



Влияние температуры и бета-каротина на процессы гидролиза и окисления триацилглицеринов оливкового масла холодного отжима при хранении

Валентина С. Колодязная ¹	kvs_holod@mail.ru	 0000-0002-6339-4583
Мари Алнакуд ¹	marynackoud1992@gmail.com	
Татьяна В. Алексеева ²	zyablova@mail.ru	 0000-0001-8035-7293



¹ Национальный исследовательский университет ИТМО, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия

² Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по влиянию антиоксиданта бета-каротина и температуры хранения на гидролитические и окислительные процессы, протекающие при хранении оливкового масла холодного отжима, полученного из оливок, выращенных в почвенно-климатических условиях Сирии. Цель - исследовать влияние температуры и бета-каротина на кинетику реакций гидролиза триацилглицеринов (ТАГ) и окисления свободных жирных кислот (СЖК) оливкового масла в процессе хранения. Объектом исследования выбрано оливковое масло холодного отжима, полученное из оливок, выращенных в почвенно-климатических условиях Сирии по общепринятой технологии (урожай 2019 г.). Контрольные образцы №1 (без добавления антиоксиданта) и опытные с добавлением бета-каротина в количестве 400 (№2) и 600 мг/100г (№3) хранили при температуре 18°C в течение 7 мес. Образец масла №4 без добавления антиоксиданта хранили при температуре 4°C. В исследуемых образцах периодически определяли титриметрическим методом кислотное число, по изменению которого оценивали образование свободных жирных кислот в процессе гидролиза ТАГ, а также перекисное число, характеризующее образование продуктов окисления СЖК. Органолептические показатели качества оценивали по пятибалльной шкале. Рассчитаны константы скорости гидролиза ТАГ и окисления СЖК оливкового масла. Показано, что в процессе хранения опытных образцов масла значительно замедляются гидролитические и окислительные процессы ТАГ при добавлении антиоксиданта бета-каротина. Установлено что минимальные изменения содержания продуктов гидролиза ТАГ и окисления СЖК в процессе хранения оливкового масла при температуре +18°C характерны для образцов, содержащих 400 мг/л бета-каротина и для образцов масла, хранящихся при температуре +4°C без добавления антиоксиданта. Обоснованы сроки годности оливкового масла в зависимости от дозы бета-каротина и температуры хранения

Ключевые слова: оливковое масло, бета-каротин, качество, температура хранения, гидролиз, окисление

Influence of temperature and beta-carotene on the processes of hydrolysis and oxidation of triacylglycerins in extra virgin olive oil during storage

Valentina S. Kolodiaznaia ¹	kvs_holod@mail.ru	 0000-0002-6339-4583
Mary Alnakoud ¹	marynackoud1992@gmail.com	
Tatyana B. Alekseeva ²	zyablova@mail.ru	 0000-0001-8035-7293

¹ National Research University ITMO, str. Lomonosova 9, Saint- Petersburg, 191002, Russia

² Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The article presents the results of studies on the effect of antioxidant beta-carotene and storage temperature on hydrolytic and oxidative processes occurring during storage of extra virgin olive oil obtained from olives grown in the soil and climatic conditions of Syria. The aim is to study the effect of temperature and beta-carotene on the kinetics of reactions of hydrolysis of triacylglycerides (TAG) and oxidation of free fatty acids (FFA) of olive oil during storage. The object of the study was extra virgin olive oil obtained from olives grown in the soil and climatic conditions of Syria according to the generally accepted technology (harvest 2019). Control sample № 1 (without the addition of antioxidant) and experimental samples with the addition of beta-carotene in the amount of 400 (№ 2) and 600 mg/100 g (№ 3) were stored at a temperature of 18 °C for 7 months. Oil sample № 4 without the addition of antioxidants was stored at 4 °C. In the samples under study, the acid value was periodically determined by the titration method, according to the change in which the formation of free fatty acids during the hydrolysis of TAG, as well as the peroxide value characterizing the formation of FFA oxidation products, was estimated. The organoleptic assessment of the oil quality indicators according to the studied descriptors was 5 points. The rate constants of TAG hydrolysis and oxidation of FFA in olive oil have been calculated. It has been shown that during the storage of experimental oil samples the hydrolytic and oxidative processes of TAG significantly slow down with the addition of the antioxidant beta-carotene. It was found that minimal changes in the content of TAG hydrolysis products and FFA oxidation during storage of olive oil at a temperature of + 18 °C are characteristic for samples containing 400 mg/L of beta-carotene and for oil samples stored at a temperature of + 4 °C without the addition of an antioxidant. Expiration dates of olive oil are substantiated depending on the dose of beta-carotene and storage temperature

