.2000 : опубл. 27.10.2002 / Д. П. Уфимкин, Д. Н. Коваленко; заявитель Открытое акционерное общество «Лианозовский молочный комбинат».

В другой работе Н. Mikdame и соавторы исследовали побочные продукты производства оливкового масла как источник антиоксидантов [9]. V. A. Basheer и S. Muthusamy исследовали оболочку семян голубинового гороха как источник антиоксидантов для сливочного масла при упаковке в модифицированной газовой среде [10]. Однако отсутствие референтных значений для микробиологических и токсикологических параметров побочных продуктов представляет существенное препятствие при рассмотрении их в качестве потенциальных источников полифенольных соединений [11].

Еще одним распространенным подходом является использование душистых и лекарственных растений, которые уже долгое время используются в пищевой промышленности или в медицинских целях благодаря высокому содержанию в них биологически активных веществ, включая антиоксиданты [2, 12–15]. Самыми перспективными натуральными антиоксидантами из растительных сырьевых материалов для использования в пищевой промышленности являются полифенолы благодаря их антиоксидантной стабильности [16]. Эти биологически активные вещества представляют собой смесь вторичных метаболитов с широким спектром действия, что может быть обусловлено отдельными соединениями или группами соединений. Полифенолы выполняют биологические функции в растении, например, защищая от абиотических стрессоров или микробных патогенов [17].

Использование фитодобавок, полученных из растений семейства Яснотковые (*Lamiaceae*), является многообещающим подходом в поиске антиоксидантов на основе полифенолов для пищевых целей [18]. Это семейство, которое содержит различные душистые травы, такие как тимьян, мята, шалфей и душица, давно используется в пищевой промышленности и обладают статусом GRAS (признаны безопасными для использования в пищевых продуктах)².

Качество и количество антиоксидантов зависят как от типа растения, так и от методов сушки и экстракции [19]. Различные техники экстракции, такие как традиционная экстракция растворителями, экстракция сверхкритическими жидкостями, ультразвуковая экстракция

и микроволновая экстракция, имеют уникальные преимущества с точки зрения эффективности, селективности и устойчивости. Оптимизация параметров экстракции, таких как тип растворителя, соотношение растворителя к образцу, время экстракции, температура и давление, позволяет эффективно извлекать полифенолы, минимизируя использование растворителя и воздействие на окружающую среду [10, 20].

Целью данной работы являлось исследование возможности использования фитодобавок из растений семейства Яснотковые при производстве сливочного масла.

Объекты и методы исследования

Растительное сырье. Побеги растений (Душица обыкновенная, Шалфей лекарственный, Тимьян ползучий, Тимьян обыкновенный, Мята перечная) были собраны на стадии их массового цветения на втором году жизни. Растительное сырье было высушено при температуре 40 °С без воздействия солнечного света до содержания влаги 8–10 %. После процесса сушки сырье было вручную измельчено для удаления крупных стеблей, а затем просеяно до заранее установленных размеров частиц. В анализе использовались только листья и соцветия растений.

Получение фитодобавок. Экстракция проводилась в аппарате Сокслета в течение 6 ч. Для полного извлечения 70 % раствором этанола было использовано 10 г сухого растительного материала, который был измельчен до размера 1 мм и уложен в фильтровальную бумагу. Для процесса экстракции использовалось 250 мл растворителя. Экстракт затем фильтровали через фильтровальную бумагу. Готовую фитодобавку концентрировали с использованием роторного испарителя, регулируя давление для поддержания кипения жидкости при температуре 75,5 °С, пока все следы этанола не были удалены.

Общее содержание фенольных и флавоноидных соединений. Для определения общего содержания полифенольных соединений (ОПС) и общего содержания флавоноидов (ОФС) в образцах использовались соответственно анализ методом Фолина-Чокальтеу и колориметрический метод с алюминием [15].

²Code of Federal Regulations. Title 21 Food & Drugs [Электронный ресурс]. URL: <https://ecfr.gov/> (дата обращения 15.02.2025).

