

УДК 536.66 +543.86

СОДЕРЖАНИЕ ВИТАМИНА Е В КЕДРОВЫХ МАСЛАХ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДАМИ ПРЕССОВАНИЯ И ЭКСТРАКЦИИ

© **Н.В. Сизова**

*Институт химии нефти СО РАН, пр. Академический, 4, Томск, 634021,
Россия, sizovaNV@mail.ru*

Методом микрокалориметрии определено содержание витамина Е (токоферолов) в кедровых маслах, полученных разными технологиями из кедрового ореха, собранного в разные годы. Применяемый в работе метод определения витамина Е относится к кинетическим и основывается на способности токоферола выступать в роли антиоксиданта и ингибировать модельную реакцию жидкофазного радикального окисления. Показано, что в зависимости от исходного сырья в маслах холодного прессования содержание токоферолов составляет от 37 до 60 мг%. Более высокие показатели количества токоферолов свидетельствуют о фальсификации масла. Экстракционные кедровые масла не отличаются повышенным количеством антиоксидантов, что говорит о нецелесообразности применения растворителей, там более что кедровое масло часто рассматривается как лечебное. В настоящей работе установлено, что масло хорошего качества с изначально низким перекисным числом хорошо хранится в холодильнике, при этом концентрация витамина Е в маслах не убывает в течение года. Хранение при комнатной температуре значительно ускоряет процесс окисления, установлено, что за год концентрация токоферолов уменьшается на 50%, а при нагревании на воздухе до 40 °С в течение месяца стремится к нулевой. Образец капсулированного масла значительно медленнее окисляется, что позволяет производителю увеличить срок годности до двух лет. Показано, что добавки живицы, дигидрокверцетина в кедровое масло увеличивают антиоксидантную активность продуктов более чем в два раза.

Ключевые слова: анализ витамина Е, кедровое масло, радикальное окисление, натуральные антиоксиданты, токоферолы.

Для цитирования: Сизова Н.В. Содержание витамина Е в кедровых маслах, полученных методами прессования и экстракции // Химия растительного сырья. 2026. №3. С. 370–377. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260316929>.

Введение

В настоящее время качественное растительное масло является предметом функционального питания, поэтому производители совершенствуют технологии получения масел с целью повышения их пищевой ценности. Развитие маслоперерабатывающей промышленности в сторону рафинации и дезодорации масел уменьшает пищевую ценность масла, так как в процессе очистки нарушается синергетический комплекс жирных кислот с витаминами и фосфолипидами [1, 2]. Также масла могут быть получены экстракцией органическими растворителями или жидким диоксидом углерода. Надо отметить, что экстракционные масла отличаются повышенным количеством нежировых примесей, что повышает их биологическую ценность, но следы органических растворителей, или присутствие запаха остаточных количеств углекислоты уменьшают достоинство этих технологий. Поэтому возрастает число малых предприятий, получающих масла прессованием масличного сырья, исключая стадии рафинации и дезодорации, особенно это касается дорогостоящих масел, к которым относится кедровое масло.

Витамин Е присутствует во всех жирных маслах, он включает группу природных гомологов и стереоизомеров токоферолов (ТФ), которые обладают схожей биологической активностью. Антиоксидантная активность (АО) токоферолов доказана на модельных реакциях, установлено, что константа взаимодействия токоферолов с перекисными радикалами столь высока, что позволяет для его определения использовать те же методики, которыми устанавливают активность антиоксидантов синтетического происхождения [3–7]. Некоторые исследователи утверждают, что антиокислительная активность природных токоферолов возрастает в ряду α -ТФ < β -ТФ < γ -ТФ < δ -ТФ, однако встречается и другие точки зрения [4]. Для токоферолов в

натуральных жирных маслах определена константа скорости ингибирования, которая имеет значения $k_7 = (1.4-6.8) \cdot 10^4$ л/моль·с, что на уровне значений констант для синтезированных АО [3, 6, 7].

Для каждого вида масла характерен свой жирнокислотный и витаминный состав, прослеживается закономерность – чем больше в масле содержится полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), тем выше содержание эндогенного антиоксиданта – витамина Е. Например, установлено, что высоким содержанием токоферолов (до 80–120 мг%) отличаются масла семейства крестоцветных (горчицное, рыжиковое, рапсовое, рукколы, сурепное), в жирнокислотном составе которых большая доля ПНЖК [8]. Минимальное содержание токоферолов (3–7 мг%) установлено в маслах и баттерах растений, произрастающих в Юго-Восточной Азии (ананасовое, маной, кокосовое масла), в составе которых преобладают насыщенные жирные кислоты [7, 8].

