

ОБЗОРЫ

УДК 615.45:615.3

DOI: <https://doi.org/10.52540/2074-9457.2025.4.90>

Н. С. Голяк, Я. О. Ракова

РАСТИТЕЛЬНЫЕ МАСЛА КАК ЭКСТРАГЕНТЫ, СПОСОБЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ МАСЛЯНОЙ ЭКСТРАКЦИИ, ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАСЛЯНЫХ ЭКСТРАКТОВ

Белорусский государственный медицинский университет,
г. Минск, Республика Беларусь

В статье представлены и проанализированы основные физико-химические характеристики масел как экстрагентов биологически активных веществ (БАВ) из лекарственного растительного сырья (ЛРС) и их жирнокислотный состав. Процесс традиционной масляной экстракции методами мацерации, перколяции, реперколяции и анфлеража протекает довольно медленно. В статье рассмотрены основные методы интенсификации процесса экстракции: ультразвуковая экстракция, микроволновая экстракция, экстракция сверхкритическими флюидами и экстракция с предварительной ферментативной обработкой ЛРС. Экспериментальное использование этих методов позволяет ускорить процесс экстрагирования и увеличить выход БАВ по сравнению с традиционными методами. Масла благодаря их физико-химическим свойствам способны экстрагировать широкий спектр БАВ, что позволяет получить масляные экстракты, обладающие различными фармакологическими эффектами, такими как антимикробное, антиоксидантное, фотопротективное, противовоспалительное, регенеративное, антиульцерогенное, пробиотическое и вентонизирующее действие.

Ключевые слова: *масляная экстракция, растительные масла, экстрагент, интенсификация процесса масляной экстракции, ультразвуковая экстракция, микроволновая экстракция, экстракция сверхкритическими флюидами, ферментативная обработка, фармакологические свойства масляных экстрактов.*

ВВЕДЕНИЕ

Для экстракции БАВ из растительного сырья используют полярные растворители (вода, спирты), среднеполярные (ацетон, дихлорметан), неполярные (н-гексан, эфир, хлороформ). Растительные масла обладают низкой летучестью и не выделяют токсичные летучие органические соединения в процессе экстракции. Также они имеют высокие температуры воспламенения, что делает процесс более безопасным. Растительные масла не являются токсичными для человека и окружающей среды и обладают высокой экстрагирующей способностью, сравнимой с одним из самых популярных экстрагентов – гексаном. Кроме того, они получают из возобновляемых источников. Традиционный процесс масляной экстракции длителен по времени в связи с физико-химическими свойствами масел: их высокой вязко-

стью, низкой скоростью диффузионных процессов, плохой смачивающей способностью по отношению к ЛРС. В связи с этим, в настоящий момент разработано множество способов интенсификации процесса масляной экстракции, которые позволяют сократить время экстрагирования и увеличить выход действующих веществ [1, 2]. Рассмотрение этих методов позволит выявить существенные отличия по сравнению с традиционными способами экстракции и систематизировать научные знания, что может способствовать разработке новых более эффективных методик получения масляных экстрактов. Систематизация фармакологических эффектов масляных экстрактов из ЛРС может способствовать упрощению поиска сырьевых источников для получения масляного экстракта.

Целью работы является систематизация данных по свойствам жирных масел

как экстрагентов БАВ из ЛРС, интенсификации процесса масляной экстракции и фармакологическому действию масляных экстрактов из ЛРС.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы формировались на основе официальных литературных источников, опубликованных в базе данных PubMed, электронных библиотеках eLibrary.ru, Wiley Online Library и академическом издательстве MDPI. В процессе написания статьи были использованы следующие методы исследования: обзор, сравнение, анализ и обобщение полученных данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Растительные масла представляют собой неполярные липофильные системы, состав которых значительно варьируется в зависимости от их происхождения и методов получения. Обычно их получают из семян или плодов растений (например, рапса, подсолнечника, оливок и т. д.) простым прессованием и/или экстракцией растворителем [1]. Основными компонентами растительных масел (95–98%) являются триглицериды (ТГ), состоящие из трех молекул жирных кислот (ЖК) (R_1 , R_2 , R_3), этерифицированных одной молекулой глицерина (рисунок 1).

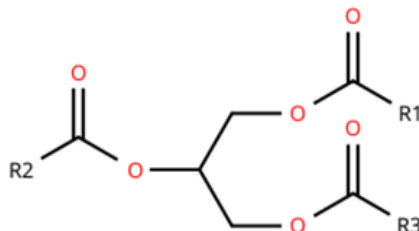


Рисунок 1. – Общая формула триглицеридов

Жирнокислотный состав ТГ в растительных маслах варьируется в зависимости от сортов, методов выращивания, агрономических и климатических условий. Насыщенные ЖК (НЖК) – одноосновные ЖК, у которых отсутствуют двойные или тройные связи между соседними атомами углерода. К НЖК относится, например, лауриновая кислота ($C_{12}:0$), числа в скобках означают, что в молекуле ЖК 12 атомов углерода и ноль двойных связей. Мононенасыщенные ЖК (МНЖК) имеют одну двойную связь. Полиненасыщенные ЖК (ПНЖК) имеют две и более двойных и/или тройных связей и называются омега-ЖК.

Омега-ЖК называются так из-за их химической структуры, а именно положения первой двойной связи в углеродной цепи. Стандартная химическая нумерация

любой ЖК начинается с карбоксильной группы, а в буквенном обозначении называется α («альфа»), противоположный метильный конец обозначается ω («омега»). «Омега» (ω) – последняя буква греческого алфавита, обозначающая конец молекулы, а цифра (3, 6, 7, 9, 11) указывает на количество атомов углерода от «омега» конца до первой ненасыщенной связи. В омега-3 ЖК первая двойная связь находится после третьего атома углерода, если считать с «омега»-конца. К омега-3 ЖК относится, например, линоленовая кислота ($18:3$), имеющая 18 атомов углерода и три двойные связи, после третьего, шестого и девятого атома углерода, если считать с «омега»-конца (рисунок 2).

В таблице 1 приведены названия и особенности строения основных ЖК, входящих в состав ТГ растительных масел.

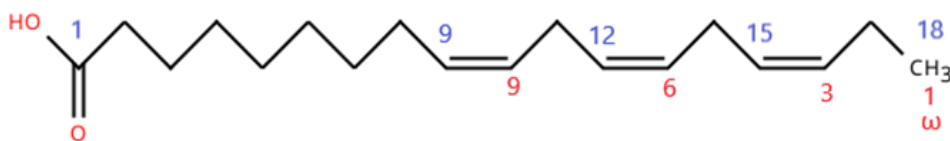
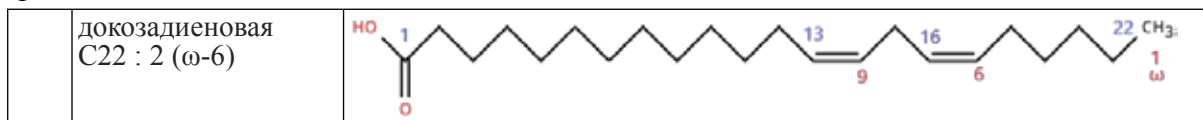


Рисунок 2. – Структурная формула линоленовой кислоты

Таблица 1. – Основные жирные кислоты, входящие в состав триглицеридов

	Название ЖК	Формула
НЖК	додекановая (лауриновая) C12:0	
	миристиновая C14:0	
	пальмитиновая C16:0	
	стеариновая C18:0	
	эйкозановая (арахиновая) C20:0	
	докозановая (бегеновая) C22:0	
	тетракозановая (лигноцериновая) C24:0	
МНЖК	пальмитолеиновая C16:1 (ω-7)	
	вакценовая C18:1 (ω-7)	
	олеиновая C18:1 (ω-9)	
	эйкозеновая (гондоиновая) C20:1 (ω-9)	
	цис-9-эйкозеновая (гадолеиновая) C20:1 (ω-11)	
	цис-15-тетракозеновая (нервоновая) C24:1 (ω-9)	
ПНЖК	линолевая C18:2 (ω-6)	
	линоленовая C18:3 (ω-3)	

Продолжение таблицы 1.



