

УДК 633.85:631:526.32

## БИОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАСЛОСЕМЯН РЫЖИКА ОЗИМОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕГИОНА ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

© Т.Я. Прахова<sup>1\*</sup>, Е.Л. Турина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральный научный центр лубяных культур, ул. Мичурина, 1Б,  
р.п. Лунино, Пензенская обл., 442731 (Россия),  
e-mail: [prakhova.tanya@yandex.ru](mailto:prakhova.tanya@yandex.ru)

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма,  
ул. Киевская, 150, Симферополь, 295043 (Россия)

Объектом исследования являлись маслосемена рыжика озимого, выращенного в контрастных по климатическим условиям регионах: лесостепи Среднего Поволжья (Пензенский НИИСХ) и степной зоне Крыма (НИИСХ Крыма).

Цель исследования – определение биохимических показателей рыжика озимого, изучение его жирнокислотного и аминокислотного состава в зависимости от региона возделывания.

Климат Средневолжского региона умеренно континентальный. Сумма годовых осадков варьирует от 350 до 750 мм, среднегодовая температура составляет 5.3 °С. Климат степного Крыма континентальный, среднегодовая температура достигает 10.2 °С, сумма осадков составляет 350–450 мм в год.

Наибольшую долю в масле семян рыжика представляет линоленовая кислота, процент которой составил 33.79 (Крым) и 34.87 (Пенза). Концентрация линолевой и олеиновой кислот составляет 16.12–17.98% и 14.82–15.70% в зависимости от региона выращивания. Содержание пальмитиновой кислоты составляет 4.93 и 5.17%, эйкозеновой – 15.46 и 15.84%, эруковой – 3.15 и 3.16%. Соотношение линоленовой ( $\omega$ -3) и линолевой ( $\omega$ -6) кислот составляет в среднем 2 : 1.

В семенах рыжика было выявлено 18 аминокислот, в том числе 9 незаменимых, содержание которых составило 7.28 и 8.53%. Белки рыжика содержат высокое количество лейцина (2.14–3.02%), валина (1.01–1.25%), лизина (1.07–1.28%), пролина (1.02–1.45%), глицина (1.13–1.46%), аланина (0.93–1.22%), серина (1.02–1.26%) и метионина (0.34–0.37%).

Установлено, что маслосемена рыжика содержат токоферолы – 0.085–0.098%, каротиноиды – 0.002%, стероиды – 0.144–0.145% и сквален – 0.09–0.10% в зависимости от региона.

*Ключевые слова:* рыжик озимый, жирнокислотный состав, аминокислотный состав, биологически активные вещества, токоферолы, сквален, каротиноиды.

*Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК (№ FGSS-2022-0008) и Госзадания ФГБУН «НИИСХ Крыма» (№FNZW-2022-0001).*

### Введение

Значение сельскохозяйственных культур трудно переоценить. Они являются важнейшим инструментом для получения необходимых человеку химических соединений – белков, углеводов, жиров, масел, микро- и макроэлементов, витаминов, каротиноидных пигментов и других биологически активных веществ для использования в пищу человеку или на кормовые цели для животных [1]. Промышленное применение растительного сырья в настоящее время включают фармацевтическую, косметическую, химическую, строительную и другие отрасли.

В настоящее время среди разнообразных масличных растений не прекращается поиск источников

---

Прахова Татьяна Яковлевна – доктор  
сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник  
лаборатории селекционных технологий,  
e-mail: [prakhova.tanya@yandex.ru](mailto:prakhova.tanya@yandex.ru)

Турина Елена Леонидовна – кандидат  
сельскохозяйственных наук, ведущий научный  
сотрудник лаборатории исследования технологических  
приемов в животноводстве и растениеводстве,  
e-mail: [turina\\_e@niishk.ru](mailto:turina_e@niishk.ru)

получения растительных масел с различными характеристиками, а также с высоким содержанием белка в семенах [2–7]. Среди таких культур можно выделить рыжик посевной (*Camelina sylvestris* Waller, ssp. *pilosa* Zing.), который является перспективной масличной культурой многопланового использования, и представлен двумя формами – озимой и яровой.

\* Автор, с которым следует вести переписку.

Научные достижения и публикации последних десятилетий как отечественных, так и зарубежных ученых показывают, что эта культура обладает целым рядом преимуществ: значительной адаптивностью и фенотипической пластичностью, не требует сложной агротехники и при этом позволяет получать стабильно высокие урожаи [8–10].