Значение ОПС было выражено в мг-эквивалентах галловой кислоты на грамм сухого веса (мг ГАЭ/г_{св}), а ОФС было рассчитано в мг-эквивалентах катехина на грамм сухого веса (мг КАТЭ/г_{св}).

Сенсорная оценка. 24,8 г каждой фитодобавки, разбавленных дистиллированной водой до концентрации 48 мг ГАЭ/100 г, были добавлены к 180 г слегка расплавленного масла с содержанием жира 82,5 % (производства ОАО «Савушкинский продукт», Беларусь) и смешаны в лабораторном гомогенизаторе «КА Т 25» (Германия) в течение 1 минуты с использованием стандартных операционных процедур. Затем образец охлаждали до 4 °С. Контрольный образец подготавливали аналогичным образом, но вместо фитодобавки была добавлена дистиллированная вода. Сенсорные характеристики образцов масла анализировали с помощью 30 экспертов. Оценка образцов по сенсорным характеристикам производилась с использованием пятибалльной шкалы, а общая приемлемость рассчитывалась как сумма оценок вкуса и запаха. Образцы кодировали случайными числами и представляли дегустаторам в случайном порядке.

Определение рациональных параметров экстракции. Влияние параметров экстракции на ОПС исследовалось с использованием методологии поверхности отклика. Был использован трехуровневый дизайн Бокса-Бенкена с тремя независимыми переменными: концентрацией этанола, временем экстракции и размером частиц растительного сырья. Поверхность отклика была использована для создания математической модели, которая позволила определить оптимальные условия для максимизации извлечения фенольных соединений из растений. На основе наших предварительных экспериментов были выбраны уровни каждой независимой переменной для процесса экстракции. Всего было выполнено 15 экспериментов, каждый с различной комбинацией уровней факторов. Значения каждого фактора указаны в таблице 1.

Таблица 1. Кодированные и реальные значения независимых переменных

Переменные	Кодированные значения		
	-1	0	+1
Концентрация этанола, %	30	60	90
Время экстракции, ч	2	3	4
Размер частиц, мм	1,5	1,0	0,5

Статистический анализ. Для анализа различий в ОПС и ОФС различного растительного сырья выполнены однофакторный дисперсионный анализ с тестом Тьюки. Для статистического анализа данных сенсорной оценки были выполнены тест Краскела-Уоллиса с тестом Данна. Квадратичная математическая модель была разработана с использованием множественного регрессионного анализа, с выделением значимых коэффициентов через дисперсионный анализ. Адекватность модели была определена с использованием значения теста Фишера и анализа остатков. Предсказательная сила модели была оценена с помощью коэффициента детерминации (R^2) и скорректированного коэффициента детерминации ($R^2_{\text{правл}}$).

Все статистические тесты были выполнены в среде программирования R Studio 3.12.0 с использованием версии R 4.3.3 и следующих статистических пакетов: rstatix, rsm и FSA. Графики были созданы с использованием пакета ggplot2.

Результаты и их обсуждение

Анализ растительного сырья. Содержание общих полифенолов и флавоноидов, а также отношение общего содержания флавоноидов (ОФС) к общему содержанию полифенольных соединений (ОПС) представлены в таблице 2. Наблюдаются значительные различия в уровнях полифенолов ($df = 4$; $F = 502,7$; $p < 0,05$) и флавоноидов ($df = 4$, $F = 219,6$; $p < 0,05$) между различными образцами. Множественные сравнения были проведены с использованием теста Тьюки с поправкой Бонферрони. Экстракт Мята перечной характеризовался наибольшим общим содержанием полифенолов и флавоноидов, однако при рассмотрении отношения ОФС к ОПС Шалфей лекарственный также значительно превосходил другие виды сырья.