В процессе окисления жирных кислот в пищевых маслах происходит зарождение перекисных радикалов, которые по радикально-цепному механизму ведут к образованию высокомолекулярных продуктов окисления, это портит вкус и запах пищевого масла. В работе [9] нами показано, что в процессе хранения жирных масел через 30 дней при нагреве до 50 °С в атмосфере воздуха, концентрация токоферола стремится к нулевой, а масла превращаются в тягучие вязкие массы. Авторы работы [10] проследили динамику количественного и качественного изменения состава ТФ в масле кедрового ореха и кедровом жмыхе. В составе кедрового масла идентифицировано четыре формы ТФ: α , β , γ , δ , преобладающей в течение всего периода хранения остается биологически более активная α -форма, авторы считают, что γ -форма ТФ при хранении убывает быстрее, так как принимает на себя первые атаки свободных радикалов, это показывает рост соотношения $\alpha: (\beta + \gamma)$. При хранении с охлаждением содержание ТФ через 6 месяцев снижается в среднем на $9 \pm 4\%$, через год эти потери достигают $22 \pm 5\%$ [10], при этом динамика изменения количества токоферола более существенна в маслах, чем динамика изменения токоферолов в жмыхе кедрового ореха.

Авторы работы [11] показали, что суммарное содержание антиоксидантов в кедровом масле обусловлено токоферолом, за 10 месяцев эксперимента концентрация антиоксидантов уменьшилась во всех образцах почти на 60%.

Ранее нами было показано, что для образцов одного вида масла количество витамина Е может быть критерием качества и пищевой ценности, его содержание зависит от способа получения и качества сырья [12]. Для дорогостоящего кедрового масла именно содержание токоферола может служить косвенным подтверждением качества выбранного сырья и бережного прессования, низкое содержание токоферолов может служить признаком идущего окислительного процесса и накопления продуктов перекисного окисления. Высокое содержание витамина Е говорит, как правило, о фальсификации масла, добавлении, например, подсолнечного масла.

Цель настоящей работы – измерить содержание токоферола-антиоксиданта в кедровых маслах, полученных на разных предприятиях из ореха, собранного в разные годы. Также проследить динамику уменьшения содержания ТФ в процессе хранения масел в холодильнике и при комнатной температуре, в атмосфере воздуха или без доступа кислорода – капсулированного.

Экспериментальная часть

В работе исследовали кедровые масла, полученные 2014–2025 гг. производителями РФ из сырья, произрастающего в различных регионах, название фирм-производителей и даты изготовления приведены в таблице 1. Масла получены холодным прессованием, один из производителей предоставил масла, полученные методом экстракции спиртом и гексаном. Исследовано также капсулированное масло АО «РеалКапс» (Москва).

Измерения проведены на микрокалориметре, произведенном в ИХН СО РАН по оригинальной конструкции, методика измерений описана в работах [6–9]. Для натуральных растительных масел холодного прессования установлено, что токоферолы являются активными антиоксидантами с высокой константой скорости ингибирования $k_7 = (1.4-6.8) \cdot 10^4$ моль/л·с [6–12].

По экспериментальной кривой определяется период индукции реакции окисления кумола τ (сек), который связан со скоростью инициирования w_i (л/моль·с) и начальной концентрацией антиоксидантов $[AO]_0$ (моль/л) следующей формулой:

$$\tau = f \cdot n \cdot [AO]_0 / w_i \quad (1)$$

Формула (1) применяется для оценки концентрации антиоксидантов для сложных смесей природного происхождения, состав которых точно неизвестен [6–9, 12]. Ограничение метода – растворимость исследуемых фракций в кумоле, из объектов, выделенных из растительного сырья, это жирные, эфирные масла, липидные и углекислотные экстракты растений. В расчетах принимаем токоферол за сильный ингибитор с одной функциональной группой $n=1$ и стехиометрическим коэффициентом ингибирования $f=2$, зная скорость инициирования и период индукции, рассчитываем концентрацию токоферолов. Так как в маслах присутствуют 11 гомологов токоферола, то для расчетов мы усреднили вес четырех основных гомологов (α -, β -, γ -, σ -), получив средний вес 416 у.е., что на 3% отличается от веса наиболее распространенного и активного гомолога – α -токоферола.