Помимо ТГ в растительных маслах присутствуют минорные компоненты (менее 5%), которые из-за их биологических свойств и питательной ценности интересны для фармацевтической и нутрицевтической промышленности. Их можно разделить на две группы: 1) глицеролипиды, такие как моно-, диглицериды, фосфолипиды и 2) неглицеролипиды, включая стеролы, токоферолы, токотриенолы, свободные ЖК, витамины, пигменты, белки, фенольные соединения, воду и т. д. [3, 4].

Моно- и диглицериды представляют собой моно- или диэферы глицерина с ЖК, которые хорошо известны своими эмульгирующими свойствами. Они являются разрешенными пищевыми добавками (Е471), которые могут быть получены путем частичного гидролиза ТГ при экстракции растительных масел. Они естественным образом присутствуют в нерафинированных маслах благодаря действию эндогенных липаз. Моно- и диглицериды являются амфифильными молекулами благодаря наличию свободных гидроксильных групп, которые придают им определенную гидрофильность с гидрофильно-липофильным балансом (ГЛБ) около 3,4–3,8 и 2–5 соответственно [5, 6].

Фосфолипиды считаются полярными липидами, присутствующими в клеточных мембранах растений, которые соэкстрагируются с нейтральными ТГ при отжиме или экстракции растворителями. Большая часть фосфолипидов удаляется в процес-

се рафинирования масла, чтобы избежать пенообразования или потемнения во время технологических операций по переработке масел.

Свободные ЖК образуются в результате гидролиза ТГ или фосфолипидов. Обычно они удаляются в процессе дезодорации и физической рафинизации из-за их влияния на пенообразование и точку дымления масел. В нерафинированных и рафинированных растительных маслах содержание свободных ЖК составляет менее 5% и 0,1% соответственно.

Токоферолы и токотриенолы – хорошо известные соединения витамина Е, которые играют важную роль в повышении окислительной стабильности растительных масел благодаря их сильному ингибирующему действию на окисление липидов. В природе токоферолы представлены в виде свободных спиртов, тогда как токотриенолы – в этерифицированной форме [7].

Содержание воды в коммерческих растительных маслах обычно контролируется на уровне менее 0,05%, однако оно может изменяться в течение периода хранения.

Жирнокислотный состав ТГ основных растительных масел, используемых в качестве экстрагентов, представлен в таблице 2.

Исходя из процентного содержания ЖК в составе ТГ в различных видах растительного масла можно отразить преобладание кислот по степени их насыщенности путем суммирования процентного содержания ЖК из каждой группы (рисунок 3).

Таблица 2. – Состав и среднее содержание жирных кислот в ТГ растительных масел [8–13]

Вид масла	По способности к высыханию	Жирнокислотный состав	Среднее содержание, %
Подсолнечное масло	полувысыхающее	линолевая кислота	62,59
		олеиновая кислота	24,61
		пальмитиновая кислота	6,73
		стеариновая кислота	3,55
		вакценовая кислота	1,05
		бегеновая, арахидиновая, лигноцеридовая, гондоиновая, линоленовая, миристиновая кислоты	1,47

Продолжение таблицы 2.

Оливковое масло	невысыхающее	олеиновая кислота	76,09
		пальмитиновая кислота	11,95
		линолевая кислота	7,13
		стеариновая кислота	3,15
		линоленовая, арахидовая, нервоновая, бегеновая, докозадиеновая кислоты	1,68
Кукурузное масло	полувывсыхающее	линолевая кислота	53,61
		олеиновая кислота	29,00
		пальмитиновая кислота	13,09
		стеариновая кислота	2,35
		линоленовая, арахидовая, гондоиновая, лигноцеридовая, бегеновая кислоты	1,95
Персиковое масло	невысыхающее	олеиновая кислота	67,73
		пальмитиновая кислота	10,88
		линолевая кислота	19,56
		стеариновая, линоленовая, пальмитолеиновая, мирисидовая кислоты	1,83
Миндальное масло	невысыхающее	линолевая кислота	47,36
		олеиновая кислота	28,32
		стеариновая кислота	15,41
		пальмитиновая кислота	6,78
		линоленовая, пальмитолеиновая кислоты	2,13
Соевое масло	полувывсыхающее	линолевая кислота	48,01
		олеиновая кислота	27,48
		пальмитиновая кислота	11,80
		линоленовая кислота	6,03
		стеариновая кислота	5,00
		бегеновая, арахидовая, лигноцеридовая, гондоиновая кислоты	1,68
Льняное масло	высыхающее	линоленовая кислота	55,53
		линолевая кислота	17,15
		олеиновая кислота	15,02
		стеариновая кислота	6,01
		пальмитиновая кислота	5,01
		вакценовая, арахидовая, докозадиеновая, бегеновая кислоты	1,28
Пальмовое масло	невысыхающее	пальмитиновая кислота	46,30
		олеиновая кислота	37,20
		линолевая кислота	9,30
		стеариновая кислота	3,90
		мирисидовая кислота	3,00
		пальмитолеиновая кислота	0,30
Кунжутное масло	полувывсыхающее	линолевая кислота	42,50
		олеиновая кислота	42,20
		пальмитиновая кислота	7,20
		стеариновая кислота	5,15
		арахидовая кислота	0,75
		бегеновая кислота	0,60
		пальмитолеиновая, лауриновая, линоленовая, мирисидовая, гадолеиновая кислоты	1,60



Рисунок 3. – Процентное содержание групп жирных кислот с разной степенью насыщенности в составе ТГ растительных масел

Присутствие ПНЖК обуславливает более быстрое появление токсичных метаболитов даже при меньшей температуре по сравнению с маслами с низким содержанием ПНЖК. Более 50% ПНЖК наблюдается в ТГ подсолнечного, кукурузного, миндального, соевого и льняного масел, поэтому для экстрагирования лучше ис-

пользовать оливковое, персиковое, пальмовое или кунжутное масла, так как теоретически образуется меньше токсичных метаболитов. Физико-химические свойства масел представлены в таблице 3.