Таблица 2. Содержание полифенолов и флавоноидов

Растительное сырье	ОПС, мг ГАЭ/г _{св}	ОФС, мг КАТЭ/г _{св}	ОФС/ОПС
Душица обыкновенная	69,85 ± 0,31 ^a	25,81 ± 0,52 ^{ae}	0,46 ± 0,01 ^{adg}
Шалфей лекарственный	54,09 ± 0,63 ^{def}	26,09 ± 0,63 ^{bfi}	0,37 ± 0,01 ^{def}
Тимьян ползучий	69,73 ± 0,42 ^{ce}	24,33 ± 0,42 ^{cgi}	0,48 ± 0,02 ^{be}
Тимьян обыкновенный	69,39 ± 0,63 ^{df}	22,61 ± 0,52 ^{defg}	0,35 ± 0,01 ^{cfg}
Мята перечная	75,64 ± 0,94 ^{abcd}	35,11 ± 0,52 ^{abcd}	0,33 ± 0,01 ^{abc}

Примечание: ОПС – общее содержание полифенольных соединений; ОФС – общее содержание флавоноидов. Результат: среднее ± станд. откл. (n = 3). Значимые отличия обозначены одинаковыми индексами



Источник изображения: rlybaу.com

Органолептический анализ. Для оценки органолептических показателей масла с различными фитодобавками был применен гедонический тест. Масло с фитодобавкой Шалфея лекарственного получило наивысшие оценки за вкус, аромат и общую приемлемость, которые незначительно отличались от контрольного образца (табл. 3).

Для выявления значительных различий между экспериментальными и контрольными группами был выполнен односторонний тест Данна (один против всех), скорректированный на множественные сравнения с использованием поправки Бонферрони (рис. 1).

Результаты сенсорной оценки показали, что фитодобавка шалфея может быть использована как антиоксидантная добавка. Следовательно, этот конкретный источник полифенолов был выбран для процесса оптимизации экстракции.

Таблица 3. Сенсорный анализ сливочного масла

Образцы	Запах	Вкус	Итого
Контроль -	4,0	5,0	9,0
Опыт Душица обыкновенная	3,0	2,0	5,0
Шалфей лекарственный	3,5	4,0	7,0
Тимьян ползучий	3,0	3,0	6,5
Тимьян обыкновенный	3,0	2,0	5,0
Мята перечная	2,0	2,0	4,5
χ^2 значение	60,214*	92,849*	97,094*

Примечание: результат - медиана (n = 3). * - статистически значимо (p < 0,05)

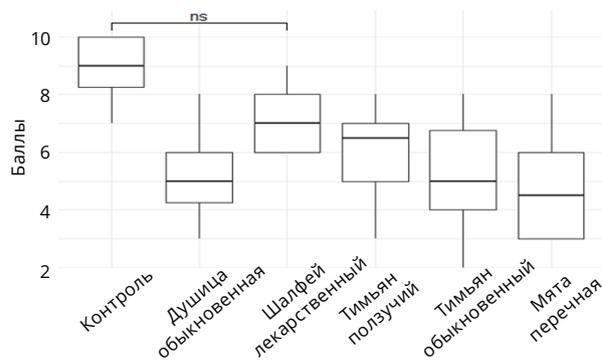


Рисунок 1. Ящики с усами с итоговыми баллами для образцов сливочного масла

Моделирование, факторный анализ и оптимизации экстракции.

Для оценки влияния трех независимых переменных (концентрация этанола, время экстракции и размер частиц) на выход фенольных соединений был использован 15-точечный экспериментальный дизайн Бокса-Бенкена с тремя уровнями каждой переменной. Результаты серии экспериментов по плану Бокса-Бенкена представлены в таблице 4.

Влияние независимых переменных на ОПС было изучено на основе статистического анализа всех откликов (табл. 4). Было получено уравнение регрессии, включающее только статистически значимые факторы:

$$TPC = -51,32 + 1,45x_1 + 34,4x_2 - 8,09x_3 - 0,01x_1^2 - 4,61x_2^2$$

Таблица 4. Факторный план Бокса-Бенкена экстракции *Salvia officinalis* L.