Keywords: olive oil, beta-carotene, quality, storage temperature, hydrolysis, oxidation

Для цитирования

Колодязная В.С., Алнакуд М., Алексеева Т.В. Влияние температуры и бета-каротина на процессы гидролиза и окисления триацилглицеринов оливкового масла холодного отжима при хранении // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 126–132. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-126-132

For citation

Kolodiaznaia V.S., Alnakoud M., Alekseeva T.V. Influence of temperature and beta-carotene on the processes of hydrolysis and oxidation of triacylglycerins in extra virgin olive oil during storage. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 126–132. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-126-132

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

В настоящее время на российский рынок поставляется оливковое масло различных сортов из многих стран мира, в том числе из Сирии.

В зависимости от технологии получения оливкового масла реализуются различные сорта, из которых наиболее востребованными на международном рынке является масло первого холодного отжима высшего качества, полученное методом прессования, без химических реагентов [1].

Оливковое масло отличается высокой биологической ценностью [2], содержит моно- и полиненасыщенные жирные кислоты, фенольные соединения, токоферолы и фитостерины [3]. Исследованиями ряда ученых показано, что химический состав и соотношение насыщенных и ненасыщенных кислот оливкового масла, его стабильность в процессе хранения зависят от сорта оливок, типа почвы, агротехники их выращивания, времени сбора урожая и технологии получения [1–4].

Основной причиной ухудшения качества масла, снижения пищевой и биологической ценности в процессе хранения является окисление насыщенных и особенно ненасыщенных жирных кислот, а также гидролиз ТАГ с образованием моно- и диглицеридов и свободных жирных кислот [4–7]. Устойчивость масел к окислению зависит от состава жирных кислот, структуры и концентрации антиоксидантных соединений (токоферолы, фенольные соединения, каротиноиды и др. [8]. Воздействие света, кислорода и температуры также влияют на качество оливкового масла в процессе хранения [9, 10].

Проведены исследования по влиянию температуры в интервале от 10 до 25 °С на качество оливкового масла при хранении [11, 12]. Показано, что низкие температуры вызывают изменение физического состояния масла, связанного с его кристаллизацией. Это превращение влияет на растворимость некоторых соединений, например фенольных. Некоторые из вышеупомянутых исследований также касались влияния замораживания на качество оливкового масла первого отжима [12, 13].

Показано, что при низких температурах хранения оливкового масла лучше сохраняются физико-химические показатели качества и стабильность в течение 12 мес хранения. Так, содержание фенольных соединений снижается на 24% при температуре хранения масла 15 °С на 9,5% – при температуре минус 4 °С и на 7,3% – при хранении в замороженном состоянии при -18 °С [8].

В исследованиях [14] отмечено, что после трех месяцев хранения значения перекисного числа в образце оливкового масла, хранящегося при температуре 20–22 °С, уменьшаются, но медленнее, чем в процессе хранения при более высоких температурах. Эти изменения связаны с тем, что со временем пероксиды превращаются во вторичные карбонильные соединения, которые отличаются высокой стабильностью к воздействию внешних факторов. Образование низкомолекулярных альдегидов и кетонов ухудшает качество масла, придавая ему прогорклый вкус [15–20].

В решении проблемы максимально возможного сохранения качества, пищевой и биологической ценности оливкового масла в процессе хранения актуальным и перспективным направлением исследований является применение антиоксидантов различной структуры в сочетании с температурой хранения, позволяющим замедлить процессы гидролиза ТАГ и окисления СЖК при пролонгированных сроках годности. В настоящее время высказываются противоречивые мнения по поводу эффективности и целесообразности применения антиоксидантов различной структуры в зависимости от сорта, технологии получения и температуры хранения оливкового масла.

Цель исследования – изучение влияния температуры хранения и дозы бета-каротина на процессы гидролиза ТАГ и окисления СЖК, физико-химические и органолептические показатели качества оливкового масла холодного отжима.