Согласно последним собранным данным, содержание масла в семенах рыжика колеблется от 28 до 49% [11] и характеризуется особым составом жирных кислот и их соотношением – отличается от масел других крестоцветных культур высоким содержанием гондоиновой (эйкозеновой), линоленовой и линолевой кислот [12]. Благодаря наличию  $\gamma$ -линоленовой кислоты, рыжиковое масло успешно применяют в качестве функциональных пищевых ингредиентов [10, 13]. Кроме того, высокий уровень антиоксидантной активности позволяет использовать рыжиковое масло в различных косметических составах и фармакопии [14, 15].

Устойчивость к окислению – один из важнейших параметров масел, характеризующий их качество и пригодность к различным превращениям. Рыжиковое масло относительно устойчиво к окислению, благодаря входящим в его состав токоферолам, обладающим антиоксидантными свойствами и препятствующим процессам окисления жирных кислот [11, 16, 17]. Благодаря этому масло рыжика более стабильно, чем льняное, но менее устойчивое, чем рапсовое, оливковое и подсолнечное масла [9, 18, 19].

Незаменимые жирные кислоты, фитостеролы, каротиноиды, токоферолы и сквален, относящиеся к группе природных соединений и присутствующих в растениях, в том числе и в рыжике, оказывают влияние на здоровье человека. В научной работе Siperiece E. с соавторами описано положительное действие от употребления продуктов, богатых ценных омега-3 полиненасыщенными жирными кислотами, что способствует снижению артериального давления у больных гипертонической болезнью [20]. В случае преобладания минорных липофильных соединений в продуктах положительное их действие связано с ингибированием развития сердечно-сосудистых заболеваний (каротиноиды), снижением уровня холестерина в сыворотке крови (фитостеролы), а также в проявлении антиатеросклеротических свойств (сквален) и снижении риска развития рака ( $\gamma$ -токоферол).

Кроме того, семена рыжика характеризуются относительно высоким содержанием белка – от 24.5 до 31.7%. Белки хорошо сбалансированы по аминокислотному составу, куда входят около 20 аминокислот, в том числе 9 незаменимых [13, 21] при этом в составе большинства белков растительных клеток постоянными компонентами являются 23 аминокислоты, две иминокислоты и два амида [1, 22].

Протеин рыжика обладает значительной биологической ценностью, это связано, в первую очередь, с более высоким содержанием критических аминокислот, лизина и незаменимых серосодержащих аминокислот – метионина и серина, которые наиболее лимитирующими являются в кукурузе, зерновых и бобовых культурах [23, 24].

В связи с этим целью данной работы являлось определение биохимических показателей маслосемян рыжика озимого, изучение их качественного и количественного жирнокислотного и аминокислотного состава в зависимости от региона возделывания.

### **Экспериментальная часть**

Объектом исследования являлись маслосемена рыжика озимого, выращенного в контрастных по климатическим условиям регионах: лесостепи Среднего Поволжья (Пензенский НИИСХ) и степной зоне Республики Крым (НИИСХ Крыма).

Климат Средневолжского региона, а именно Пензенской области, куда входит Пензенский НИИСХ, умеренно континентальный. Амплитуда варьирования суммы годовых осадков составляет от 350 до 750 мм, при этом по статистике три года из пяти являются засушливыми. Среднегодовая температура составляет 5.3 °С.

Экспериментальный участок НИИСХ Крыма (с. Клепинино) относится к зоне степного Крыма, где среднегодовая температура достигает 10.2 °С, причем в последние годы наблюдается тенденция ее повышения. Сумма осадков составляет 350–450 мм в год. В целом, климат данного региона характеризуется как континентальный.

Определение жирнокислотного состава масла рыжика проводили в химико-аналитической лаборатории Пензенского НИИСХ. Получение и определение метиловых эфиров жирных кислот проводили по ГОСТу [25] методом газофазной хроматографии. Разделение метиловых эфиров проводили на хроматографе «Кристалл 5000.1». Для проведения анализов использовали капиллярную колонку HP-FFAP, 50 м×0.32 мм×0.5 мм. Условия анализа: газ-носитель – азот; температура инжектора – 250 °С; температура

детектора – 280 °С; температура термостата колонок – 140 °С; программирование температур с 3 мин. от 140 до 230 °С со скоростью 4 °С/мин.; длительность анализа – 60 мин.; величина вводимой пробы – 1 мкл. Идентификацию пиков жирных кислот проводили по времени удерживания с использованием в качестве стандартов метиловые эфиры жирных кислот фирмы «Sigma». Количественную обработку хроматограмм проводили по площадям пиков с применением компьютерной программы «Хроматэк Аналитик 2.5». Расчет количественного содержания ВЖК проводили методом процентной нормализации по площади.

Определение количественного содержания аминокислот в научно-исследовательской лаборатории ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет». Средства и условия проведения анализа: система капиллярного электрофореза «Капель-105», баня водяная, планшетный ридер для иммуноферментного анализа CloMax Multi, 752 мм рт. ст., 23 °С, 40%.