Результаты и обсуждение

В таблице 1 приведены результаты измерений количества токоферола-антиоксиданта в жирных маслах кедровых орехов (*Pinus sibirica*), указаны производители и дата производства.

В присутствии кедрового масла на экспериментальных кривых (рис. 1) регистрируется четкий период индукции, используя который, по формуле (1) рассчитали количество токоферола-антиоксиданта. Полученные нами значения хорошо подтверждаются справочными данными, полученными методом хроматографии как много лет назад, так и сравнительно недавно [13, 14]. В работе [14] для определения токоферолов в маслах из разных регионов использовали метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Показано, что суммарное содержание токоферолов в масле кедрового ореха существенно отличается в образцах, полученных из разных регионов. Так, в кедровом орехе месторождения «Алтай» – 28.1, «Бурятия» – 45.2, «Тыва» – 39.2 (мг/100 г масла). Надо отметить, что результаты, полученные методом МК, могут быть завышенными вследствие синергизма ТФ с минорными компонентами масел (фосфолипидами, каротиноидами, фитостеринами). Активность синергистов природного происхождения основана на механизме восстановления токофероксильных радикалов до активной формы токоферола, это явление при сочетании разных компонентов многократно описано [1, 2].

В работе [15] получено доказательство, что суммарное содержание антиоксидантов в кедровом масле обусловлено токоферолом. Подтверждением этого вывода служит определенный в работе на реакции иницированного окисления кумола антиокислительный индекс, равный 2, одинаковый для кедрового масла и токоферола. Для трех образцов масел, произведенных в разное время года, представлена кинетика расхода суммарного содержания антиоксидантов, установлено, что за 10 месяцев эксперимента концентрация антиоксидантов уменьшилась во всех образцах почти на 60% [15].

Полученные в настоящей работе результаты (табл. 1) показали, что содержание витамина Е в кедровых маслах изменяется в пределах 37–60 мг%, максимальное количество установлено в маслах холодного прессования – 55–60 мг%. Причем один образец масла, прессованного из жареного ореха (п. 11), вопреки прогнозам не уступает по количеству витамина Е маслу из сырого ореха, при этом перекисное число не превышает норму $6.1 \frac{1}{2} O_2$ ммоль/кг, а кислотное число высокое 17.0 КОН/г, что свидетельствует об образовании свободных кислот при обжаривании ореха. Метод также позволяет определить фальсификацию кедрового масла, так, например, содержание витамина Е в масле, произведенном частным лицом (10-я строка таблицы 1) превышено, предположительно, кедровое масло разбавлено подсолнечным.

В работе [16] показано, что первостепенный фактор качества масла – это свежесть собранного на переработку кедрового ореха. Прокаливание ядра, длительное пребывание на воздухе ядра до прессования, длительное пребывание на воздухе кедрового масла позволяют реально получить масло с перекисным числом 8.5–9.0 ммоль О/кг, а из ореха весеннего сбора – масло с перекисным числом 9.0–12.0 ммоль О/кг. При этом жирнокислотный состав кедрового масла из весеннего и осеннего сбора идентичен, содержание токоферолов достаточно высоко – 50–55 мг/100 г [16]. Прокаливание как этап обработки ореха требуется для устранения бактерий и грибов, которые способствуют микробиологическому окислению жирных масел. На рисунке 2 приведена экспериментальная кривая, характерная для тестирования некачественного масла темного цвета, полученного из прокаленного ореха, нет четко выраженного периода индукции, поэтому расчет АО невозможен (образец 12).

Таблица 1. Содержание витамина Е в кедровых маслах (*Pinus sibirica*), произведенных по различным технологиям из сырья, собранного в разные годы. Модельная реакция окисления кумола, кислород, $t=60$ °С. $w_i=6.8 \cdot 10^{-8}$ л/моль с. (мг%- мг в 100 г)