Материалы и методы

Объектом исследования выбрано оливковое масло холодного отжима, полученное из оливок, выращенных в почвенно-климатических условиях Сирии по общепринятой технологии. Урожай оливок собран в августе 2019 г. В качестве антиоксиданта использовали бета-каротин, фирмы «Экоресурс», Санкт-Петербург. В процессе исследования влияния температуры и дозы бета-каротина на гидролитические и окислительные процессы, протекающие в оливковом масле при хранении, контрольные (№ 1) и опытные образцы с добавлением бета-каротина в количестве 400 (№ 2) и 600 мг/100 г. (№ 3) хранили при температуре + 18 °С. Образец оливкового масла (№ 4) без добавления бета-каротина хранили при температуре + 4 °С.

Исследуемые образцы хранились в герметично закрытых бутылках из темного стекла.

Гидролиз ТАГ и образование СЖК оценивали по изменению кислотного числа (КЧ), образование продуктов окисления перекисных соединений (ПС) – по изменению перекисного числа (ПЧ). При поступлении на хранение и в течение этого процесса в исследуемых образцах периодически определяли: массовую долю жира – методом Сокслета; перекисное число – титрованием тиосульфатом натрия в присутствии йодистого калия (ГОСТ 26593–85); кислотное число – титриметрическим методом в спиртовой среде относительно стандартного раствора гидроксида калия (ГОСТ Р 52110–2003).

Органолептические показатели качества масла оценивали по пятибалльной шкале по следующим дескрипторам: цвет, запах, вкус и прозрачность оливкового масла.

Эксперименты проводили в трехкратной повторяемости, данные обрабатывали методом математической статистики с нахождением доверительного интервала при вероятности 95% с применением стандартных компьютерных программ, в таблицах и на рисунках представлены средние арифметические значения исследуемых показателей.

Результаты

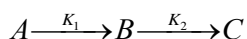
Механизм химических и биохимических реакций превращения ТАГ сложный, включает образование как лабильных и высоко реакционноспособных промежуточных соединений, так и стабильных конечных продуктов – карбонильных соединений. При изучении механизмов реакций на основе химико-кинетического подхода важное значение имеет последовательность трансформации ТАГ в промежуточные продукты, включающие продукты гидролиза СЖК и окисления (перекисные и гидро перекисные соединения), влияющие на качество и безопасность масла при длительном холодильном хранении.

Глубина и интенсивность этих процессов зависят от жирно-кислотного состава масла, дозы и структуры антиоксидантов, контакта с кислородом воздуха, и типа упаковочных материалов.

Кинетическое исследование заключалось в постановке экспериментов по изучению изменения СЖК и перекисных соединений (ПС) в зависимости от продолжительности хранения контрольных и опытных образцов оливкового масла при температуре + 18 и + 4 °С.

Обозначим содержание ТАГ, СЖК и ПС [A], [B], и [C] соответственно и составим кинетические уравнения:

Пусть последовательная реакция протекает по схеме:



Дифференциальные уравнения закона действующих масс для данной схемы запишем в следующем виде:

$$\frac{dA}{d\tau} = -K_1 A \quad (1)$$

$$\frac{dB}{d\tau} = K_1 A - K_2 B \quad (2)$$

$$\frac{dC}{d\tau} = K_2 C \quad (3)$$

где K_1 – константа скорости реакции образования СЖК, сут⁻¹; K_2 – константа скорости реакции окисления жиров, сут⁻¹.

Одно из уравнений полученной системы исключим, используя закон материального баланса:

$$A_0 = A + B + C \quad (4)$$

где A_0 – начальная концентрация ТАГ, $A_0 = 97,6\%$; A , B и C – концентрации веществ в любой момент времени.

Подставим $A = A_0 - B - C$ в уравнение (2), тогда

$$\begin{cases} \frac{dB}{d\tau} = K_1 A_0 - (K_1 + K_2) B - K_1 C \\ \frac{dC}{d\tau} = K_2 C \end{cases}$$

Полученная система дифференциальных уравнений является линейной и в результате решения этих уравнений концентрации веществ определяются следующими соотношениями:

$$\begin{cases} B = \frac{K_1 A_0}{K_2 - K_1} (\exp[-K_1 \tau] - \exp[-K_2 \tau]) \\ C = \frac{A_0 K_2}{K_2 - K_1} \left[(K_1 - K_2) + (K_2 \exp[-K_1 \tau]) - \right. \\ \left. - (K_1 \exp[-K_2 \tau]) \right] \\ A = A_0 - B - C \end{cases} \quad (5)$$

В процессе исследования влияния дозы антиоксиданта и температуры на процессы гидролиза ТАГ и окисления СЖК оливкового масла получены результаты по изменению кислотного и перекисного числа.

На рисунках 1 и 2 показана зависимость изменения содержания СЖК и ПЧ оливкового масла от дозы бета-каротина, температуры и продолжительности хранения.