Определение биологически активных веществ каротиноидов, стероидов, токоферолов и сквалена проводили во ВНИИ жиров по общепринятой методике [26]. Выделение масла из измельченных семян рыжика осуществлялось методом их исчерпывающей экстракции хлороформом. Определение содержания исследуемых компонентов проводилось во фракции неомыляемых веществ масел следующими методами: каротиноиды – спектральный метод, стероиды и токоферолы – тонкослойная хроматография + спектроскопия, сквален – методом колоночной хроматографии.

### **Обсуждение результатов**

Свойства масла рыжика и его достоинства в основном определяются количественным и качественным соотношением жирных кислот, где наибольшая доля приходится на полиненасыщенные жирные кислоты, среднее содержание которых составляет 54.40–54.86% в зависимости от региона возделывания. Суммарное содержание мононенасыщенных жирных кислот составляет 34.15–35.40% и насыщенных – 9.43–9.80%, причем наибольшее их концентрация была отмечена в более теплых климатических условиях НИИСХ Крыма (табл. 1).

Наибольшую долю в масле семян рыжика озимого представляет линоленовая кислота, процент которой составил 33.79 (Крым) и 34.87 (Пенза). Созревание семян рыжика при более низких среднесуточных температурах в Пензенском регионе способствовало повышению в масле содержания линоленовой кислоты. В масле семенях, выращенных в более мягких условиях Крыма, наблюдается, наоборот, тенденция увеличения концентрации линолевой и олеиновой кислот, которое составляет 17.98 и 15.70% соответственно. Содержание полиненасыщенной арахидоновой кислоты изменялось по регионам не существенно и составило 1.46 и 1.44%.

Суммарное содержание олеиновой кислоты, полиненасыщенных (линолевой, линоленовой и арахидоновой кислот, условно объединенных в группу под названием «витамин F») и насыщенных кислот (стеариновой, пальмитиновой) в масле рыжика позволяет использовать его в пищевых целях [11].

Действие линоленовой ( $\omega$ -3) и линолевой ( $\omega$ -6) кислот является синергическим. Их соотношение в масле рыжика составляет в среднем 2 : 1, что рекомендовано для диетического питания людей с высоким содержанием холестерина в крови [10, 14].

Среди насыщенных кислот наибольшая доля приходится на пальмитиновую кислоту и составляет 4.93 и 5.17% в зависимости от региона возделывания. При этом наибольшего значения она достигала в масле семенях крымского происхождения. В семенах из Пензенской области наблюдается тенденция к снижению процентного содержания пальмитиновой кислоты и общего количества насыщенных жирных кислот. Аналогичное изменение происходит в накоплении стеариновой и арахидоновой кислот, содержание которых составляет, соответственно, 2.32 и 1.55% (Пенза) и 2.45 и 1.58% (Крым).

Содержание эруковой кислоты в масле рыжика озимого, выращенного в регионах с разными гидро-термическими показателями, не изменялось и составило 3.15 и 3.16%, что свидетельствует о стабильном сортовом проявлении данного признака.

Уровень содержания эйкозеновой (гондоиновой) кислоты в масле рыжика был высоким (15.46 и 15.84%) независимо от региона. Следует отметить, что эйкозеновая кислота характерна для масла рыжика и редко обнаруживается в маслах других растений, что позволяет использовать его непосредственно в технических целях или для производства биодизеля [12, 13].

Главная составная часть любого организма – это протеины, которые представляют собой высокомолекулярные органические соединения, построенные из аминокислот, которые с точки зрения питания делятся на заменимые и незаменимые (эссенциальные), а в зависимости от строения радикала R их можно подразделить на алифатические, ароматические и гетероциклические [1].

Таблица 1. Жирнокислотный состав масла озимого рыжика в зависимости от региона возделывания

Жирная кислота	Число атомов углерода	Содержание, %	
		Пенза	Крым
<b>Насыщенные</b>			
Миристиновая	C14:0	0.05	0.05
Пентодекановая	C15:0	0.02	0.02
Пальмитиновая	C16:0	4.93	5.17
Маргариновая	C17:0	0.04	0.03
Стеариновая	C18:0	2.32	2.45
Арахидиновая	C20:0	1.55	1.58
Бегеновая	C22:0	0.33	0.34
Лигноцериновая	C24:0	0.19	0.16
<b>Мононенасыщенные</b>			
Пальмитолеиновая	C16:1	0.08	0.10
Олеиновая	C18:1	14.82	15.70
Эйкозеновая	C20:1	15.46	15.84
Эруковая	C22:1	3.16	3.15
Нервоновая	C24:1	0.63	0.61
<b>Полиненасыщенные</b>			
Линолевая	C18:2	16.12	17.98
Линоленовая	C18:3	34.87	33.79
Эйкозодиеновая	C20:2	1.84	1.53
Арахидоноовая	C20:4	1.46	1.44
Докозодиеновая	C22:2	0.11	0.12

В процессе исследований в семенах рыжика было выявлено 18 аминокислот, в том числе 9 незаменимых, которые сильно варьируют в зависимости от климата и условий выращивания.