№	Производитель	Дата выпуска	[АО] 10^{-3} , моль/кг	ТФ, мг%
1	ООО «СибирьЭко», Томск	27.01.2020	1.1	59
	ООО «СибирьЭко», Томск	15.10.2020		
	Мытое зерно		0.8–1.1	38–42
	Немытое зерно		1.1	42
2	ООО «Лаборатория Рузаева», Томск	30.11.2010 г.	1.44	60
	Масло кедровое, Томск + добавка кедровой живицы 5%		2.16	93
3	ИП Щмалыц Евгений, Томск	01.2014	0.9	39
4	ТД «СИБИРСКОЙ ОРЕХОВОЙ КОМПАНИИ», Томск	22.04.16	1.3	55
5	ООО «Жить долго», Томск	20.01.2014	0.86	37
		19.12.2015	1.06	45
		06.05.2018	0.94	40
6	ООО «Дары природы», Томск	2007	1.00	43
7	ООО «Сибэкопродукт», Томск	2007	1.26	54
8	ПКП «Лазурин», Новосибирск	23.01.2014	1.30	55
9	ООО «Центр-Сибирь», Нижневартовск	15.03.2014	0.98	41
10	Масло произведено частным лицом	9.2025 г	1.40	69
11	Масло кедровое (орех пережарен)	12.2024	1.2	53
12	Масло кедровое, перекаленный орех	20.01.14 г	–	–
	Темный цвет масла. Частный производитель			
13	ООО «Байкалэкопродукт», Улан-Удэ			
	Прессованное масло	2018 г.	0.86	37
	Экстракция масла гексаном		0.90	35
	Экстракции масла спиртом		0.55	23
14	Масло кедровое с ДКВ (0.5%).	2019	2.6	115
			5.68	244
15	ДКВ, 100% порошок (ООО «Химия древесины», Иркутск)	2016	33–40	–

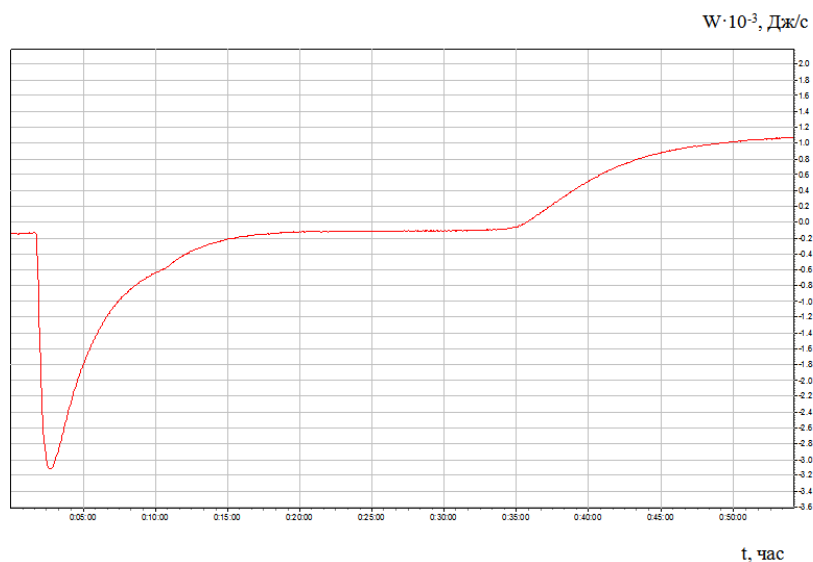


Рис. 1. Кривая тепловыделения модельной реакции окисления кумола в присутствии кедрового масла ООО «Жить долго», Томск. $C=106.50$ г/л. $[AO]=1.05 \cdot 10^{-3}$ моль/кг, ТФ 45 мг%. Кислород, $t=60$ °С. $w_i=6.8 \cdot 10^{-8}$ моль/л·с