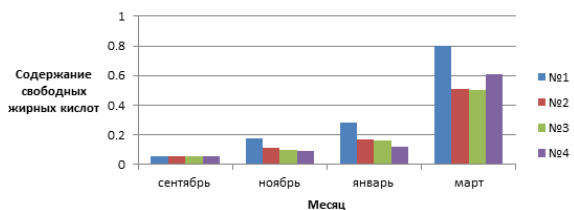


Рисунок 1. Изменение содержания СЖК (%) при хранении оливкового масла

Figure 1. Change of FFA content (%) during storage of olive oil

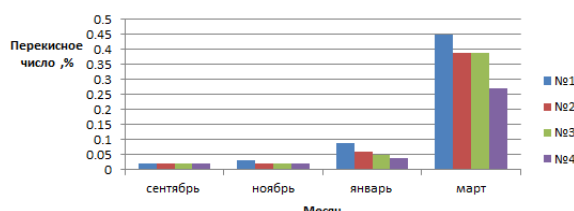


Рисунок 2. Изменение перекисного числа (% J2) оливкового масла в процессе хранения

Figure 2. Changes of peroxide value (% J2) during storage of olive oil

По результатам изменения содержания продуктов гидролиза ТАГ и окисления СЖК в процессе хранения оливкового масла в зависимости от дозы антиоксиданта, температуры и продолжительности хранения рассчитаны константы скорости реакции псевдопервого порядка K по формуле

$$K = 1/\tau \ln C_0/C, \quad (6)$$

где C_0 – начальная концентрация исследуемого соединения; C – концентрация исследуемого вещества в момент времени τ .

Значения констант скорости реакции гидролиза ТАГ K_1 и окисления СЖК K_2 приведены в таблицах 1 и 2. Зная значения констант, по формулам (5) можно определить содержание продуктов гидролиза и окисления в любой момент времени в пределах продолжительности хранения оливкового масла.

Таблица 1.

Константа скорости реакции гидролиза ТАГ оливкового масла при хранении, K_1 , сут⁻¹

Table 1.

Reaction rate constants of hydrolysis of olive oil TAG during storage, K_1 , day⁻¹

Образец Sample	Константа скорости реакции окисления K_2 , сут ⁻¹ Rate constant of oxidation reaction K_2 , days ⁻¹		
	$0 \leq \tau \leq 90$	$0 \leq \tau \leq 150$	$0 \leq \tau \leq 200$
№ 1	0.0121	0.0102	0.0131
№ 2	0.0067	0.0069	0.0107
№ 3	0.0066	0.0068	0.0106
№ 4	0.0045	0.0046	0.0116

Таблица 2.

Константа скорости реакции окисления СЖК оливкового масла при хранении, K_2 , сут⁻¹

Table 2.

Reaction rate constants of oxidation of FFA in olive oil TAG during storage, K_1 , day⁻¹

Образец Sample	Константа скорости реакции окисления K_2 , сут ⁻¹ Rate constant of oxidation reaction K_2 , days ⁻¹		
	$0 \leq \tau \leq 90$	$0 \leq \tau \leq 150$	$0 \leq \tau \leq 200$
№ 1	0.0045	0.0101	0.0156
№ 2	0	0.0061	0.0148
№ 3	0	0.0061	0.0144
№ 4	0	0.0046	0.0130

Как следует из рисунка 1, кислотность оливкового масла увеличивается в процессе хранения во всех образцах с различной скоростью, которая зависит от дозы антиоксиданта и температуры хранения и интенсивнее протекает в контрольном образце, особенно после 150 сут хранения при 18 °С.

В то время как образцы оливкового масла, в которые были добавлены в качестве антиоксиданта бета-каротин (№ 2, № 3) показали небольшое повышение кислотности после 5 мес хранения при 18 °С. Кислотное число значительно увеличилось в конце марта, особенно в контрольных образцах, хранящихся при температуре 18 °С.

Как следует из рисунка 2 в процессе хранения масла в течение 90 сут значение перекисного числа в четырех образцах оливкового масла незначительно увеличиваться в контрольном образце и не изменяется во всех опытных образцах.

Через 5 мес хранения значения перекисного числа постепенно увеличиваются во всех хранящихся образцах, то есть происходит окисление, прежде всего, ненасыщенных жирных кислот оливкового масла с образованием первичных нестабильных продуктов окисления.