Температуры воспламенения и кипения масел имеют особое значение в процессе экстрагирования, чем они выше,

Таблица 3. – Физико-химические свойства растительных масел [13–18]

Вид масла	$T_{\text{воспл}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	$\eta, \text{мПа}\cdot\text{с}$ при 20°C	$\nu, \text{мм}^2/\text{с}$ при 20°C	ρ при 20°C	ПЧ, ммоль/кг	КЧ, мг КОН/г	ЙЧ, г $\text{I}_2/\text{100 г}$	n	Содержание влаги и летучих веществ, %
Подсолнечное масло	>315	>315	~63,7	~69,5	0,924	0,5–1,5	$0,26 \pm 0,01$	119–144	1,474–1,478	$0,051 \pm 0,002$
Оливковое масло	>225	>225	71,3–89,9	80,0–84,0	0,935	0,3–0,8	~0,44	65–85	~1,4617	$0,058 \pm 0,030$
Кукурузное масло	>200	>200	~66,4	~72,5	0,924	0,4–1,2	$0,30 \pm 0,02$	117–143	~1,4775	$0,047 \pm 0,002$
Персиковое масло	>250	>250	65,0–75,0	71,0–82,0	0,920	0,9–1,5	~0,73	92–110	~1,4645	<0,05
Миндальное масло	>300	>316	65,0–80,0	71,0–88,0	0,917	1,1–1,8	$1,25 \pm 0,75$	92–102	~1,4672	<0,1
Соевое масло	>113	>113	50,0–65,0	55,0–71,0	0,928	0,6–1,4	$0,18 \pm 0,01$	124–133	~1,4628	<0,04
Льняное масло	>206	>315	45,0–55,0	48,5–59,5	0,935	1,8–3,5	~1,65	174–183	~1,4756	<0,03
Пальмовое масло	>300	>350	35,0–45,0*	39,0–50,0*	0,930	0,2–0,8	~0,60	12–16	~1,4516	<0,1
Кунжутное масло	>255	>255	65,0–72,0	70,0–78,5	0,922	0,5–1,2	$0,68 \pm 0,08$	105–120	1,4655–1,4662	$0,055 \pm 0,015$

Примечание: $T_{\text{воспл}}$ – температура воспламенения, $T_{\text{кип}}$ – температура кипения, η – динамическая вязкость, ν – кинематическая вязкость, ρ – плотность, ПЧ – перекисное число, ЙЧ – йодное число, n – показатель преломления, * – вязкость при 40°C , так как при 20°C масло находится в полутвердом состоянии.

тем более контролируемым и безопасным будет процесс. Таким образом, наименее предпочтительно использовать соевое масло, так как его температуры воспламенения и кипения незначительно выше, чем у воды, поэтому процесс экстракции с его использованием должен осуществляться с особой осторожностью. Рационально использовать масла с более высокими значениями температуры воспламенения (более 200 °С), так как в процессе экстракции не произойдет самопроизвольного возгорания масла, порчи оборудования и риск образования токсичных метаболитов будет минимален. К таким маслам относятся подсолнечное, оливковое, кукурузное, персиковое, миндальное, льняное, пальмовое и кунжутное. Наибольшими температурами воспламенения и кипения, а соответственно и безопасностью, обладают подсолнечное, миндальное и пальмовое масла.

Одним из наиболее важных параметров масел как экстрагентов является вязкость. Она оказывает влияние на диффузионные процессы, смачиваемость сырья экстрагентом, скорость процесса экстракции, трудоемкость очищения оборудования. Исходя из данных таблицы 3, можно сделать вывод, что наименее предпочтительным экстрагентом является пальмовое масло, так как при нормальной температуре оно находится в твердом состоянии, для перевода его в жидкое состояния требуется дополнительная энергия. Наименьшие значения динамической и кинематической вязкости имеет льняное масло, в связи с чем требуется меньше энергии на его перемешивание и меньше времени на его самопроизвольное дренирование из емкостей экстракционных аппаратов. Кукурузное, соевое, льняное, оливковое и подсолнечное масла обладают оптимальными значениями вязкости.

Плотности всех представленных масел незначительно отличаются друг от друга, в связи с чем этот параметр не рассматривается при сравнении масел как экстрагентов.

Растительные масла широко используются в косметической, пищевой и фармацевтической промышленности для извлечения БАВ из различного сырья. Извлечение возможно с помощью классических методов экстракции, таких как мацерация (настаивание), перколяция (непрерывное

прохождение свежего экстрагента через слой растительного сырья), реперколяция (повторная перколяция), анфлераж. Интенсификация процесса экстрагирования является важным направлением развития технологии. Различные методы интенсификации позволяют ускорить и улучшить процесс экстрагирования, повысить выход целевых компонентов и уменьшить затраты на производство. Одним из методов интенсификации традиционных способов экстракции является наложение пульсаций. Этот метод основан на создании пульсаций в системе экстрагирования, что приводит к ускорению перемешивания и повышению массообмена между фазами. Другим методом является механическое перемешивание, которое также способствует ускорению массообмена и повышению выхода целевых компонентов. Кипение под вакуумом позволяет уменьшить температуру экстрагирования и повысить выход целевых компонентов. Изменение температуры позволяет ускорить процесс экстрагирования и увеличить выход БАВ. Максимальный выход БАВ отмечается при температуре 30–60 °С. Переменное давление и электроразряды также могут быть использованы для интенсификации процесса экстрагирования [19]. Таким образом, оптимальными условиями для процесса экстракции, позволяющими повысить выход действующих веществ, являются: нагревание (оно снижает вязкость масла, что ускоряет диффузию и увеличивает растворимость активных соединений); степень измельчения имеет особое значение и варьирует в зависимости от вида сырья: семена, плоды до 0,3–0,5 мм, листья, трава, цветы до 3–5 мм, кора, корни, стебли до 1–3 мм (так как излишне тонкое измельчение сырья способствует его склеиванию и ослизнению, а из крупно измельченного сырья наблюдается меньший выход БАВ); увеличение гидромодуля (соотношения фаз «масло : сырье») (позволяет избежать быстрого насыщения экстрагента и извлечь больше целевых компонентов, однако сильное увеличение соотношения ведет к снижению концентрации БАВ в конечном продукте, а уменьшение – к получению неполноценного целевого продукта за счет неполного извлечения экстрактивных веществ из растительного сырья, поэтому данный параметр регулируется экспериментальным способом. В таблице 4 приве-

дена характеристика методов интенсификации процесса экстракции.

Таким образом, использование современных методов интенсификации процесса экстракции позволяет значитель-

но ускорить процесс экстрагирования и увеличить выход действующих веществ, однако условия должны подбираться экспериментально для каждого вида сырья и экстрагента.