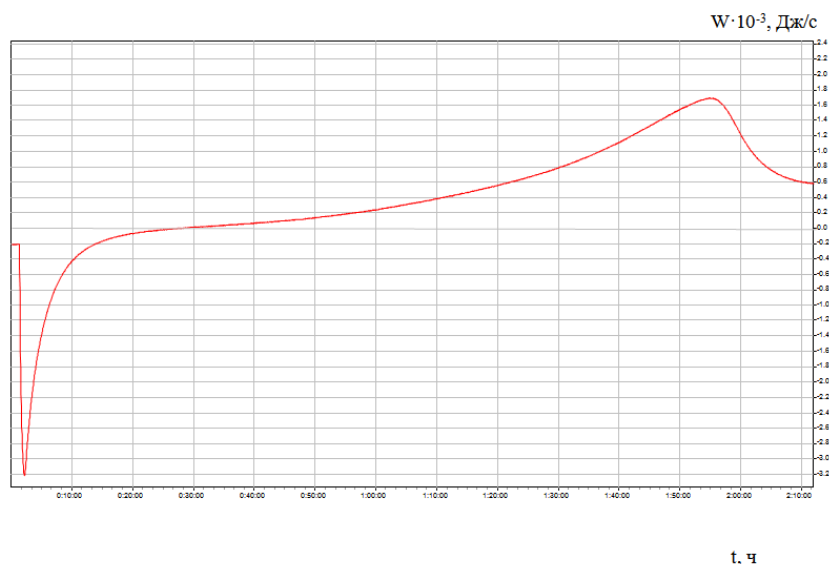


Рис. 2. Кривая тепловыделения модельной реакции окисления кумола в присутствии окисленного кедрового масла, полученного из прокаленного ореха. Период индукции не определяется. $C=37.33$ г/л. Кислород, $t=60$ °С. $w_i=6.8 \cdot 10^{-8}$ моль/л·с

Фирма ООО «СибирьЭко» (г. Томск) предоставила образцы прессованного масла, которое изготовлено из мытого ореха, так как известно, что загрязнения ускоряют окислительную порчу продукта. Результаты показывают незначительное преимущество качества масла из мытого ореха. В работе тестировались масла, полученные экстракцией спиртом или гексаном (ООО «БайкалЭкопродукт»), и как показали результаты, такая технология не имеет смысла, так как воздействие растворителей не приводит к эффективному выделению АО.

Для увеличения лечебно-профилактического действия кедровых масел производители добавляют в масло натуральную кедровую живицу, дигидрокверцетин – эти добавки являются доказанными природными антиоксидантами. По нашим данным, введение 5% кедровой живицы в два раза увеличивает концентрацию АО, а добавка 0.5% ДКВ в кедровое масло повышает АО-статус продукта до пяти раз. Дигидрокверцетин (ДКВ) – это природное биологически активное вещество из комлевой части ствола сибирской лиственницы с доказанной АО-активностью, биофлавоноид Р-витаминной группы. Работы В.А. Бабкина и соавторов Иркутского института химии им. А.Е. Фаворского СО РАН показали высокую антиоксидантную активность ДКВ для стабилизации продуктов питания [17, 18]. Авторы патента [19] предложили продукт функциональной направленности с увеличенной антиоксидантной активностью на основе кедрового, подсолнечного, облепихового масел и растительных фосфолипидов. Созданный пищевой продукт подходит для обогащения рациона питания незаменимыми жирными кислотами, токоферолами, β -каротином и фосфолипидами, которые создают заявленный антиоксидантный комплекс.

Для здоровья представляет опасность потребление масла с высоким перекисным числом, так как это свидетельствует об образовании продуктов окисления ПНЖК, что доказано обнаружением гидроперекисей липидов, которые затем распадаются до альдегидов, кетонов, кислот, эфиров [20]. В условиях хранения масел в бытовых холодильниках окисление масел происходит медленно, и в течение срока годности, гарантированного производителем, продукты окисления присутствуют в пределах нормы. По данным авторов работы [16], хранение фасованного кедрового масла при $t=10-17$ °С с изначально низким перекисным числом позволяет продлить срок годности кедрового масла до 1.5 года. Надо отметить, что скорость окисления будет выше для кедровых масел с более высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), которое меняется в диапазоне 66.53–71.08%, мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК) окисляются медленнее, их содержание составляет 21.94–24.62% [21]. Однако если в масле до истечения срока годности органолептическим методом определяется горечь, появляется неприятный запах, повышается вязкость, то такое масло не рекомендуется употреблять в пищу. Не стоит надеяться, что эндогенные антиоксиданты кедрового масла [22] остановят окислительный процесс, результаты многочисленных исследований доказывают, что для высокой пищевой ценности надо сделать акцент на качестве ореха, правильном хранении сырья и готового масла и рекомендовать для потребителей меньший срок годности.