Однако значение перекисного числа осталось в приемлемых пределах, но его значение в контрольном образце № 1 увеличилось значительно, чем в образцах № 2 и 3, к которым бета-каротин был добавлен в качестве природного антиоксиданта при различных концентрациях. Следовательно, бета-каротин замедляет процесс окисления ненасыщенных жирных кислот и, как следствие, увеличивается стабильность масла.

Значение перекисного числа в образце № 4, хранящемся при температуре 4 °С, незначительно увеличилось. Следовательно, низкая температура хранения снижает скорость образования гидропероксида.

В конце марта значение ПЧ во всех образцах значительно возросло, а допустимые естественные пределы превысили 0,2%. Однако значение пероксида в образце № 1 продолжало увеличиваться больше, чем в остальных образцах. Это связано с тем, что увеличилось количество СЖК в результате гидролиза ТАГ.

Значение ПЧ интенсивно увеличивалось во всех образцах в период от 150 до 200 сут хранения.

Как следует из таблицы 1, константа скорости реакции гидролиза и окисления ТАГ в период хранения масла до 90 сут значительно выше в контрольных образцах, хранящихся при температуре +18. Минимальные значения K_1 и K_2 отмечены для образцов масла, хранившихся при температуре +4 °С до 150 сут.

Проведена органолептическая оценка показателей качества исследуемых образцов масла по следующим дескрипторам: вкус, цвет, запах, прозрачность. Сенсорную оценку проводили при поступлении на хранение контрольных образцов масла, затем контрольных и опытных образцов через 5 и 7 мес хранения.

Данные приведены на рисунке 3.

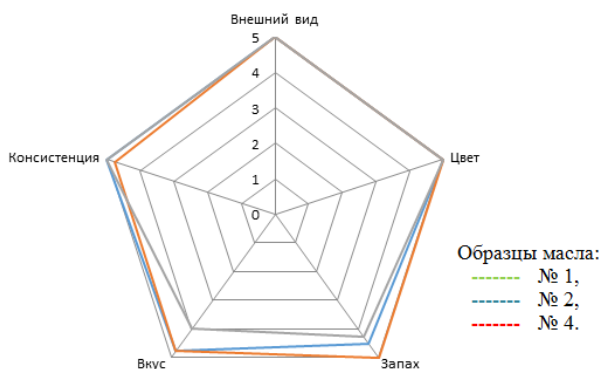


Рисунок 3. Органолептические показатели качества контрольных и опытных образцов масла через 7 мес хранения

Figure 3. Changes in the organoleptic indicators of the quality of control and experimental oil samples during storage after 7 months

При поступлении на хранение оливковое масло отличалось нежным вкусом, мягким приятным ароматом, зеленовато-желтым цветом и прозрачностью. Органолептическая оценка показателей качества масла по исследуемым дескрипторам составила 5 баллов.

После 5 мес хранения запах и вкус образца № 1 начал ухудшаться в результате окисления ненасыщенных жирных кислот и образования пероксидов. В то же время отмечено, что остальные три образца сохранили хороший вкус и запах.

Но через 7 мес хранения контрольный образец имел прогорклый привкус и неприятный запах из-за окисления ненасыщенных жирных кислот и образования соединений,

ответственных за неприятный запах и вкус, таких как альдегиды, кетоны и другие вторичные продукты окисления. В тоже время образцы масла, в которые добавлен бета-каротин (№ 2 и 3) и образец № 4, хранящийся при температуре 4 °С, имели более высокие баллы при сенсорной оценке вкуса и запаха, чем образец № 1 (рисунок 3). Не отмечено изменений в цвете масла во всех исследуемых образцах.

Следует отметить, что масло, хранящееся при температуре 4 °С кристаллизовалось, изменилась консистенция и было непрозрачным, но после выдерживания при температуре 18–20 °С кристаллы разрушались и масло приобретало характерную для него прозрачность.

Таким образом, в процессе хранения оливкового масла органолептические показатели масла изменялись в зависимости от продолжительности и температуры хранения и дозы антиоксиданта. Максимальная оценка органолептических показателей качества масла получена для образцов, хранящихся при температуре +18 °С с добавлением бета – каротина в количестве 400 мг/100 и хранящихся при температуре +4 °С без добавления антиоксиданта.

Заключение

На основании теоретических и экспериментальных исследований по хранению оливкового масла обосновано применение антиоксиданта бета-каротина, замедляющего процессы окисления насыщенных и ненасыщенных жирных кислот масла в процессе длительного хранения при температуре +18 °С.