Таблица 4. – Методы интенсификации процесса экстракции

Вид ЛР	Последствия воздействия	Ссылка
Ультразвуковая экстракция использует высокочастотные ультразвуковые волны для усиления массопереноса и разрушения клеточных структур за счет эффекта кавитации, что приводит к повышению эффективности экстракции. Преимущества: ускорение экстракции, отсутствие необходимости нагревания, сохранение термолабильных соединений, увеличение выхода БАВ, микробиологическая чистота, так как ультразвук инактивирует микроорганизмы.		
Ocimum basilicum (Базилик обыкновенный)	Ультразвуковая ароматизация 1 л оливкового масла с добавлением различного количества свежих листьев базилика позволила получить ароматизированное оливковое масло за несколько минут, в отличие от нескольких часов, необходимых при традиционной мацерации.	[20]
Hipporhaphae rhamnoides (Облепиха крушиновидная)	Ультразвуковая экстракция (мощность 0,67 Вт/г и температура 35 °С) позволила значительно улучшить прямое обогащение пищевых масел (подсолнечного, рапсового, оливкового и соевого) каротиноидами как по количеству, так и по времени процесса (с 33,83 мг/л экстракта за 90 мин, полученного традиционным способом, до 51,64 мг/л экстракта за 20 мин).	[21]
Daucus carota (Морковь обыкновенная)	Ультразвуковая экстракция (соотношение морковь/масло 2 : 10, 22,5 Вт, 40 °С и 20 мин) с использованием в качестве экстрагента подсолнечного масла позволила получить максимальный выход β-каротина 334,75 мг/л за 20 мин, в то время как экстракция с использованием гексана дала выход 321,35 мг/л за 60 мин.	[22]
Микроволновая экстракция позволяет быстро нагревать экстрагент и образец, что приводит к высокому выходу БАВ. Преимущества: снижение потребности в больших количествах растворителей, что делает метод более экологичным и снижает общую стоимость процесса, избирательность выгодна для извлечения целевых БАВ при минимизации извлечения нежелательных соединений.		
Olea europaea (Олива европейская)	Жидкостно-жидкостное обогащение с использованием микроволнового фенольного экстракта (1 : 1, 15 мин, 600 единиц/мин). Оливковое масло оказалось более обогащенным.	[23]
Экстракция сверхкритическими флюидами – метод, в процессе которого для извлечения БАВ используются сверхкритические флюиды, такие как диоксид углерода (CO ₂). В таком случае масло будет являться соэкстрагентом. Преимущества: в готовом продукте нет остаточных растворителей, что делает его пригодным для пищевой и фармацевтической отраслей, проводится при относительно низких температурах, что снижает риск термической деградации термолабильных соединений. Процесс менее длителен по времени, что приводит к повышению производительности и эффективности, полученные продукты часто обладают высокой степенью чистоты, поскольку сверхкритический CO ₂ избирательно извлекает целевые соединения, не извлекая примеси.		
Naematococcus pluvialis (Гематоккоккус дождевой)	Результаты экстракции астаксантина из микроводорослей методом сверхкритической экстракции CO ₂ в присутствии 10% по объему оливкового масла показали наибольшее увеличение количества извлеченного астаксантина.	[24]
Tagetes erecta (Бархатцы прямостоячие)	Сверхкритическая экстракция CO ₂ с использованием соевого масла в качестве соразтворителя позволила достичь максимального выхода 1,04 г лютеина/100 г бархатцев.	[25]
Tagetes erecta (Бархатцы прямостоячие)	Максимальный выход эфиров лютеина составил 1,3 г/100 г при использовании сверхкритического CO ₂ и среднепочечных ТГ в качестве соразтворителя.	[26]
Ферментативная обработка. Предварительное разрушение гидролитическими ферментами клеточной стенки способствует диффузии растворителя в растительный материал, что облегчает элюирование БАВ. Используются ферменты, разрушающие пектин, целлюлозу, лигнин, гемицеллюлозу и др. [27–30].		

Продолжение таблицы 4.

Stocus sativus (Шафран посевной)	При использовании ферментативного гидролиза в эксперименте с лепестками выход полифенолов и антоцианов увеличился на 45% и 38% по сравнению с контрольным образцом.	[1]
Rosmarinus officinalis (Розмарин лекарственный)	Эффективность экстракции фенольных соединений из листьев при использовании ферментативной экстракции возрастает более чем на 30%.	[31]
Coriandrum sativum (Кориандр посевной)	Наблюдается увеличение выхода эфирного масла (на 33,3–44,2%) из семян при использовании целлюлазы .	[32]

Масла, в связи с их физико-химическими свойствами, хорошо экстрагируют не только неполярные вещества, но и, согласно прорыву «полярного парадокса», полярные или гидрофильные антиоксиданты с высокими значениями ГЛБ, так как они более эффективно растворяются в неполярных средах, таких как растительные масла, тогда как неполярные или ли-

пофильные антиоксиданты с низкими значениями ГЛБ, как правило, лучше растворяются в более полярных средах, таких как эмульсии масло-вода [1, 33]. Таким образом масляные экстракты могут быть обогащены широким спектром экстрактивных веществ, за счет которых наблюдаются различные фармакологические эффекты (ФЭ) (таблица 5).

Таблица 5. – Фармакологические свойства масляных экстрактов

ФЭ	БАВ	Экстрагент, метод экстракции	Вид растения	Фармакологические свойства масляного экстракта	Ссылка
Антимикробное действие	Полифенолы	Растительные масла	Eucalyptus globulus (Эвкалипт шаровидный)	Антимикробное действие в отношении <i>Escherichia coli</i> и <i>Staphylococcus aureus</i>	[1]
			Artemisia annua (Польнь однолетняя)	Антимикробное действие в отношении <i>Streptococcus pneumoniae</i> , <i>Micrococcus luteus</i> , <i>Haemophilus influenzae</i> , <i>Candida krusei</i>	
			Curcuma aeruginosa (Куркума синезеленая), Curcuma mangga (Куркума манговая), Zingiber cassumunar (Имбирь кассумунар)	Антимикробное действие в отношении <i>Bacillus cereus</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ; <i>Candida albicans</i> и <i>Cryptococcus neoformans</i>	
Антиоксидантное действие	Полифенолы	Подсолнечное масло, ультразвуковая экстракция	Rosmarinus officinalis (Розмарин лекарственный), Thymus vulgaris (Тимьян обыкновенный), Origanum vulgare (Душица обыкновенная)	Полифенолы в экстракте ингибируют перекисное окисление липидов, нейтрализуя радикалы, за счет чего качество масляного экстракта сохраняется дольше	[34]
Фотопротективное действие	Флавоноиды	Растительные масла	Astragalus gombiformis (Астрагал гомбиформный)	Экстракт имеет значение SPF 38	[35]
			Sloanea calva (Слоунья голая)	Экстракт имеет значение SPF 35,4	
			Hyllocereus polyrhizus (Питайя красная)	Экстракт имеет значение SPF 35,02	
			Rosa centifolia (Роза столепестная)	Экстракт имеет значение SPF 32	

Продолжение таблицы 5.

Противовоспалительное действие	Полифенолы	Подсолнечное масло, ультразвуковая экстракция	<i>Olea europaea</i> (Олива европейская)	Антиоксиданты защищают клетки от повреждения, вызванного свободными радикалами. Снижение воспаления	[34]
	Антрахиноны, флавоноиды	Растительные масла, мацерация с нагреванием	<i>Hypericum sp.</i> (Зверобой)	Лечение ревматизма	[36]
Регенеративное действие	Тритерпены, алкалоиды, флавоноиды	Растительные масла	<i>Achillea millefolium</i> (Тысячелистник обыкновенный), <i>Althaea officinalis</i> (Алтей лекарственный), <i>Calendula officinalis</i> (Календула лекарственная), <i>Curcuma longa</i> (Куркума длинная), <i>Eucalyptus globulus</i> (Эвкалипт шаровидный), <i>Pinus Sylvestris</i> (Сосна обыкновенная)	Усиление регенерации кожи и ускорение процесса заживления ран	[35]
	Антрахиноны, флавоноиды, эфирные масла	Растительные масла, мацерация с нагреванием	<i>Hypericum sp.</i> (Зверобой)	Лечение трофических язв	[36, 37]
Антиульцерогенное действие	—	Растительные масла	<i>Coriandrum sativum</i> (Кориандр посевной), <i>Mentha piperita</i> (Мята перечная)	Экстракты проявляют противоязвенный эффект и гастропротекторные свойства, защищая желудок от агрессивных факторов	[38]
Пробиотическое действие	<i>Lactobacillus pentosus</i>	Подсолнечное, оливковое, льняное и др.	<i>Olea europaea</i> (Олива европейская)	Экстракты проявляют пробиотический эффект	[39]
Венотонизирующее действие	—	• Растительные масла	• <i>Triticum germinis</i> (Зародыши пшеницы), <i>Matricaria chamomilla</i> (Ромашка аптечная), • <i>Rosa canina</i> (Шиповник собачий), • <i>Urtica dioica</i> (Крапива двудомная), <i>Aesculus hippocastanum</i> (Каштан конский), • <i>Bidens tripartita</i> (Черёда трехраздельная), • <i>Arctium lappa</i> (Лопух большой)	Масляные экстракты улучшают микроциркуляцию	[40]

Из аптек Республики Беларусь реализуется большое количество товаров, в том числе лекарственных препаратов, биологически активных добавок, парфюмерно-косметической продукции, содержащих в своем составе растительные масла или масляные экстракты в качестве действующих веществ. Некоторые из этих товаров представлены в таблице 6.