В таблице 2 приведены данные по убыванию содержания витамина Е в процессе хранения и авто-окисления кедровых масел. Установлено, что через год хранения кедрового масла в холодильнике при температуре 4–6 °С концентрация антиоксидантов (токоферолов) в маслах, полученных ООО «СибирьЭко», практически не изменилась. Но при комнатной температуре в масле через 1 год и 3 месяца витамина Е не обнаружено, что свидетельствует о глубоко зашедших процессах окисления. Производитель масла ООО «СибирьЭко» проанализировал вопрос о влиянии процесса мытья зерна на качество и окисляемость масла, результаты содержания токоферола показали, что этот технологический этап необязателен, при хранении масла из мытого зерна скорость окисления не снижается. На образцах масел изначально высокого качества (ООО «Жить долго», г. Томск) наблюдали динамику уменьшения количество ТФ – через 3 месяца уменьшение составило 10%, через 2 года концентрация уменьшилась в два раза (на 50%). Капсулирование масла (АО «РеалКапс» г. Москва) позволяет сохранить качество на более долгий срок, убывание содержания ТФ на 50% произошло за 5 лет, это является основанием увеличить срок годности капсулированного масла до двух лет.

Таблица 2. Изменение концентрации антиоксиданта-токоферолов в кедровых маслах в процессе хранения

Производитель масла	Исходное сырье, срок и условия хранения	Содержание [ТФ], мг%
ООО «Жить долго», Томск	Свежепрессованное масло	45
	3 месяца	38
	2 года	20
«SIBERECO». ООО «СибирьЭко» Томск	Свежепрессованное масло:	
	Мытое зерно	38–42
	Немытое зерно	42
	Хранение 1 год 3 мес. в холодильнике	
	Мытое зерно	40
	Немытое зерно	41
Масло кедровое, капсулированное АО «РеалКапс», Москва	Мытое зерно – 1 год 3 мес. (хранение при комнатной температуре)	0
	Масло анализ 2021 г.	45
	Масло анализ 2026 г. (хранение 5 лет)	21

Выводы

Измерено количество витамина Е (суммарное содержание гомологов токоферола) в кедровых маслах, произведенных разными способами из сырья, собранного в 2014–2025 годы. Показано, что в зависимости от исходного сырья и метода получения содержание токоферолов составляет от 37 до 60 мг%. Метод позволяет определить фальсификацию масла, также выявить масла, произведенные из некачественного сырья. На образцах масла, полученных экстракцией растворителями, показано, что такой способ нерентабелен, так как не приводит к более высокому выделению биологически активных веществ.

В работе показано, что при хранении в холодильнике без доступа света автоокисление развивается медленно и концентрация токоферолов в кедровом масле в течение года снижается на 50%. При хранении на свету при комнатной температуре концентрация ТФ за год снижается до нулевой. Минимальный рост показателей окисления достигается в маслах, полученных из качественного сырья с изначально низкими значениями перекисных чисел. Капсулированные масла имеют более длительный срок хранения.

Добавка в масло живицы, дигидрокверцетина увеличивает антиоксидантную активность масла более, чем в два раза.

Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект FWRN-2021-0003.