На основании анализа результатов исследований сделаны следующие выводы:

1. Показано, что оливковое масло первого отжима, полученное из оливок, выращенных в почвенно-климатических условиях Сирии, содержит 97,6% ТАГ.

2. Установлено, что скорость реакций гидролиза ТАГ и окисления насыщенных и ненасыщенных жирных кислот оливкового масла зависит от дозы бета-каротина и температуры хранения. Составлены математические модели, характеризующие зависимости изменения перекисного и кислотного числа от продолжительности хранения при температуре +18 °С контрольных образцов оливкового масла, а также образцов, содержащих 400 и 600 мг/л бета – каротина. Определены константы скорости реакций псевдопервого порядка гидролиза и окисления свободных жирных кислот.

3. Установлено, что в процессе хранения опытных образцов масла значительно замедляются гидролитические и окислительные процессы ТАГ при добавлении антиоксиданта бета-каротина.

Показано, что минимальные изменения содержания продуктов гидролиза ТАГ и окисления СЖК в процессе хранения оливкового масла при температуре +18 °С характерны для образцов, содержащих 400 мг/л бета-каротина и для образцов масла, хранящихся при температуре +4 °С без добавления антиоксиданта.

4. По комплексу органолептических, физико-химических показателей качества и показателей безопасности оливкового масла рекомендуются следующие сроки годности при температуре хранения +18 °С: масло без добавления бета-каротина – 5 мес, с добавлением 400 мг/г бета – каротина – 7 мес, при температуре +4 °С без добавления антиоксидантов – 7 мес.

Литература

- 1 Silva S.F., Anjos C.A.R., Cavalcanti R.N., Celeghini R.M.D.S. Evaluation Of extra virgin olive oil stability by artificial neural network // Food Chem. 2015. V. 179. P. 35–43. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.01.100
- 2 Román G.C., Jackson R.E., Reis J., Román A.N. et al. Extra-virgin olive oil for potential prevention of Alzheimer disease. Rev. Neurol. 2019. V. 175. P. 705–723. doi: 10.1016/j.neurol.2019.07.017
- 3 Aparicio R., Harwood J. Handbook of olive oil. Boston, MA, USA: Springer, 2013. P. 431–478.
- 4 Stefanoudaki E., Williams M., Harwood J. Changes in virgin olive oil characteristics during different storage conditions // European Journal of Lipid Science and Technology. 2010. № 112(8). P. 906–914. doi: 10.1002/ejlt.201000066
- 5 Korifi R., Plard J., Le Dréau Y., Rébua C. et al. Highlighting metabolic indicators of olive oil during storage by the AComDim method // Food Chemistry. 2016. V. 203. P.104–116. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.01.137
- 6 Samaniego- Sánchez C., Oliveras- López M.J., Quesada- Granados J.J., Villalón- Mir M. et al. Alterations in picual extra virgin olive oils under different storage conditions // European Journal of Lipid Science and Technology. 2012. V. 114. № 2. P.194–204. doi: 10.1002/ejlt.201100191
- 7 Esposto S., Selvaggini R., Taticchi A., Veneziani G. et al. Quality evolution of extra-virgin olive oils according to their chemical composition during 22 months of storage under dark conditions // Food Chem. 2020. № 311. P. 126–144. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.126044