Таким образом, масляные экстракты являются востребованными для производства

лекарственных средств, медицинских изделий, биологически активных добавок пище и парфюмерно-косметической продукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Растительные масла обладают богатым составом, который имеет особое значение для процесса экстракции. Следует выбирать масла, которые будут меньше подвергаться изменениям при термиче-

Таблица 6. – Ассортимент аптечных товаров, в составе которых присутствуют растительные масла и (или) масляные экстракты [41]

Название	Форма выпуска	Производитель	Состав	Применение
Лекарственные препараты				
Масло облепихи	суппозитории ректальные 500 мг	Нижфарм, Российская Федерация	масло облепихи 500 мг, масло подсолнечное, бутилгидроксианизол, бутилгидрокситолуол, глицерина моностеарат, жир твердый	Для заживления слизистой прямой кишки
Хлорофилл-липт-Ферейн	Раствор для местного применения масляный 20 мг/мл 20 мл	Ферейн, Республика Беларусь	ДВ: хлорофиллипта экстракт густой (эвкалипта листьев экстракт (DER: 10-14:1), экстрагент – 95% этиловый спирт); ВВ: подсолнечное масло	Комплексная терапия небольших поверхностных ран
Медицинские изделия				
Фитоспрей	Спрей	ООО «Рубикон», Республика Беларусь	масло облепихи, масло календулы, масло бергамота, бета-каротин суспензия 30%, подсолнечное масло	Поддерживает слизистую оболочку полости рта и горла влажной и упругой, уменьшает ощущение дискомфорта и боль в горле, облегчает процесс глотания.
Биологически активные добавки к пище				
Петрозели-капс НЕО	Капсулы № 20	Минск-интеркапс, Республика Беларусь	Масляный экстракт семян петрушки	Устранение неприятного запаха
Масло облепихи	Масло для приема внутрь 100 мл	Биолит, Российская Федерация	ДВ: каротиноиды в пересчете на бета-каротин в 100 мл – 35 мг	Дополнительный источник каротиноидов
Парфюмерно-косметическая продукция				
Карталин	Крем 100 мл	Астрофарма, Российская Федерация	Солидол, лизоцим, мед пчелиный, череда трехраздельная, ромашка аптечная, витамин А, масло лавандовое, и эвкалиптовое, салициловая кислота	В комплексном уходе при хронических дерматозах с выраженной сухостью кожи: псориаз, экзема, нейродермит, атопический и аллергический дерматиты

Продолжение таблицы 6.

Карталин-А +	Крем 100 мл	Астрофарма Российская Федерация	Солидол, масло облепиховое, мед пчелиный, салициловая кислота, лизоцим, череда трехраздельная, ромашка аптечная, масло шиповника, витамин Е, изопропилметилфенол, витамин А, масло лавандовое, масло эвкалиптовое	В комплексном уходе при хронических дерматозах с выраженной сухостью кожи: псориаз, экзема, нейродермит, атопический дерматит, аллергический дерматит, красный плоский лишай
Масло Дивеево шиповника	Масло для наружного применения 100 мл	Дивеево, Российская Федерация	Масло шиповника нерафинированное – не менее 60%, масло подсолнечное рафинированное дезодорированное	Наружно при неглубоких трещинах и ссадинах сосков у кормящих матерей, пролежнях, трофических язвах голеней, дерматозах. Внутрь при дерматозах. При лечении неспецифического язвенного колита применяют в клизмах

ской обработке и обладать наименьшим риском образования токсичных метаболитов в ходе экстракции. Такими характеристиками обладают масла с низким содержанием ПНЖК. Помимо состава на процесс экстракции влияют физико-химические и реологические характеристики масел, особое значение имеют вязкость и температура воспламенения, так как высокая вязкость и низкая температура воспламенения усложняют процесс, требуют высоких затрат и осторожности. При анализе всех характеристик основных видов масла был сделан вывод, что наиболее рациональным будет использование кукурузного, оливкового и подсолнечного масел.

Процесс традиционной масляной экстракции длителен по времени, но существует множество способов его интенсификации. Ультразвуковая экстракция имеет преимущества по сравнению с традиционными методами за счет отсутствия необходимости нагревания в процессе экстрагирования, а также микробиологической стабильности готовой продукции, так как ультразвук инактивирует микроорганизмы. Микроволновая экстракция и экстракция сверхкритическими флюидами

характеризуются высокой избирательностью экстрагирования, за счет чего такие экстракты не подлежат трудоемкой очистке. Предварительная ферментативная обработка растительного сырья в данный момент рассматривается как дополнение к перечисленным методам и позволяет еще больше увеличить выход БАВ и ускорить процесс экстрагирования.

Масла благодаря их физико-химическим свойствам способны экстрагировать широкий спектр БАВ, что позволяет получить масляные экстракты, обладающие различными фармакологическими эффектами, такими как антимикробное, антиоксидантное, фотопротективное, противовоспалительное, регенеративное, антиульцерогенное, пробиотическое, вентонизирующее действие. В связи с этим масляные экстракты могут использоваться как самостоятельные лекарственные формы, а также входить в состав сложных лекарственных препаратов, таких как суппозитории, мази, кремы, мягкие желатиновые капсулы, растворы для приема внутрь, капли, спреи и др. Масляные экстракты могут входить в состав лекарственных препаратов, медицинских изделий, БАД и парфюмерно-косметической продукции.

SUMMARY

N. S. Golyak, Y. O. Rakova
 VEGETABLE OILS AS EXTRACTANTS,
 METHODS OF OIL
 EXTRACTION INTENSIFICATION,
 PHARMACOLOGICAL PROPERTIES
 OF OIL EXTRACTS

This article presents and analyzes the main physicochemical characteristics of oils as extractants for biologically active substances from medicinal plant raw material and their fatty acid composition. The process of traditional oil extraction using maceration, percolation, repercolation, and enfleurage is a relatively slow process. This article discusses the main methods for intensifying the extraction process: ultrasound extraction, microwave extraction, supercritical fluid extraction and extraction with enzymatic pretreatment of medicinal plant raw material. Experimental use of these methods allows to accelerate the extraction process and increase the yields of biologically active substances compared to traditional methods. Due to their physicochemical properties oils are capable of extracting a wide range of biologically active substances allowing for the production of oil extracts with various pharmacological effects such as antimicrobial, antioxidant, photoprotective, anti-inflammatory, regenerative, anti-ulcerogenic, probiotic, and venotonic effect.

Keywords: Oil extraction, vegetable oils, extractant, oil extraction process intensification, ultrasound extraction, microwave extraction, supercritical fluid extraction, enzymatic processing, pharmacological properties of oil extracts.

ЛИТЕРАТУРА

1. Vegetable Oils as Alternative Solvents for Green Oleo-Extraction, Purification and Formulation of Food and Natural Products / E. Yara-Varón, Y. Li, M. Balcells [et al.] // *Molecules* (Basel, Switzerland). – 2017. – Vol. 22, N 9. – P. 1474. – DOI: 10.3390/molecules22091474.

2. Opportunities for bio-based solvents created as petrochemical and fuel products transition towards renewable resources / J. H. Clark, T. J. Farmer, A. J. Hunt, J. Sherwood // *International journal of molecular sciences*. – 2015. – Vol. 16, N 8. – P. 17101–17159. – DOI: 10.3390/ijms160817101.