Количество незаменимых аминокислот составляет 7.28 и 8.53% в семенах рыжика, выращенного, соответственно, в Пензенском регионе и НИИСХ Крыма. Они отличаются достаточно высоким суммарным содержанием лейцина и изолейцина (2.14 и 3.02%), причем в рыжике из Крыма содержание данных аминокислот было выше, что на 0.88% превышало содержание в рыжике из Пензы (табл. 2).

Большее содержание валина, треонина и лизина также отмечено в семенах рыжика из Крыма, их концентрация составила 1.25; 1.27 и 1.28% соответственно, что на 0.17–0.24% выше, чем в семенах рыжика из Пензы, где температурный режим более низкий. Наоборот, накопление ароматической аминокислоты фенилаланина было большим в семенах из Пензенского региона (0.80%) при 0.53% в семенах из Крыма.

Содержание гетероциклических аминокислот триптофана и гистидина было на одном уровне и составило, соответственно, 0.31–0.32 и 0.50% независимо от условий выращивания.

Из таблицы 2 следует, что накопление заменимых аминокислот было наибольшим в семенах рыжика, выращенного в Крыму, то есть в более мягком и теплом климате. Исключение составляют глутаминовая и аспаргиновая кислоты, содержание которых было выше в семенах рыжика из Пензы – 3.54 и 1.68%.

Независимо от региона возделывания в составе белков озимого рыжика отмечено достаточно высокое содержание пролина (1.02–1.45%), глицина (1.13–1.46%) и аланина (0.93–1.22%). Кроме того, в состав белков рыжика входят серосодержащие аминокислоты серин (1.02–1.26%) и метионин (0.34–0.37%), которые представляют собой одни из основных компонентов пищевых рационов и кормов для животных [25].

Биологическая ценность масел зависит от наличия в них минорных компонентов, таких как витамины, каротиноиды, стероиды, токоферолы и других биологически активных веществ. Результаты анализа маслосемян рыжика озимого представлены в таблице 3.

Содержание токоферолов, которые относятся к витамину Е, в среднем по регионам составило в семенах 0.037–0.041% и в масле 0.085–0.098%. В рыжике они представлены в основном β- и γ-токоферолами (92% от общей суммы), что способствует поддержанию высокого уровня стабильности к окислению в процессе хранения [13, 16].

Содержание каротиноидов в семенах озимого рыжика невелико и составляет 0.0008–0.0009%, в масле – 0.002%. Однако каротиноиды являются биологическими предшественниками витамина А, предотвращают окисление масла и способствуют синтезу некоторых аминокислот [20].

Весь комплекс биологических веществ (токоферолы, каротиноиды, фосфолипиды) природа предусмотрительно добавила в каждое масло, который предохраняет его от окисления. Особенно активными антиоксидантами являются витамин Е или гомологи токоферола, при этом антиоксидантная активность их усиливается в синергизме с другими компонентами [27, 28].

Таблица 2. Аминокислотный состав белка семян озимого рыжика, в зависимости от региона возделывания

Группа	Аминокислота	Содержание, %	
		Пенза	Крым
Незаменимые			
Алифатические	Треонин	1.10	1.27
	Валин	1.01	1.25
	Метионин	0.34	0.37
	Лейцин + Изолейцин	2.14	3.02
	Лизин	1.07	1.28
Гетероциклические	Триптофан	0.32	0.31
	Гистидин	0.50	0.50
Ароматические	Фенилаланин	0.80	0.53
Заменяемые			
Алифатические	Аргинин	1.88	2.28
	Цистин	0.58	0.74
	Глицин	1.13	1.46
	Аланин	0.93	1.22
	Серин	1.02	1.26
	Аспарагиновая кислота	1.68	1.60
	Глутаминовая кислота	3.54	3.37
Ароматические	Тирозин	0.49	1.11
Гетероциклические	Пролин	1.02	1.45

Таблица 3. Содержание биологически активных компонентов в рыжике озимом, в зависимости от региона возделывания

Компоненты	Пенза		Крым	
	семена	масло	семена	масло
Каротиноиды, %	0.0008	0.002	0.0009	0.002
Стероиды, %	0.060	0.144	0.064	0.145
Токоферолы, %	0.041	0.098	0.037	0.085
Сквален, %	0.04	0.10	0.04	0.09

Содержание сквалена, который является предшественником стероидов в рыжике, составило в семенах 0.04%, в масле – 0.09–0.10%. А массовая доля самих стероидов в масле озимого рыжика была достаточно высокой и составила 0.144 и 0.145% в зависимости от региона.