- 8 Dolores M. Influence of Extreme Storage Conditions on Extra Virgin Olive Oil Parameters // Analytical Methods in Chemistry. 2016. № 461. P. 1–10. doi: 10.1155/2016/7506807
- 9 Pristouri G., Badeka A., Kontominas M.G. Effect of packaging material headspace, oxygen and light transmission, temperature and storage time on quality characteristics of extra virgin olive oil // Food Control. 2010. V. 21. P. 412–418. doi: 10.1016/j.foodcont.2009.06.019
- 10 Farhoosh R., Hoseini-Yazdi S.Z. Shelf-life prediction of olive oils using empirical models developed at low and high temperatures // Food Chem. 2013. № 141. P. 557–565. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.03.024
- 11 Arranz S., Martínez-Huélamo M., Vallverdu-Queralt A., Valderas-Martinez P. et al. Influence of olive oil on carotenoid absorption from tomato juice and effects on postprandial lipemia // Food chemistry. 2015. V. 168. P. 203–210. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.07.053
- 12 Li X., Zhu H., Shoemaker C.F., Wang S.C. The effect of different cold storage conditions on the compositions of extra virgin olive oil // J. Am. OilChem. Soc. 2014. № 91. P. 1559–1570. doi: 10.1007/s11746-014-2496-0
- 13 Mulinacci N., Ieri F., Ignesti G., Romani A. et al. The freezing process helps to preserve the quality of extra virgin olive oil over time: A case study up to 18 months // Food Res. Int. 2013. № 54. P. 2008–2015. doi: 10.1016/j.foodres.2013.03.052
- 14 Ayton J.R.M. The Effect of Storage Conditions on Extra Virgin Olive Oil Quality. Barton, Australia: Rural Industries Research and Development Corporation. 2012. № 12/024. URL: <https://1.oliveoiltimes.com/library/Olive-Oil-Storage>
- 15 Kráčmar S., Fišera M., Přikrylová V. Storage Of Extra virgin olive oil and its impact on fatty acids levels // J. Microbiol Biotech Food Science. 2017. № 8. P. 1228–1230.
- 16 Abbadi J., Afaneh I., Ayyad Z., Al-Rimawi F. et al. Evaluation of the effect of packaging materials and storage temperatures on quality degradation of extra virgin olive oil from olives grown in Palestine // Am. J. Food Sci. Technol. 2014. № 2. P. 162–174.
- 17 Lolis A., Badeka A.V., Kontominas M.G. Effect of bag-in-box packaging material on quality characteristics of extra virgin olive oil stored under household and abuse temperature conditions // Food Package. 2019. № 21. P. 2–7.
- 18 Tekaya M., Mechri B., Bchir A., Attia F. et al. Enhancement of antioxidants in olive oil by foliar fertilization of olive trees // Journal of the American Oil Chemists' Society. 2013. V. 90. № 9. P. 1377–1386. doi: 10.1007/s11746-013-2286-0
- 19 García-Ruiz A.B., Chova-Martínez M., Bermejo-Román R. Improvement of Physico-chemical Properties of Arbequina Extra Virgin Olive Oil Enriched with β -Carotene from Fungi // Journal of Oleo Science. 2021. P. ess20195.
- 20 Casado-Díaz A., Dorado G., Quesada-Gómez J. M. Influence of olive oil and its components on mesenchymal stem cell biology // World journal of stem cells. 2019. V. 11. № 12. P. 1045. doi: 10.4252/wjsc.v11.i12.1045