3. Characterisation of minor components in vegetable oil by comprehensive gas chromatography with dual detection / G. Purcaro, L. Barp,

M. Beccaria, L. S. Conte // *Food chemistry*. – 2016. – Vol. 212. – P. 730–738. – DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.06.048.

4. Kamal-Eldin, A. Minor components of fats and oils / A. Kamal-Eldin // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / ed. F. Shahidi. – Hoboken : John Wiley & Sons, 2005. – P. 319–359.

5. *Vegetable Oils in food Technology: Composition, Properties and Uses* / ed. F. D. Gunstone. – Chichester : Wiley-Blackwell, 2011. – 337 p.

6. McClements, D. J. Nanoparticle- and Microparticle-Based Delivery Systems: Encapsulation, Protection and Release of Active Compounds / D. J. McClements. – Boca Raton : CRC Press, 2014. – 572 p.

7. Combs, G. F. Jr. *The Vitamins* / G. F. Jr. Combs. – Burlington : Elsevier Academic Press, 2012. – Chapter 7, Vitamin E. – P. 181–211.

8. Горькова, А. А. Оценка качества растительных масел хроматографическим методом / А. А. Горькова // *Материалы университетской студенческой научно-практической конференции Калужского государственного университета имени К. Э. Циолковского*. – Калуга : КГУ им. К. Э. Циолковского, 2021. – С. 167–172.

9. Радзиевская, И. Г. Специфика технологии оливкового масла и идентификация его качества / И. Г. Радзиевская, О. П. Мельник, Н. В. Будник // *Вестник Алматинского технологического университета*. – 2015. – № 1. – С. 64–70.

10. Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential / V. Dubois, S. Breton, M. Linder [et al.] // *European journal of lipid science and technology*. – 2017. – Vol. 109, N 7. – P. 710–732. – DOI: 10.1002/ejlt.200700040.

11. Fatty Acids Composition of Vegetable Oils and Its Contribution to Dietary Energy Intake and Dependence of Cardiovascular Mortality on Dietary Intake of Fatty Acids / J. Orsavova, L. Misurcova, J. V. Ambrozova [et al.] // *International journal of molecular sciences*. – 2015. – Vol. 16, N 6. – P. 12871–12890. – DOI: 10.3390/ijms160612871.

12. Tailoring oil blends for specific purposes: A study on nutritional and antioxidant properties of soybean oil mixed with corn, sunflower, and flaxseed oils / K. Chang, P. Gao, S. Wang [et al.] // *LWT*. – 2024. – Vol. 206. – DOI: 10.1016/j.lwt.2024.116628.

13. Effects of Seed Roasting Temperature on Sesame Oil Fatty Acid Composition, Lignan, Sterol and Tocopherol Contents, Oxidative Stability and Antioxidant Potential for Food Applications / R. Arab, S. Casal, T. Pinho [et al.] // *Molecules* (Basel, Switzerland). – 2022. – Vol. 27, N 14. – P. 1408. – DOI: 10.3390/molecules27144508.

14. Оптические свойства липидов животного и растительного происхождения /

- Л. В. Плотникова, А. П. Нечипоренко, У. Ю. Нечипоренко, М. И. Мельникова // Актуальные вопросы биологической физики и химии. – 2018. – Т. 3, № 1. – С. 110–114.
15. Качество и биологически активные вещества рафинированных растительных масел / Н. Л. Наумова, Ю. А. Бец, Е. Г. Ковалева, С. А. С. Абушанаб // Ползуновский вестник. – 2022. – Т. 1, № 4. – С. 160–166. – DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.021.
16. Пилипенко, Т. В. Изучение качественных характеристик растительных масел различными методами / Т. В. Пилипенко, В. В. Астафьева, Н. Ю. Степанова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 39. – С. 90–97.
17. Норммахматов, Р. Жирнокислотный состав и физико-химические показатели масел из ядер косточковых плодов / Р. Норммахматов // Пищевая промышленность. – 2021. – № 3. – С. 40–42. – DOI: 10.24412/0235-2486-2021-3-0027.
18. Растительные масла – функциональные продукты питания / И. В. Долголюк, Л. В. Терещук, М. А. Трубникова, К. В. Старовойтова // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – № 2. – С. 122–125.
19. Методы интенсификации процессов экстрагирования биологически активных веществ из растительного сырья / Д. Н. Сёмушкин, Б. Г. Зиганшин, Н. И. Сёмушкин [и др.] // Вестник Курганской ГСХА. – 2023. – № 1. – С. 78–88.
20. Veillet, S. Ultrasound assisted maceration: An original procedure for direct aromatization of olive oil with basil / S. Veillet, V. Tomao, F. Chemat // Food chemistry. – 2010. – Vol. 123, N 3. – P. 905–911. – DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.05.005.
21. Enrichment of edible oil with sea buckthorn by-products using ultrasound-assisted extraction / F. Chemat, S. Périno-Issartier, L. Loucif [et al.] // European journal of lipid science and technology. – 2012. – Vol. 114, N 4. – P. 453–460. – DOI: 10.1002/ejlt.201100349.
22. Green ultrasound-assisted extraction of carotenoids based on the bio-refinery concept using sunflower oil as an alternative solvent / Y. Li, A. S. Fabiano-Tixier, V. Tomao [et al.] // Ultrasonics sonochemistry. – 2013. – Vol. 20, N 1. – P. 12–18. – DOI: 10.1016/j.ultsonch.2012.07.005.
23. Girón, M. V. Dependence of fatty-acid composition of edible oils on their enrichment in olive phenols / M. V. Girón, J. Ruiz-Jiménez, M. D. Luque de Castro // Journal of agricultural and food chemistry. – 2009. – Vol. 57, N 7. – P. 2797–2802. – DOI: 10.1021/jf803455f.
24. Supercritical carbon dioxide extraction of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis* with vegetable oils as co-solvent / S. Krichnavaruk, A. Shotipruk, M. Goto, P. Pavasant // Bioresource technology. – 2008. – Vol. 99, N 13. – P. 5556–5560. – DOI: 10.1016/j.biortech.2007.10.049.
25. Optimisation of supercritical carbon dioxide extraction of lutein esters from marigold (*Tagetes erecta* L.) with soybean oil as a co-solvent / Q. Ma, X. Xu, Y. Gao [et al.] // International journal of food science and technology. – 2008. – Vol. 43, N 10. – P. 1763–1769. – DOI: 10.1111/j.1365-2621.2007.01694.x.
26. Optimization of supercritical carbon dioxide extraction of lutein esters from marigold (*Tagetes erecta* L.) with vegetable oils as continuous co-solvents / Y. Gao, X. Liu, H. G. Xu [et al.] // Separation and purification technology. – 2010. – Vol. 71, N 2. – P. 214–219. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2009.11.024>.
27. Łubek-Nguyen, A. Application of Enzyme-Assisted Extraction for the Recovery of Natural Bioactive Compounds for Nutraceutical and Pharmaceutical Applications / A. Łubek-Nguyen, W. Ziemichód, M. Olech // Applied sciences. – 2022. – Vol. 12, N 7. – P. 3232. – DOI: 10.3390/app12073232.
28. Optimization of Enzymatic Assisted Extraction of Bioactive Compounds from *Olea europaea* Leaves / A. Vardakas, A. Kechagias, N. Penov, A. E. Giannakas // Biomass. – 2024. – Vol. 4, N 3. – P. 647–657. – DOI: 10.3390/biomass4030035.
29. Phytochemical and Functional Diversity of Enzyme-Assisted Extracts from *Hippophae rhamnoides* L., *Aralia cordata* Thunb., and *Cannabis sativa* L. / V. Januskevici, A. M. Gomes, S. Sousa [et al.] // Antioxidants (Basel, Switzerland). – 2024. – Vol. 13, N 8. – P. 950. – DOI: 10.3390/antiox13080950.
30. Enzymatic Pretreatment of Plant Cells for Oil Extraction / H. Vovk, K. Karnpakdee, R. Ludwig, T. Nosenko // Food technology and biotechnology. – 2023. – Vol. 61, N 2. – P. 160–178. – DOI: 10.17113/ftb.61.02.23.7896.
31. Effects of functional olive oil enriched with its own phenolic compounds on endothelial function in hypertensive patients. A randomised controlled trial / R. M. Valls, M. Farràs, M. Suárez [et al.] // Food chemistry. – 2015. – Vol. 167. – P. 30–35. – DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.06.107.
32. Chen, B. Minor components in food oils: A critical review of their roles on lipid oxidation chemistry in bulk oils and emulsions / B. Chen, D. J. McClements, E. A. Decker // Critical reviews in food science and nutrition. – 2011. – Vol. 51, N 10. – P. 901–916. – DOI: 10.1080/10408398.2011.606379.
33. Ngassapa, F. N. Effects of temperature on the physicochemical properties of traditionally processed vegetable oils and their blends / F. N. Ngassapa, S. S. Nyandoro, T. R. Mwisaka // Tanzania journal of science. – 2012. – Vol. 38, N 3. – P. 166–176.