Конфликт интересов

Автор данной работы заявляет, что у нее нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы предоставите соответствующие ссылки на автора(ов), источник и Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Прохорова Л.Т., Григорьева В.Н. Синергизм токоферолов и фосфолипидов // Масложировая промышленность. 2007. №5. С. 28–30.
2. Кутузова И.В., Сторожок Н.М., Рудакова И.Л., Тенцова А.И. Сравнительное изучение антиоксидантной активности витаминов Е, А, и β -каротина // Фармация. 1997. №4. С. 15–17.
3. А. с. №761902 (СССР). Способ количественного определения ингибитора-токоферола в подсолнечном масле / Л.М. Радченко, В.Ф. Цепалов, М.Е. Кончаловская, А.А. Шмидт, В.И. Пастухова, З.Г. Козлова. – 15.06.1980.
4. Бурлакова Е.Б., Храпова Н.Г. Перекисное окисление липидов мембран и природные антиоксиданты // Успехи химии. 1985. Т. 54, №9. С. 1540–1558.
5. Харитонов А.А., Козлова З.Г., Цепалов В.Ф., Гладышев Г.П. Кинетический анализ свойств антиоксидантов в сложных композициях с помощью модельной цепной реакции // Кинетика и катализ. 1979. Т. 20, №3. С. 593–599.
6. Патент №2249205 (РФ). Способ количественного определения токоферолов в растительных маслах / А.А. Великов, Н.В. Сизова. – 2005.
7. Сизова Н.В., Андреева Н.Ю. Определение витамина Е в растительных маслах методом микрокалориметрии // Химико-фармацевтический журнал. 2007. Т. 41, №6. С. 49–52.
8. Сизова Н.В. Содержание антиоксидантов в редкоиспользуемых растительных маслах // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья. Барнаул, 2014. Т. 1. С. 433–435.
9. Сизова Н.В. Снижение концентрации токоферолов в процессе окисления жирных масел // Химия растительного сырья. 2009. №1. С. 117–119.
10. Сидоренко Т.А. Динамика токоферолов в жмыхе и масле кедрового ореха // Пищевая и перерабатывающая промышленность. 2010. №2. С. 573.
11. Евтеева Н.М. Кинетическое исследование антиокислительного потенциала кедрового масла в процессе хранения // Хранение и переработка сельхозсырья. 2015. №10. С. 34–38.
12. Sizova N.V. A Content of Tocopherols as a Criterion of Natural Fatty Oil Quality // Book of Abstracts 2 Annual Russian-Korean Conference "Current issues of natural products chemistry and biotechnology. Novosibirsk, 2012. P. 150.
13. Калинин Ф.Л., Лобов В.П., Жидков В.А. Справочник по биохимии. Киев: Наукова думка, 1971. 1013 с.
14. Кускова И.С., Зубкова О.А., Отмахов В.И., Саркисов Ю.С. Сравнительная характеристика пищевой ценности кедровых орехов Сибирского региона // Известия высших учебных заведений. Серия «Химия и химическая технология». 2026. Т. 69, №1. С. 109–115.
15. Солонго Г., Нарантуя Ш. Жирнокислотный состав масла кедрового ореха // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: материалы международной научно-практической конференции. Красноярск, 2019. Т. 1-2. С. 115–119.
16. Егорова Е.Ю., Будаева В.В. Технологические факторы роста перекисного числа в кедровом масле // Масложировая промышленность. 2005. №6. С. 8–9.
17. Саввин А.В. Антиоксидант дигидрокверцетин // Молочная промышленность. 2006. №9. С. 64.
18. Бабкин В.А., Остроухова Л.А., Иванова С.З. и др. Продукты глубокой химической переработки биомассы листьев. Технология получения и перспективы использования // Российский химический журнал. 2004. Т. 48 (3). С. 62–69.
19. Патент №2647318 (РФ). Пищевой продукт на основе кедрового масла антиоксидантной направленности / К.В. Старовойтова, И.В. Долголюк, Л.В. Терещук. – 15.03.2018.
20. Некрасова Ю.О., Мезенова О.Я., Мерзель Й.Т., Кюн С. Биопотенциал семян кедровой сосны сибирской и его изменения в процессе хранения // Известия КГТУ. 2020. №56. С. 119–130.
21. Зилов Е.Н., Калугина З.И., Самойлова А.М. Мониторинг жирнокислотного состава растительного масла на основе кедр *Pinus sibirica* // Пищевая промышленность. 2023. №2. С. 18–21.
22. Ганиева Е.С., Багаутдинов И.И. Кедровые орехи источник антиоксидантов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции к 125-летию со дня рождения академика Н.Н. Семёнова. Орел, 2020. С. 16–21.

Поступила в редакцию 20 февраля 2025 г.

После переработки 24 июня 2026 г.

Принята к публикации 10 августа 2026 г.

Sizova N.V. CONTENT OF VITAMIN E IN CEDAR OILS OBTAINED BY METHODS OF PRESSING AND EXTRACTION

Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, ave. Akademicheskoy, 4, Tomsk, 634021, Russia, sizovaNV@mail.ru

Microcalorimetry was used to determine the vitamin E (tocopherol) content in cedar nut oils obtained via different processing methods from nuts harvested in different years. The analytical method employed is kinetic in nature, relying on the ability of tocopherol to act as an antioxidant and inhibit a model liquid-phase radical oxidation reaction. The study demonstrates that, depending on the raw material, the tocopherol content in cold-pressed oils ranges from 37 to 60 mg%. Higher tocopherol levels indicate oil adulteration. Solvent-extracted cedar oils do not exhibit elevated antioxidant levels, suggesting that the use of solvents is not advisable—particularly given that cedar oil is often regarded as a therapeutic product. It was found that high-quality oil with an initially low peroxide value stores well under refrigeration, with no decline in vitamin E concentration over the course of a year. Storage at room temperature significantly accelerates oxidation; the tocopherol concentration drops by 50% within a year, and heating in air at 40°C for one month causes the level to approach zero. Encapsulated oil oxidizes much more slowly, allowing manufacturers to extend the shelf life to two years. The study also shows that adding oleoresin or dihydroquercetin to cedar oil more than doubles the product's antioxidant activity.