**Выводы**

1. Таким образом, содержание основных жирных кислот в масле рыжика озимого незначительно изменялось в зависимости от региона возделывания. Масло сочетает в себе высокое содержание полиненасыщенных (54.40–54.86%), мононенасыщенных (34.15–35.40%) и насыщенных (9.43–9.80%) жирных кислот. Наибольшую долю в масле семян рыжика озимого представляет линоленовая кислота, процент которой составил 33.79 и 34.87 в зависимости от региона возделывания. Концентрация олеиновой и линолевой кислот варьировала от 14.82 и 16.12% в масле рыжика из Пензы до 15.70 и 17.98% в масле рыжика, выращенного в Крыму. Низкое содержание эруковой кислоты в масле рыжика озимого (3.15–3.16%), которое практически не изменялось в зависимости от региона возделывания, и соотношение 2 : 1 омега-6 и омега-3 кислот позволяет использовать масло рыжика для диетического питания как ценную биологически активную добавку в рацион человека.

2. Исследование семян рыжика озимого показало хорошую сбалансированность его белков по аминокислотному составу. Количество незаменимых аминокислот в семенах рыжика составляет 7.28 и 8.53%, выращенного, соответственно, в Пензенском регионе и НИИСХ Крыма. Они отличаются достаточно высоким суммарным содержанием лейцина и изолейцина (2.14 и 3.02%). В зависимости от региона возделывания в белках семян рыжика отмечено высокое содержание валина (1.01 и 1.25%) и биологически ценного лизина (1.07 и 1.28%). Кроме того, в состав белков рыжика входят серосодержащие аминокислоты серин (1.02–1.26%) и метионин (0.34–0.37%), что делает семена озимого рыжика ценными компонентами пищевых рационов животных.

По содержанию в маслосеменах биологически активных веществ озимый рыжик соответствует современным требованиям, что позволяет использовать его маслосемена для использования в кормовых и пищевых целях, в том числе и в качестве биологически активных добавок.