34. Yenduri, S. Recent Advances in Extraction of Polyphenols by Advanced Extraction Methods / S. Yenduri, K. G. Venkatesh, K. Naga Prashant // *Phytochemical analysis*. – 2025. – Vol. 36, N 7. – P. 1875–1892. – DOI: 10.1002/pca.70012.

35. Michalak, M. Plant Extracts as Skin Care and Therapeutic Agents / M. Michalak // *International journal of molecular sciences*. – 2023. – Vol. 24, N 20. – P. 15444. – DOI: 10.3390/ijms242015444.

36. Муравьев, И. А. Технология лекарств : учеб. пособие : в 2 т. / И. А. Муравьев. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Медицина, 1980. – Т. 1. – 390 с.

37. Essential oil of *Angelica sinensis*: A review of its extraction processes, phytochemistry, pharmacological effects, potential drug delivery systems, and applications / X. Ge, J. Zou, Y. Shi [et al.] // *Arabian journal of chemistry*. – 2025. – Vol. 18. – P. 1–27. – DOI: 10.25259/AJC_280_2024.

38. Nandikatti, V. Pharmacological activities of essential oils from some flowers, plants and aromatic seeds / V. Nandikatti, K. P. Nagasree, M. M. K. Kumar // *Journal of pharmaceutical and biological sciences*. – 2023. – Vol. 11, N 2. – P. 72–81. – DOI: 10.18231/j.jpbs.2023.013.

39. García, E. A. New insights into the molecular effects and probiotic properties of *Lactobacillus pentosus* pre-adapted to edible oils / E. A. García, B. P. Montoro, N. Benomar [et al.] // *LWT*. – 2019. – Vol. 109. – P. 153–162. – DOI: 10.1016/j.lwt.2019.04.028.

40. Евсева, С. Б. Экстракты растительного сырья как компоненты косметических и наружных лекарственных средств: ассортимент продукции, особенности получения (обзор) / С. Б. Евсева, Б. Б. Сысуев // *Фармация и фармакология*. – 2016. – Т. 4, № 3. – С. 4–37. – DOI: 10.19163/2307-9266-2016-4-3-4-37.

41. Tabletko.by. – URL: <https://tabletko.by> (дата обращения: 19.12.2025).

REFERENCES

1. Yara-Varón E, Li Y, Balcells M, Canela-Garayoa R, Fabiano-Tixier AS, Chemat F. Vegetable Oils as Alternative Solvents for Green Oleo-Extraction, Purification and Formulation of Food and Natural Products. *Molecules*. 2017;22(9):1474. doi: 10.3390/molecules22091474

2. Clark JH, Farmer TJ, Hunt AJ, Sherwood J. Opportunities for bio-based solvents created as petrochemical and fuel products transition towards renewable resources. *Int J Mol Sci*. 2015;16(8):17101–59. doi: 10.3390/ijms160817101

3. Purcaro G, Barp L, Beccaria M, Conte LS. Characterisation of minor components in vegetable oil by comprehensive gas chromatography

with dual detection. *Food Chem*. 2016;212:730–8. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.06.048

4. Kamal-Eldin A. Minor components of fats and oils. In: Shahidi F, editor. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. Hoboken, USA: John Wiley & Sons; 2005. p. 319–59

5. Gunstone FD, editor. *Vegetable Oils in food Technology: Composition, Properties and Uses*. Chichester, UK: Wiley-Blackwell; 2011. 337 p

6. McClements DJ. *Nanoparticle- and Microparticle-Based Delivery Systems: Encapsulation, Protection and Release of Active Compounds*. Boca Raton, USA: CRC Press; 2014. 572 p

7. Combs GF. Jr. *The Vitamins*. Burlington, UK: Elsevier Academic Press; 2012. Chapter 7, Vitamin E; p. 181–211

8. Gor'kova AA. Evaluation of the quality of vegetable oils by chromatographic method. V: *Materialy universitetskoj studencheskoj nauchno-prakticheskoi konferentsii Kaluzhskogo gosudarstvennogo universiteta imeni K. E. Tsiolkovskogo*. Kaluga, RF: KGU imeni K. E. Tsiolkovskogo; 2021. s. 167–72. (In Russ.)

9. Radzievskaia IG, Mel'nik OP, Budnik NV. Specifics of olive oil technology and identification of its quality. *Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2015;(1):64–70. (In Rus.)

10. Dubois V, Breton S, Linder M, Fanni J, Parmentier M. Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential. *Eur J Lipid Sci Technol*. 2017;109(7):710–32. doi: 10.1002/ejlt.200700040

11. Orsavova J, Misurcova L, Ambrozova JV, Vicha R, Mlcek J. Fatty Acids Composition of Vegetable Oils and Its Contribution to Dietary Energy Intake and Dependence of Cardiovascular Mortality on Dietary Intake of Fatty Acids. *Int J Mol Sci*. 2015;16(6):12871–90. doi: 10.3390/ijms160612871

12. Chang K, Gao P, Wang S, Wei W, Yin J, Zhong W, et al. Tailoring oil blends for specific purposes: A study on nutritional and antioxidant properties of soybean oil mixed with corn, sunflower, and flaxseed oils. *LWT*. 2024;206. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116628>

13. Arab R, Casal S, Pinho T, Cruz R, Freidja ML, Lorenzo JM, et al. Effects of Seed Roasting Temperature on Sesame Oil Fatty Acid Composition, Lignan, Sterol and Tocopherol Contents, Oxidative Stability and Antioxidant Potential for Food Applications. *Molecules*. 2022;27(14):1408. doi: 10.3390/molecules27144508

14. Plotnikova LV, Nechiporenko AP, Nechiporenko UIu, Mel'nikova MI. Optical properties of lipids of animal and plant origin. *Aktual'nye voprosy biologicheskoi fiziki i khimii*. 2018;3(1):110–4. (In Russ.)