Кодированные			Некодированные			Общее содержание полифенольных соединений, мг ГАЭГ _{св}
X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	
-1	-1	0	60	3	1,0	55,67
1	-1	0	40	4	1,0	38,87
-1	1	0	60	2	1,5	33,06
1	1	0	80	3	0,5	55,71
-1	0	-1	60	4	1,5	54,39
1	0	-1	80	2	1,0	46,37
-1	0	1	60	2	0,5	45,85
1	0	1	40	2	1,0	28,64
0	-1	-1	80	4	1,0	52,71
0	1	-1	60	3	1,0	56,11
0	-1	1	40	3	1,5	32,82
0	1	1	60	3	1,0	54,37
0	0	0	60	4	0,5	62,30
0	0	0	40	3	0,5	39,42
0	0	0	80	3	1,5	50,65



Источник изображения: pixabay.com

Результаты статистического анализа представлены в таблице 5. Конечная модель имела высокий коэффициент детерминации (0,94) и высокий скорректированный коэффициент детерминации (0,91). Результаты теста Фишера ($p < 0,05$) указывали на хорошую прогностическую способность модели.

Анализ остатков представлен на рисунке 2. Остатки распределены нормально (тест Шапиро-Уилка: $W = 0,968$; $p > 0,05$) и гомоскедастично. Учитывая нормальное распределение и предположение о гомоскедастичности остатков, можно быть уверенным в достоверности выводов, сделанных на основе анализа. Отсутствие значительных отклонений от этих предположений свидетельствует о том, что модель точно описывает изменения в ОПС и оцененные параметры, вероятно, являются точными и эффективными.

Концентрация этанола оказывает положительное воздействие на процесс экстракции. Это означает, что более высокие концентрации этанола способствуют извлечению фенольных соединений.

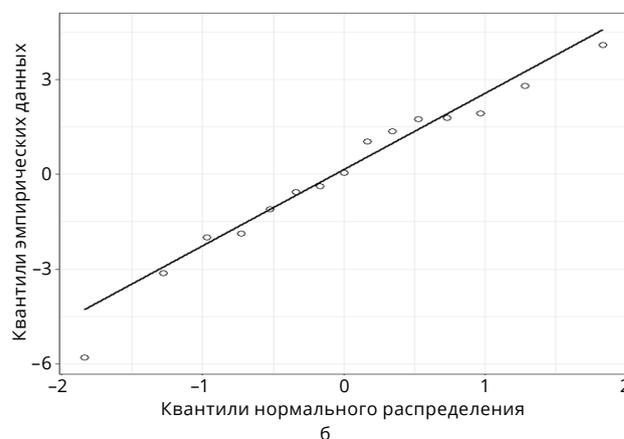
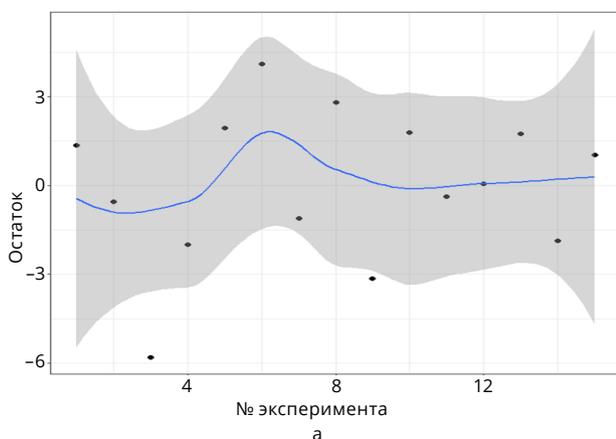


Рисунок 2. График остатков (а) и квантиль-квантиль график (б)

Таблица 5. Дисперсионный анализ модели

	Df	Сумма квадратов	Среднее квадратичное	F-значение	Pr(> F)
Линейные	3	1039,53	346,51	34,989	6,012e-05*
Квадратичные	3	361,72	120,57	8,7500	0,019629*
Остатки	8	79,23	9,90		
Недостатки	6	77,59	12,93	15,799	0,0607 ^{NS}
Ошибки	2	1,64	0,82		
R^2	0,9465				
$R^2_{\text{правл}}$	0,9063				
	Df		p -значение		
F-значение	9; 5	23,58	0,0001127*		