## Список литературы

1. Савина О.В. Биохимия растений. М., 2019. 227 с.
2. Серков В.А., Данилов М.В., Белоусов Р.О., Александрова М.Р., Давыдова О.К. Жирнокислотный состав масла семян нового сорта конопля посевной Милена // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. №6 (378). С. 101–103. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-16126.
3. Gahramanova M., Ostapchuk A., Molozhava O., Svyatetska V., Rudyk M., Hurmach Y., Dovhyi R., Skivka L. Fatty acid composition of purslane seed water extract and its effect on metabolic profile of murine peritoneal macrophages // *Biotechnologia Acta*. 2020. Vol. 13. N4. Pp. 39–48. DOI: 10.15407/biotech13.04.039.
4. Бражников В.Н., Бражникова О.Ф., Бражников Д.В. Влияние агроклиматических условий на продуктивность и жирнокислотный состав масла льна масличного // Таврический вестник аграрной науки. 2019. №4 (20). С. 6–15. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-4-20-6-15.
5. Байбеков Р.Ф., Белопухов С.Л., Дмитриевская И.И., Дмитриев Л.Б. Сравнительная характеристика состава жирных кислот в липидах масел из семян технических культур // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. №6. С. 62–65. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10615.
6. Кшникаткина А.Н., Прахова Т.Я., Крылов А.П., Галиуллин А.А. Оценка качества маслосемян капустных культур в условиях Средневолжского региона // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. №4. С. 41–43. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10409.
7. Воронов И.В. Аминокислотный состав *Atriplex Patula* L. и *Amaranthus Retroflexus* L. (Amaranthaceae), произрастающих в центральной Якутии // Химия растительного сырья. 2018. №3. С. 69–74. DOI: 10.14258/jcrpm.2018033610.
8. Турина Е.Л. Значение и культивирование *Camelina* sp. в различных регионах мира (обзор) // Таврический вестник аграрной науки. 2019. №3(19). С. 133–151. DOI 10.33952/2542-0720-2019-3-19-133-151.
9. Berti M., Gesch R., Eynck C., Anderson J., Cermak S. Camelina uses, genetics, genomics, production, and management // *Industrial Crops and Products*. 2016. Vol. 94. Pp. 690–710. DOI: 10.1016/j.indcrop.2016.09.034.
10. Chantsalnyam B., Otgonbayar Ch., Enkhtungalag O., Odonmajig P. Physical and chemical characteristics and fatty acids composition of seeds oil isolated from *Camelina sativa* (L) cultivated in Mongolia // *Mongolian Journal of Chemistry*. 2014. Vol. 14 (40). Pp. 80–83. DOI: 10.5564/mjc.v14i0.205.
11. GavriloVA V., Shelenga T., Porokhovina E., Dubovskaya A., Kon'kova N., Grigoryev S., Podolnaya L., Konarev A., Yakusheva, T., Kishlyan N., Pavlov A., Brutch N. The diversity of fatty acid composition in traditional and rare oil crops cultivated in Russia // *Bio. Comm*. 2020. Vol. 65(1). Pp. 68–81. DOI: 10.21638/spbu03.2020.106.
12. Balanuca B., Stan R., Hanganu A., Lungu A., Iovu H. Design of new Camelina oil-based hydrophilic monomers for novel polymeric materials // *Journal of the American Oil Chemists Society*. 2015. Vol. 92. N6. Pp. 881–891. DOI: 10.1007/s11746-015-2654-z.
13. Прахова Т.Я., Зеленина О.Н. Качественная характеристика маслосемян озимого рыжика // Нива Поволжья. 2009. №3 (12). С. 88–90.
14. Kurkin V.A., Pavlenko K.S. Flavonoids from *Camelina Sylvestris* seeds // *Chemistry of Natural Compounds*. 2014. Vol. 50. N3. Pp. 539–540. DOI: 10.1007/s10600-014-0983-z.
15. Schwab U.S., Lankinen M.A., De Mello V.D., Manninen S.M., Kurl S., Pulkki K.J., Laaksonen D.E., Erkkilä A.T. Camelina sativa oil, but not fatty fish or lean fish, improves serum lipid profile in subjects with impaired glucose metabolism – a randomized controlled trial // *Molecular nutrition*. 2018. Vol. 62. N4. 1700503. DOI: 10.1002/mnfr.201700503.
16. Abramovič H., Abram V. Physico-chemical properties, composition and oxidative stability of *Camelina sativa* oil // *Food Technology and Biotechnology*. 2005. Vol. 43. Pp. 63–70.
17. Okoronkwo N., Kalu C., Nnorom I. Estimation of Protein Content and Amino Acid Compositions in Selected Plant Samples Using UV-Vis Spectrophotometric Method // *American Journal of Food Science and Health*. 2017. Vol. 3. Pp. 41–46.
18. Eidhin D.N., Burke J., O'Beirne D. Oxidative stability of  $\omega$ -3-rich Camelina oil and Camelina oil-based spread compared with plant and fish oils and sunflower spread // *Journal of Food Science*. 2003. Vol. 68. Pp. 345–353.
19. Sakhno L.O., Slyvets M.S., Korol N.A., Karbovska N.V., Ostapchuk A.M., Sheludko Y.V., Kuchuk M.V. Changes in Fatty Acid Composition in Leaf Lipids of Canola Biotech Plants under Short-time Heat Stress // *Journal Of Stress Physiology & Biochemistry*. 2014. Vol. 10. N2. Pp. 24–34.
20. Sipeniece E., Misina I., Qian Y., Grygier A., Sobieszczanska N., Sahu P.K., Rudzinska M., Patel K.S., Gomas P. Fatty Acid profile and squalene, tocopherol, carotenoid, sterol content of seven selected consumed Legumes // *Plant Foods for Human Nutrition*. 2021. Vol. 76. Pp. 53–59. DOI: 10.1007/s11130-020-00875-3.
21. Toncea I., Necseriu D., Prisecaru T., Balint L-N., Ghilvacs M-I., Popa M. The seed's and oil composition of *Camelia* – first romanian cultivar of camelina (*Camelina sativa*, L. Crantz) // *Romanian Biotechnological Letters*. 2013. Vol. 18. N5. Pp. 8594–8602.
22. Akinyede A., Malomo S., Fagbemi T., Osundahunsi O., Aluko R. Polypeptide Profile, Amino Acid Composition and Some Functional Properties of Calabash Nutmeg (*Monodora myristica*) Flour and Protein Products // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2017. Vol. 94 (11). Pp. 1–11. DOI: 10.1007/s11746-017-3043-6.
23. Kumar V., Sharma A., Kaur R., Thukral A.K., Bhardwaj R., Ahmad P. Differential distribution of amino acids in plants // *Amino Acids*. 2017. Vol. 49. Pp. 821–869. DOI: 10.1007/s00726-017-2401-x.

24. Shai U., Gad G. Improving the Content of Essential Amino Acids in Crop Plants: Goals and Opportunities // *Plant Physiology*. 2008. Vol. 147 (3). Pp. 954–961.
25. ГОСТ Р 51483-99. Масла растительные и животные жиры. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров индивидуальных жирных кислот к их сумме. М., 2005. 11 с.
26. Руководство по методам исследования, теххимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности. Л., 1967. Т. 1. 585 с.
27. Сизова Н.В. Снижение концентрации токоферолов в процессе окисления жирных масел // *Химия растительного сырья*. 2009. №1. С. 117–119.
28. Саркисян В.А., Смирнова Е.А., Кочеткова А.А., Бессонов В.В. Синергические взаимодействия антиоксидантов в жировых продуктах // *Пищевая промышленность*. 2013. №3. С. 14–17.