Keywords: vitamin E analysis, cedar oil, radical oxidation, natural antioxidants, tocopherols.

For citing: Sizova N.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2026, no. 3, pp. 370–377. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260316929>.

References

1. Prokhorova L.T., Grigor'yeva V.N. *Maslozhirovaya promyshlennost'*, 2007, no. 5, pp. 28–30. (in Russ.).
2. Kutuzova I.V., Storozhok N.M., Rudakova I.L., Tentsova A.I. *Farmatsiya*, 1997, no. 4, pp. 15–17. (in Russ.).
3. Patent 761902 (USSR). 15.06.1980. (in Russ.).
4. Burlakova Ye.B., Khrapova N.G. *Uspekhi khimii*, 1985, vol. 54, no. 9, pp. 1540–1558. (in Russ.).
5. Kharitonova A.A., Kozlova Z.G., Tsepalov V.F., Gladyshev G.P. *Kinetika i kataliz*, 1979, vol. 20, no. 3, pp. 593–599. (in Russ.).
6. Patent 2249205 (RU). 2005. (in Russ.).
7. Sizova N.V., Andreyeva N.Yu. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2007, vol. 41, no. 6, pp. 49–52. (in Russ.).
8. Sizova N.V. *Novyye dostizheniya v khimii i khimicheskoy tekhnologii rastitel'nogo syr'ya*. [New Advances in the Chemistry and Chemical Technology of Plant Raw Materials]. Barnaul, 2014, vol. 1, pp. 433–435. (in Russ.).
9. Sizova N.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2009, no. 1, pp. 117–119. (in Russ.).
10. Sidorenko T.A. *Pishchevaya i pererabatyvayushchaya promyshlennost'*, 2010, no. 2, p. 573. (in Russ.).
11. Yevteyeva N.M. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya*, 2015, no. 10, pp. 34–38. (in Russ.).
12. Sizova N.V. *Book of Abstracts 2 Annual Russian-Korean Conference "Current issues of natural products chemistry and biotechnology"*. Novosibirsk, 2012, p. 150.
13. Kalinin F.L., Lobov V.P., Zhidkov V.A. *Spravochnik po biokhimii*. [Handbook of Biochemistry]. Kiev, 1971, 1013 p. (in Russ.).
14. Kuskova I.S., Zubkova O.A., Otmakhov V.I., Sarkisov Yu.S. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Seriya "Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya"*, 2026, vol. 69, no. 1, pp. 109–115. (in Russ.).
15. Solongo G., Narantuyaa Sh. *Nauka i obrazovaniye: opyt, problemy, perspektivy razvitiya: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Science and Education: Experience, Problems, and Development Prospects: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]. Krasnoyarsk, 2019, vol. 1-2, pp. 115–119. (in Russ.).
16. Yegorova Ye.Yu., Budayeva V.V. *Maslozhirovaya promyshlennost'*, 2005, no. 6, pp. 8–9. (in Russ.).
17. Savvin A.V. *Molochnaya promyshlennost'*, 2006, no. 9, p. 64. (in Russ.).
18. Babkin V.A., Ostroukhova L.A., Ivanova S.Z. i dr. *Rossiyskiy khimicheskii zhurnal*, 2004, vol. 48 (3), pp. 62–69. (in Russ.).
19. Patent 2647318 (RU). 15.03.2018. (in Russ.).
20. Nekrasova Yu.O., Mezenova O.Ya., Merzel' Y.T., Kyun S. *Izvesti KGTU*, 2020, no. 56, pp. 119–130. (in Russ.).
21. Zilov Ye.N., Kalugina Z.I., Samoylova A.M. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2023, no. 2, pp. 18–21. (in Russ.).
22. Ganiyeva Ye.S., Bagautdinov I.I. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii k 125-letiyu so dnya rozhdeniya akademika N.N. Semonova*. [Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference marking the 125th anniversary of the birth of Academician N.N. Semenov]. Orel, 2020, pp. 16–21. (in Russ.).

Received February 20, 2025

Revised June 24, 2026

Accepted August 10, 2026

Сведения об авторе

Сизова Наталья Витальевна – кандидат химических наук, ведущий инженер, sizovaNV@mail.ru

Information about author

Sizova Natalia Vitalyevna – Candidate of Chemical Sciences, Lead Engineer, sizovaNV@mail.ru