Примечание: * – статистически значимо, NS – незначимо

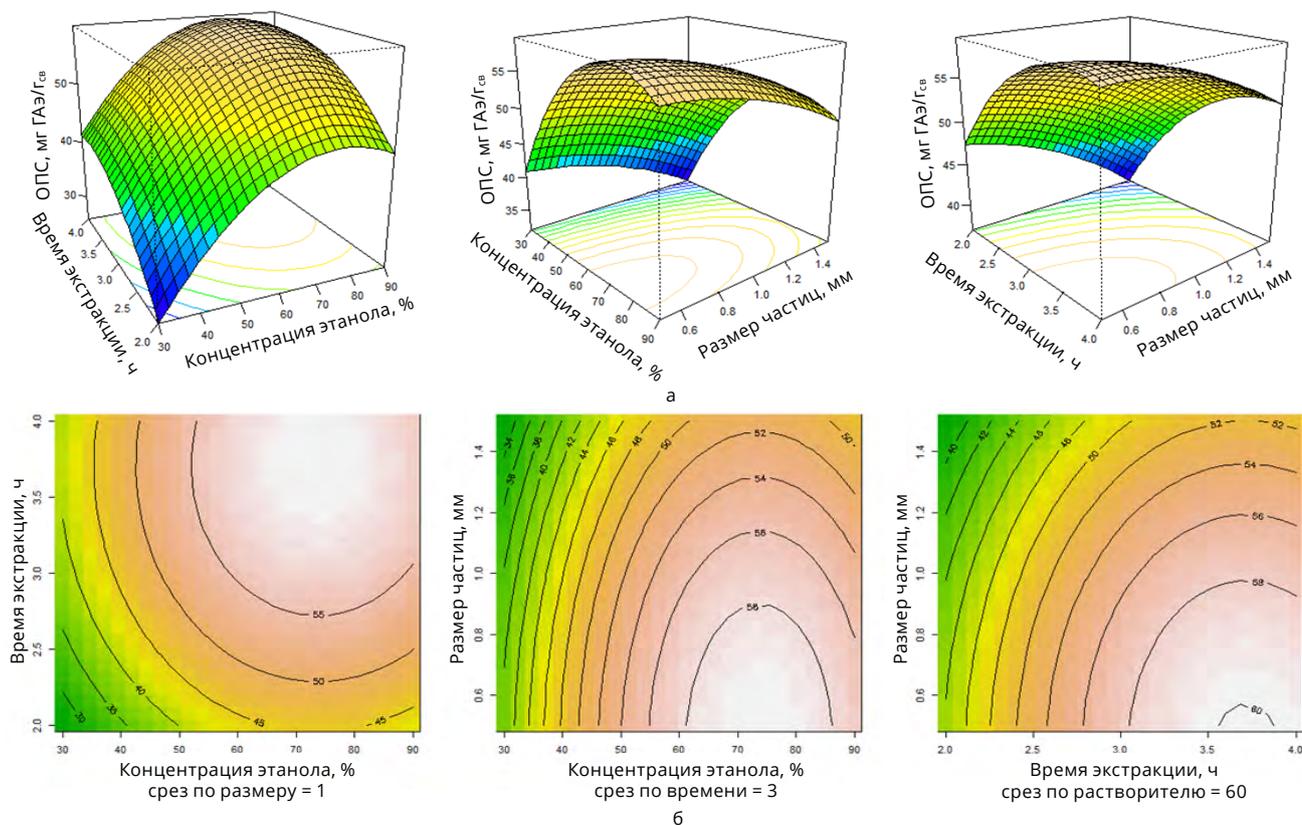


Рисунок 3. Графики поверхности отклика: а) трехмерные; б) контурные

Однако значительное отрицательное квадратичное воздействие свидетельствует, что влияние снижается при более высоких концентрациях. Исходя из этих данных, можно сделать вывод, что использование концентраций этанола выше 75 % неэффективно для извлечения фенольных соединений. Аналогично выход полифенолов зависит от времени экстракции. Включены положительные линейные и отрицательные квадратичные факторы. Кроме того, наблюдается негативное умеренное воздействие размера частиц растительного материала. Для наглядного представления одновременного влияния двух независимых переменных (во всех комбинациях) на ОПС были построены графики поверхности отклика (рис. 3).