*Поступила в редакцию 10 марта 2021 г.*

*После переработки 27 апреля 2022 г.*

*Принята к публикации 28 апреля 2022 г.*

**Для цитирования:** Прахова Т.Я., Турина Е.Л. Биохимические характеристики маслосемян рыжика озимого в зависимости от региона возделывания // *Химия растительного сырья*. 2022. №3. С. 159–166. DOI: 10.14258/jcrpm.2022039292.

*Prakhova T.Ya.<sup>1\*</sup>, Turina E.L.<sup>2</sup>* BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF OIL SEED OF WINTER CAMELINA DEPENDING ON THE REGION OF CULTIVATION

<sup>1</sup> *Federal Research Center for Bast Fiber Crops, ul. Michurina, 1b, r.p. Lunino, Penza region, 442731 (Russia), e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru*

<sup>2</sup> *Research Institute of Agriculture of Crimea, ul. Kievskaya, 150, Simferopol, 295493 (Russia)*

The object of the study was oilseeds of winter camelina grown in regions with contrasting climatic conditions: the forest-steppe of the Middle Volga region (Penza Research Institute of Agriculture) and the steppe zone of Crimea (Research Institute of Agriculture of Crimea).

The aim of the study is to determine the biochemical parameters of winter camelina, to study its fatty acid and amino acid composition, depending on the region of cultivation.

The climate of the Middle Volga region is temperate continental. The amount of annual precipitation varies from 350 to 750 mm, the average annual temperature is 5.3 °C. The climate of the steppe Crimea is continental, the average annual temperature reaches 10.2 °C, the amount of precipitation per year is 350–450 mm.

The largest share in camelina seed oil is linolenic acid, the percentage of which was 33.79 (Crimea) and 34.87 (Penza). The concentration of linoleic and oleic acids is 16.12–17.98% and 14.82–15.70%, depending on the growing region. The content of palmitic acid is 4.93 and 5.17%, eicosene – 15.46 and 15.84%, erucic 3.15 and 3.16%. The ratio of linolenic ( $\omega$ -3) and linoleic ( $\omega$ -6) acids is on average 2 : 1.

In the seeds of camelina, 18 amino acids were identified, including 9 irreplaceable ones, the content of which was 7.28 and 8.53%. Camelina proteins contain a high amount of leucine (2.14–3.02%), valine (1.01–1.25%), lysine (1.07–1.28%), proline (1.02–1.45%), glycine (1.13–1.46%), alanine (0.93–1.22%), serine (1.02–1.26%) and methionine (0.34–0.37%).

It was found that camelina oilseeds contain tocopherols 0.085–0.098%, carotenoids 0.002%, steroids 0.144–0.145% and squalene 0.09–0.10%, depending on the region.

*Keywords:* winter camelina, fatty acid composition, amino acid composition, biologically active substances, tocopherols, squalene, carotenoids.

---

\* Corresponding author.