References

- 1 Silva S.F., Anjos C.A.R., Cavalcanti R.N., Celeghini R.M.D.S. Evaluation Of extra virgin olive oil stability by artificial neural network. Food Chem. 2015. vol. 179. pp. 35–43. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.01.100
- 2 Román G.C., Jackson R.E., Reis J., Román A.N. et al. Extra-virgin olive oil for potential prevention of Alzheimer disease. Rev. Neurol. 2019. vol. 175. pp. 705–723. doi: 10.1016/j.neurol.2019.07.017
- 3 Aparicio R., Harwood J. Handbook of olive oil. Boston, MA, USA: Springer, 2013. pp. 431–478.
- 4 Stefanoudaki E., Williams M., Harwood J. Changes in virgin olive oil characteristics during different storage conditions. European Journal of Lipid Science and Technology. 2010. no. 112(8). pp. 906–914. doi: 10.1002/ejlt.201000066
- 5 Korifi R., Plard J., Le Dréau Y., Rébua C. et al. Highlighting metabolic indicators of olive oil during storage by the AComDim method. Food Chemistry. 2016. vol. 203. pp.104–116. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.01.137

- 6 Samaniego- Sánchez C., Oliveras- López M.J., Quesada- Granados J.J., Villalón- Mir M. et al. Alterations in picual extra virgin olive oils under different storage conditions. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2012. vol. 114. no. 2. pp.194–204. doi: 10.1002/ejlt.201100191
- 7 Esposto S., Selvaggini R., Taticchi A., Veneziani G. et al. Quality evolution of extra-virgin olive oils according to their chemical composition during 22 months of storage under dark conditions. *Food Chem.* 2020. no. 311. pp. 126-144. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.126044
- 8 Dolores M. Influence of Extreme Storage Conditions on Extra Virgin Olive Oil Parameters. *Analytical Methods in Chemistry*. 2016. no. 461. pp. 1–10. doi: 10.1155/2016/7506807
- 9 Pristouri G., Badeka A., Kontominas M.G. Effect of packaging material headspace, oxygen and light transmission, temperature and storage time on quality characteristics of extra virgin olive oil. *Food Control*. 2010. vol. 21. pp. 412–418. doi: 10.1016/j.foodcont.2009.06.019
- 10 Farhoosh R., Hoseini-Yazdi S.Z. Shelf-life prediction of olive oils using empirical models developed at low and high temperatures. *Food Chem.* 2013. no. 141. pp. 557–565. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.03.024
- 11 Arranz S., Martínez-Huélamo M., Vallverdu-Queralt A., Valderas-Martinez P. et al. Influence of olive oil on carotenoid absorption from tomato juice and effects on postprandial lipemia. *Food chemistry*. 2015. vol. 168. pp. 203-210. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.07.053
- 12 Li X., Zhu H., Shoemaker C.F., Wang S.C. The effect of different cold storage conditions on the compositions of extra virgin olive oil. *J. Am. OilChem. Soc.* 2014. no. 91. pp. 1559–1570. doi: 10.1007/s11746-014-2496-0
- 13 Mulinacci N., Ieri F., Ignesti G., Romani A. et al. The freezing process helps to preserve the quality of extra virgin olive oil over time: A case study up to 18 month. *Food Res. Int.* 2013. no. 54. pp. 2008–2015. doi: 10.1016/j.foodres.2013.03.052
- 14 Ayton J.R.M. The Effect of Storage Conditions on Extra Virgin Olive Oil Quality. Barton, Australia: Rural Industries Research and Development Corporation. 2012. no. 12/024. Available at: <https://1.oliveoiltimes.com/library/Olive-Oil-Storage>
- 15 Kráčmar S., Fišera M., Přikrylová V. Storage Of Extra virgin olive oil and its impact on fatty acids levels. *J. Microbiol Biotech Food Science*. 2017. no. 8. pp. 1228–1230.
- 16 Abbad J., Afaneh I., Ayyad Z., Al-Rimawi F. et al. Evaluation of the effect of packaging materials and storage temperatures on quality degradation of extra virgin olive oil from olives grown in Palestine. *Am. J. Food Sci. Technol.* 2014. no. 2. pp. 162–174.
- 17 Lolis A., Badeka A.V., Kontominas M.G. Effect of bag-in-box packaging material on quality characteristics of extra virgin olive oil stored under household and abuse temperature conditions. *Food Package*. 2019. no. 21. pp. 2–7.
- 18 Tekaya M., Mechri B., Bchir A., Attia F. et al. Enhancement of antioxidants in olive oil by foliar fertilization of olive trees. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2013. vol. 90. no. 9. pp. 1377-1386. doi: 10.1007/s11746-013-2286-0
- 19 García-Ruiz A.B., Chova-Martínez M., Bermejo-Román R. Improvement of Physico-chemical Properties of Arbequina Extra Virgin Olive Oil Enriched with β -Carotene from Fungi. *Journal of Oleo Science*. 2021. pp. ess20195.
- 20 Casado-Díaz A., Dorado G., Quesada-Gómez J. M. Influence of olive oil and its components on mesenchymal stem cell biology. *World journal of stem cells*. 2019. vol. 11. no. 12. pp. 1045. doi: 10.4252/wjsc.v11.i12.1045


Сведения об авторах

Валентина С. Колодязная д.т.н., профессор, факультет биотехнологий, Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия, kvs_holod@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6339-4583>


Мари Алнакуд аспирант, факультет биотехнологий, Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия, maryalnakoud1992@gmail.com

Татьяна В. Алексеева д.т.н., профессор, кафедра торгового дела и товароведения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, zyblov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8035-7293>

Information about authors

Valentina S. Kolodiaznaia Dr. Sci. (Engin.), professor, biotechnology department, National Research University ITMO, str. Lomonosova 9, Saint- Petersburg, 191002, Russia, kvs_holod@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6339-4583>

Mary Alnakoud graduate student, biotechnology department, National Research University ITMO, str. Lomonosova 9, Saint-Petersburg, 191002, Russia, maryalnakoud1992@gmail.com

Tatyana B. Alekseeva Dr. Sci. (Engin.), professor, trade and commodity science department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, zyblov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8035-7293>

Вклад авторов

Валентина С. Колодязная написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Мари Алнакуд обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Татьяна В. Алексеева консультация в ходе исследования

Contribution

Valentina S. Kolodiaznaia wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Mary Alnakoud review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Tatyana B. Alekseeva consultation during the study

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 01/04/2021	После редакции 18/04/2021	Принята в печать 26/05/2021
Received 01/04/2021	Accepted in revised 18/04/2021	Accepted 26/05/2021