Содержание полифенолов в фитодобавке шалфея было успешно повышено с использованием квадратичной модели, полученной с помощью метода регрессионного анализа поверхности отклика. Оптимальные экспериментальные условия для концентрации этанола, длительности экстракции и размера частиц растительного сырья составили соответственно 73,7 %, 3,7 ч, 0,4 мм.

Выводы

В ходе данного исследования были проанализированы образцы масла, обогащенные фитодобавками растений, принадлежащих к семейству *Lamiaceae*, с целью определения их вкусовых характеристик. Результаты показали, что Шалфей лекарственный наиболее подходит для использования в производстве сливочного масла. Однако общее количество полифенолов в экстракте шалфея оказалось ниже по сравнению с другими растительными экстрактами, полученными с использованием стандартных методов длительного экстрагирования по Соклету. Поэтому процедура экстракции была оптимизирована для достижения более высокого выхода.

Концентрация этанола, время экстракции и размер частиц сырья рассматривались как независимые переменные в данном исследовании. На основе экспериментального дизайна Бокса-Бенкена была разработана математическая модель, достаточно точно описывающая процесс экстракции. Используя эту модель, были выявлены оптимальные условия экстракции: концентрация этанола 73,7 %, время экстракции 3,7 ч. и размер частиц сырья 0,4 мм. ■

Поступила в редакцию: 20.02.2025
 Принята в печать: 28.03.2025

Lamiaceae Herbal Additives in Functional Butter Products

Alexey A. Golubev, Nina I. Dunchenko, Elena L. Malankina

Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow

High-fat foods such as butter are prone to oxidative damage and need new effective methods to prolong their shelf-life and maintain the initial quality. Such natural antioxidants as plant-derived polyphenols are safe and possess numerous bioactive properties, which makes them an excellent alternative to traditional synthetic variants. This research featured samples of butter fortified with extracts from *Lamiaceae* plants, their sensory profile, and antioxidant efficacy. The sage extract (*Salvia officinalis* L.) proved to be the most suitable plant raw material for butter production. An optimized Soxhlet extraction method made it possible to increase the polyphenol yield. A quadratic mathematical model based on the Box-Behnken design made it possible to describe and optimize the extraction process. The optimal extraction conditions included 73.7% ethanol, 3.7 h extraction time, and 0.4 mm particle size.

Keywords: polyphenols, antioxidants, butter, extraction optimization, *Lamiaceae*, *Salvia officinalis* L., *Origanum vulgare* L., *Thymus serpyllum* L., *Thymus vulgaris* L., *Mentha piperita* L.