## References

1. Savina O.V. *Biokhimiya rasteniy*. [Biochemistry of plants]. Moscow, 2019, 227 p. (in Russ.).
2. Serkov V.A., Danilov M.V., Belousov R.O., Aleksandrova M.R., Davydova O.K. *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal*, 2020, no. 6 (378), pp. 101–103. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-16126. (in Russ.).
3. Gahramanova M., Ostapchuk A., Molozhava O., Svyatetska V., Rudyk M., Hurmach Y., Dovhyi R., Skivka L. *Biotechnologia Acta*, 2020, vol. 13, no. 4, pp. 39–48. DOI: 10.15407/biotech13.04.039.
4. Brazhnikov V.N., Brazhnikova O.F., Brazhnikov D.V. *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki*, 2019, no. 4 (20), pp. 6–15. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-4-20-6-15. (in Russ.).
5. Baybekov R.F., Belopukhov S.L., Dmitrevskaya I.I., Dmitriyev L.B. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2019, vol. 33, no. 6, pp. 62–65. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10615. (in Russ.).
6. Kshnikatkina A.N., Prakhova T.Ya., Krylov A.P., Galiullin A.A. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2018, vol. 32, no. 4, pp. 41–43. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10409. (in Russ.).
7. Voronov I.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2018, no. 3, pp. 69–74. DOI: 10.14258/jcprm.2018033610. (in Russ.).
8. Turina Ye.L. *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki*, 2019, no. 3(19), pp. 133–151. DOI 10.33952/2542-0720-2019-3-19-133-151. (in Russ.).
9. Berti M., Gesch R., Eynck C., Anderson J., Cermak S. *Industrial Crops and Products*, 2016, vol. 94, pp. 690–710. DOI: 10.1016/j.indcrop.2016.09.034.
10. Chantsalnyam B., Otgonbayar Ch., Enkhtungalag O., Odonmajig P. *Mongolian Journal of Chemistry*, 2014, vol. 14 (40), pp. 80–83. DOI: 10.5564/mjc.v14i0.205.
11. GavriloVA V., Shelenga T., Porokhovinova E., Dubovskaya A., Kon'kova N., Grigoryev S., Podolnaya L., Konarev A., Yakusheva, T., Kishlyan N., Pavlov A., Brutch N. *Bio. Comm.*, 2020, vol. 65(1), pp. 68–81. DOI: 10.21638/spbu03.2020.106.
12. Balanuca B., Stan R., Hanganu A., Lungu A., Iovu H. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 2015, vol. 92, no. 6, pp. 881–891. DOI: 10.1007/s11746-015-2654-z.
13. Prakhova T.Ya., Zelenina O.N. *Niva Povolzh'ya*, 2009, no. 3 (12), pp. 88–90. (in Russ.).
14. Kurkin V.A., Pavlenko K.S. *Chemistry of Natural Compounds*, 2014, vol. 50, no. 3, pp. 539–540. DOI: 10.1007/s10600-014-0983-z.
15. Schwab U.S., Lankinen M.A., De Mello V.D., Manninen S.M., Kurl S., Pulkki K.J., Laaksonen D.E., Erkkilä A.T. *Molecular nutrition*, 2018, vol. 62, no. 4, 1700503. DOI: 10.1002/mnfr.201700503.
16. Abramović H., Abram V. *Food Technology and Biotechnology*, 2005, vol. 43, pp. 63–70.
17. Okoronkwo N., Kalu C., Nnorom I. *American Journal of Food Science and Health*, 2017, vol. 3, pp. 41–46.
18. Eidhin D.N., Burke J., O'Beirne D. *Journal of Food Science*, 2003, vol. 68, pp. 345–353.
19. Sakhno L.O., Slyvets M.S., Korol N.A., Karbovska N.V., Ostapchuk A.M., Sheludko Y.V., Kuchuk M.V. *Journal Of Stress Physiology & Biochemistry*, 2014, vol. 10, no. 2, pp. 24–34.
20. Sipiencie E., Misina I., Qian Y., Grygier A., Sobieszczanska N., Sahu P.K., Rudzinska M., Patel K.S., Gomas P. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2021, vol. 76, pp. 53–59. DOI: 10.1007/s11130-020-00875-3.
21. Toncea I., Necseriu D., Prisecaru T., Balint L.-N., Ghilvac M.-I., Popa M. *Romanian Biotechnological Letters*, 2013, vol. 18, no. 5, pp. 8594–8602.
22. Akinyede A., Malomo S., Fagbemi T., Osundahunsi O., Aluko R. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2017, vol. 94 (11), pp. 1–11. DOI: 10.1007/s11746-017-3043-6.
23. Kumar V., Sharma A., Kaur R., Thukral A.K., Bhardwaj R., Ahmad P. *Amino Acids*, 2017, vol. 49, pp. 821–869. DOI: 10.1007/s00726-017-2401-x.
24. Shai U., Gad G. *Plant Physiology*, 2008, vol. 147 (3), pp. 954–961.
25. GOST R 51483-99. *Masla rastitel'nyye i zhiivotnyye zhiry. Opredeleniye metodom gazovoy khromatografii massovoy doli metilovykh efirov individual'nykh zhirnykh kislot k ikh summe*. [GOST R 51483-99. Vegetable oils and animal fats. Determination by gas chromatography of the mass fraction of methyl esters of individual fatty acids to their sum]. Moscow, 2005, 11 p. (in Russ.).
26. *Rukovodstvo po metodam issledovaniya, tekhnokhimicheskomu kontrolyu i uchetu proizvodstva v maslozhirovoy promyshlennosti*. [Guidelines for research methods, technochemical control and production accounting in the oil and fat industry]. Leningrad, 1967, vol. 1, 585 p. (in Russ.).
27. Sizova N.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2009, no. 1, pp. 117–119. (in Russ.).
28. Sarkisyan V.A., Smirnova Ye.A., Kochetkova A.A., Bessonov V.V. *Pishcheyaya promyshlennost'*, 2013, no. 3, pp. 14–17. (in Russ.).

Received March 10, 2021

Revised April 27, 2022

Accepted April 28, 2022

**For citing:** Prakhova T.Ya., Turina E.L. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2022, no. 3, pp. 159–166. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2022039292.