15. Naumova NL, Bets IuA, Kovaleva EG, Abushanab SAS. Quality and biologically ac-

- tive substances of refined vegetable oils. *Polzunovskii vestnik*. 2022;1(4):160–6. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.021. (In Russ.)
16. Pilipenko TV, Astafeva VV, Stepanova NIu. Study of the qualitative characteristics of vegetable oils using various methods. *Izvestiia Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015;(39):90–7. (In Russ.)
17. Normakhmatov R. Fatty acid composition and physicochemical properties of oils from stone fruit kernels. *Pishchevaia promyshlennost'*. 2021;(3):40–2. doi: 10.24412/0235-2486-2021-3-0027. (In Russ.)
18. Dolgoliuk IV, Tereshchuk LV, Trubnikova MA, Starovoitova KV. Vegetable oils are functional foods. *Tekhnika i tekhnologiiia pishchevykh proizvodstv*. 2014;(2):122–5. (In Russ.)
19. Semushkin DN, Ziganshin BG, Semushkin NI, Dmitriev AV, Maksimov II, Kazakov IuF. Methods for intensifying the processes of extraction of biologically active substances from plant materials. *Vestnik Kurganskoi GSKhA*. 2023;(1):78–88. (In Russ.)
20. Veillet S, Tomao V, Chemat F. Ultrasound assisted maceration: An original procedure for direct aromatization of olive oil with basil. *Food Chem*. 2010;123(3):905–11. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.05.005
21. Chemat F, Périno-Issartier S, Loucif L, Elmaataoui M, Mason TJ. Enrichment of edible oil with sea buckthorn by-products using ultrasound-assisted extraction. *Eur J Lipid Sci Technol*. 2012;114(4):453–60. doi: 10.1002/ejlt.201100349
22. Li Y, Fabiano-Tixier AS, Tomao V, Cravotto G, Chemat F. Green ultrasound-assisted extraction of carotenoids based on the bio-refinery concept using sunflower oil as an alternative solvent. *Ultrason Sonochem*. 2013;20(1):12–8. doi: 10.1016/j.ultsonch.2012.07.005
23. Girón MV, Ruiz-Jiménez J, Luque de Castro MD. Dependence of fatty-acid composition of edible oils on their enrichment in olive phenols. *J Agric Food Chem*. 2009;57(7):2797–802. doi: 10.1021/jf803455f
24. Krichnavaruk S, Shotipruk A, Goto M, Pavasant P. Supercritical carbon dioxide extraction of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis* with vegetable oils as co-solvent. *Bioresour Technol*. 2008;99(13):5556–60. doi: 10.1016/j.biortech.2007.10.049
25. Ma Q, Xu X, Gao Y, Wang Q, Zhao J. Optimisation of supercritical carbon dioxide extraction of lutein esters from marigold (*Tagetes erecta* L.) with soybean oil as a co-solvent. *Int J Food Sci Technol*. 2008;43(10):1763–9. doi: 10.1111/j.1365-2621.2007.01694.x
26. Gao Y, Liu X, Xu HG, Zhao J, Wang Q, Liu GM, et al. Optimization of supercritical carbon dioxide extraction of lutein esters from marigold (*Tagetes erecta* L.) with vegetable oils as continuous co-solvents. *Sep Purif Technol*. 2010;71(2):214–9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2009.11.024>
27. Łubek-Nguyen A, Ziemichód W, Olech M. Application of Enzyme-Assisted Extraction for the Recovery of Natural Bioactive Compounds for Nutraceutical and Pharmaceutical Applications. *Appl Sci*. 2022;12(7):3232. doi: 10.3390/app12073232
28. Vardakas A, Kechagias A, Penov N, Giannakas AE. Optimization of Enzymatic Assisted Extraction of Bioactive Compounds from *Olea europaea* Leaves. *Biomass*. 2024;4(3):647–57. doi: 10.3390/biomass4030035
29. Januskevicius V, Gomes AM, Sousa S, Barbosa JC, Vedor R, Martusevicius P, et al. Phytochemical and Functional Diversity of Enzyme-Assisted Extracts from *Hippophae rhamnoides* L., *Aralia cordata* Thunb., and *Cannabis sativa* L. Antioxidants. 2024;13(8):950. doi: 10.3390/antiox13080950
30. Vovk H, Karnpakdee K, Ludwig R, Nosenko T. Enzymatic Pretreatment of Plant Cells for Oil Extraction. *Food Technol Biotechnol*. 2023;61(2):160–78. doi: 10.17113/ftb.61.02.23.7896
31. Valls RM, Farràs M, Suárez M, Fernández-Castillejo S, Fitó M, Konstantinidou V, et al. Effects of functional olive oil enriched with its own phenolic compounds on endothelial function in hypertensive patients. A randomised controlled trial. *Food Chem*. 2015;167:30–5. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.06.107
32. Chen B, McClements DJ, Decker EA. Minor components in food oils: A critical review of their roles on lipid oxidation chemistry in bulk oils and emulsions. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2011;51(10):901–16. doi: 10.1080/10408398.2011.606379
33. Ngassapa FN, Nyandoro SS, Mwaisaka TR. Effects of temperature on the physicochemical properties of traditionally processed vegetable oils and their blends. *Tanzan J Sci*. 2012;38(3):166–76
34. Yenduri S, Venkatesh KG, Naga Prashant K. Recent Advances in Extraction of Polyphenols by Advanced Extraction Methods. *Phytochem Anal*. 2025;36(7):1875–92. doi: 10.1002/pca.70012
35. Michalak M. Plant Extracts as Skin Care and Therapeutic Agents. *Int J Mol Sci*. 2023;24(20):15444. doi: 10.3390/ijms242015444
36. Murav'ev IA. Drug technology: ucheb posobie : v 2 t. 3-e izd, pererab i dop. Moskva, RF: Meditsina; 1980. T. 1. 390 s. (In Russ.)
37. Ge X, Zou J, Shi Y, Guo D, Zhao C, Chen Q, et al. Essential oil of *Angelica sinensis*: A review of its extraction processes, phytochemistry, pharmacological effects, potential drug delivery systems, and applications. *Arab J Chem*. 2025;18:1–27. doi: 10.25259/AJC_280_2024

38. Nandikatti V, Nagasree KP, Kumar MMK. Pharmacological activities of essential oils from some flowers, plants and aromatic seeds. *J Pharm Biol Sci.* 2023;11(2):72–81. doi: 10.18231/j.jpbs.2023.013

39. García EA, Montoro BP, Benomar N, Castillo-Gutiérrez S, Estudillo-Martínez MD, Knapp CW, et al. New insights into the molecular effects and probiotic properties of *Lactobacillus pentosus* pre-adapted to edible oils. *LWT.* 2019;109:153–62. doi: 10.1016/j.lwt.2019.04.028

40. Evseeva SB, Sysuev BB. Plant extracts as components of cosmetics and topical medicinal products: product range, production features (review). *Farmatsiia i farmakologija.* 2016;4(3):4–37. doi: 10.19163/2307-9266-

2016-4-3-4-37. (In Russ.)

41. Tabletki.by. URL: <https://tabletki.by> (date of access: 19.12.2025). (In Russ.)

Адрес для корреспонденции:

220116, Республика Беларусь,
г. Минск, пр-т Дзержинского, 83, корп. 15,
УО «Белорусский государственный
медицинский университет»,
кафедра фармацевтической технологии
с курсом повышения квалификации и
переподготовки,
тел. раб.: +375 17 279-42-54,
e-mail: goliakns@mail.ru,
Голяк Н. С.

Поступила 22.12.2025 г.