Список литературы

1. Ullah, H. Natural Polyphenols for the Preservation of Meat and Dairy Products / H. Ullah [et al.] // *Molecules*. 2022. Vol. 27(6). 1906. <https://doi.org/10.3390/molecules27061906>
2. Базарнова, Ю. Г. Фитоэкстракты - природные ингибиторы порчи пищевых продуктов (обзор) / Ю. Г. Базарнова // *Процессы и аппараты пищевых производств*. 2010. № 2. С. 32-42. <https://elibrary.ru/nccnxb>
3. Зобкова, З. С. Выбор комплекса антиоксидантов для молочных систем с использованием физико-химических методов / З. С. Зобкова, Т. П. Фурсова, Д. В. Зенина [и др.] // *Молочная промышленность*. 2019. № 4. С. 46-49. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2019-4-46-49>; <https://elibrary.ru/vynolh>
4. Fraga, C. G. The effects of polyphenols and other bioactives on human health / C. G. Fraga [et al.] // *Food & Function*. 2019. Vol. 10(2). P. 514-528. <https://doi.org/10.1039/C8FO01997E>
5. Ruskovska, T. Polyphenols in human nutrition: From the in vitro antioxidant capacity to the beneficial effects on cardiometabolic health and related inter-individual variability - An overview and perspective / T. Ruskovska, V. Maksimova, D. Milenkovic // *British Journal of Nutrition*. 2020. Vol. 123(3). P. 241-254. <https://doi.org/10.1017/S0007114519002733>
6. Mozaffarian, D. Flavonoids, dairy foods, and cardiovascular and metabolic health: A review of emerging biologic pathways / D. Mozaffarian, J. H. Y. Wu // *Circulation Research*. 2018. Vol. 122(2). P. 369-384. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.117.309008>
7. Коденцова, В. М. Перспективы комплексной переработки ягод черной смородины / В. М. Коденцова, Д. В. Рисник, Е. М. Сербя [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. 2024. Т. 54, № 3. С. 621-632. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-3-2525>; <https://elibrary.ru/uhdavh>
8. Mehdizadeh, T. Effect of walnut kernel septum membranes hydroalcoholic extract on the shelf life of traditional butter / T. Mehdizadeh [et al.] // *Heliyon*. 2019. Vol. 5(3). e01296. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01296>
9. Mikdame, H. By-Products of Olive Oil in the Service of the Deficiency of Food Antioxidants: The Case of Butter / H. Mikdame [et al.] // *Journal of Food Quality*. 2020. Vol. 2020. 6382942. <https://doi.org/10.1155/2020/6382942>
10. Basheer, V. A. Mathematical modeling and kinetic behavior of Indian Umblachery cow butter and its nutritional degradation analysis under modified atmospheric packaging technique / V. A. Basheer, S. Muthusamy // *Journal of Food Process Engineering*. 2022. Vol. 45(8). <https://doi.org/10.1111/jfpe.14042>
11. Rasera, G. B. Phenolic antioxidants in the framework of Sustainable Development Goals: how far are we from zero waste? / G. B. Rasera [et al.] // *Current Opinion in Food Science*. 2024. Vol. 57. 101163. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2024.101163>
12. Sukhikh, S. Functional dairy products enriched with plant ingredients / S. Sukhikh, L. Astakhova, Yu. Golubcova [et al.] // *Foods and Raw Materials*. 2019. Vol. 7(2). P. 428-438. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-2-428-438>; <https://elibrary.ru/kaukxb>
13. Kandyliari, A. Development of Dairy Products Fortified with Plant Extracts: Antioxidant and Phenolic Content Characterization / A. Kandyliari [et al.] // *Antioxidants*. 2023. Vol. 12(2). 500. <https://doi.org/10.3390/antiox12020500>
14. Vidanagamage, S. A. Effects of Cinnamon (*Cinnamomum Verum*) Extract on Functional Properties of Butter / S. A. Vidanagamage [et al.] // *Procedia Food Science*. 2016. Vol. 6. P. 136-142. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2016.02.033>
15. Munasinghe, M. A. J. P. Impact of cardamom, cinnamon and ginger essences on keeping quality of butter / M. A. J. P. Munasinghe [et al.] // *Journal of Agriculture and Value Addition*. 2022. Vol. 5(1). P. 107. <http://dx.doi.org/10.4038/java.v5i1.37>
16. Wegrzyn, T. F. Stability of antioxidants in an apple polyphenol-milk model system / T. F. Wegrzyn [et al.] // *Food Chemistry*. 2008. Vol. 109(2). P. 310-318. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.034>
17. Zagorskina, N. V. Polyphenols in Plants: Structure, Biosynthesis, Abiotic Stress Regulation, and Practical Applications (Review) / N. V. Zagorskina [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. Vol. 24(18). <https://doi.org/10.3390/ijms241813874>
18. Milevskaya, V. V. Determination of phenolic compounds in medicinal plants from the Lamiaceae family / V. V. Milevskaya [et al.] // *Journal of Analytical Chemistry*. 2017. Vol. 72(3). P. 342-348. <https://doi.org/10.1134/S1061934817030091>
19. Попова, О. С. Сравнительная характеристика эффективности различных методов экстракции полифенолов из растений семейства Яснотковые / О. С. Попова, Л. Н. Скрыпник // *Успехи современного естествознания*. 2017. № 6. С. 34-38. <https://elibrary.ru/zbnchb>
20. Dzah, C. S. The effects of ultrasound assisted extraction on yield, antioxidant, anticancer and antimicrobial activity of polyphenol extracts: A review / C. S. Dzah [et al.] // *Food Bioscience*. 2020. Vol. 35. 100547. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100547>