

БИОТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ, ЛЕКАРСТВЕННЫХ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ / BIOTECHNOLOGY OF FOOD PRODUCTS, MEDICINAL AND BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.131.60>

ОПТИМИЗАЦИЯ СРОКОВ ГОДНОСТИ ОЛИВКОВОГО МАСЛА ХОЛОДНОГО ОТЖИМА С ДОБАВЛЕНИЕМ АЛЬФА-ТОКОФЕРОЛА

Научная статья

Алнакуд М.^{1,*}, Колодязная В.С.², Булькран М.³

¹ ORCID : 0000-0003-2951-9490;

² ORCID : 0000-0002-6339-4583;

³ ORCID : 0000-0002-1204-5041;

^{1,2,3} Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (marynackoud1992[at]gmail.com)

Аннотация

Окислительные процессы, протекающие при хранении растительных масел, снижают качество, пищевую и биологическую ценность, сокращают продолжительность их хранения. Для замедления данных процессов применяют природные и синтетические антиоксиданты, эффективность которых зависит от их химического состава, дозы, технологии получения масла из оливок различных сортов и температуры хранения.

Цель – изучить влияние альфа-токоферола на кинетику реакций окисления жирных кислот оливкового масла холодного отжима и оптимизировать сроки годности при длительном хранении.

Объектом исследования выбрано оливковое масло холодного отжима, полученное из оливок, выращенных в почвенно-климатических условиях Сирии по общепринятой технологии (урожай 2021 г.). Контрольные и опытные образцы (с антиоксидантом) хранили при температуре 20 °С до 12 мес. В исследуемых образцах в процессе хранения периодически определяли органолептические показатели качества по пятибалльной шкале, перекисное число стандартным титриметрическим методом, жирно-кислотный состав методом высокоэффективной газовой хроматографии на хроматографе Shimadzu.

Показано, что оливковое масло отличается высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот, особенно олеиновой (65,7%). Установлено, что добавление антиоксиданта замедляет окислительные процессы жирных кислот. Значения константы скорости реакции окисления псевдопервого порядка, характеризующих образование первичных продуктов, снижаются по сравнению с контролем в 1,59 – 5,46 раза в зависимости от дозы и продолжительности хранения. Составлено уравнение регрессии, характеризующее зависимость изменения значений ПЧ от дозы альфа-токоферола и продолжительности хранения оливкового масла. Рекомендованы следующие сроки годности оливкового масла холодного отжима в процессе хранения при температуре 20 °С, сут – 180, 240 и 300, дозы альфа-токоферола: мг /л – 400, 900 и 1400 соответственно. При увеличении срока годности масла в 2,6 – 4,3 раза относительно контроля добавление альфа-токоферола в рекомендуемых дозах обеспечивает максимальное сохранение жирно-кислотного состава, качества, безопасности, пищевой и биологической ценности, что имеет важное практическое значение для предприятий, занимающихся транспортировкой и хранением оливкового масла.

Ключевые слова: оливковое масло, антиоксиданты, альфа-токоферол, перекисное число, окисление.

OPTIMIZING THE EXPIRY DATE OF COLD PRESSED OLIVE OIL WITH THE ADDITION OF ALPHA-TOCOPHEROL

Research article

Alnakoud M.^{1,*}, Kolodyznaya V.S.², Boulkrane M.³

¹ ORCID : 0000-0003-2951-9490;

² ORCID : 0000-0002-6339-4583;

³ ORCID : 0000-0002-1204-5041;

^{1,2,3} National Research University ITMO, Saint-Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author (marynackoud1992[at]gmail.com)

Abstract

Oxidative processes occurring during storage of vegetable oils reduce the quality, nutritional and biological value, shorten the duration of their storage. To slow down these processes natural and synthetic antioxidants are used, their effectiveness depends on their chemical composition, dosage, technology of olive oil of different varieties and storage temperature.

The aim is to study the effect of alpha-tocopherol on the kinetics of oxidation reactions of fatty acids in cold-pressed olive oil and to optimize expiration dates for long-term storage.

Cold-pressed olive oil obtained from olives grown under Syrian soil and climate conditions using conventional technology (2021 harvest) was chosen as an object of study. Control and experimental samples (with antioxidant) were stored at 20 °C for up to 12 months. Organoleptic quality parameters were periodically determined in the studied samples during storage using a five-point scale, peroxide number by standard titrimetric method, fatty acid composition by high-performance gas chromatography on a Shimadzu chromatograph.

It was shown that olive oil is characterized by a high content of unsaturated fatty acids, especially oleic acid (65.7%). It was found that the addition of an antioxidant slows down the oxidative processes of fatty acids. The values of pseudo-first-order oxidation reaction rate constant characterizing the formation of primary products are reduced by 1.59-5.46 times compared to control, depending on the dose and duration of storage. The regression equation describing relationship of change in IF values with alpha-tocopherol dose and storage duration of olive oil was drawn up. The following shelf life of cold-pressed olive oil at 20 °C, days – 180, 240 and 300, doses of alpha-tocopherol: mg/l – 400, 900 and 1400 accordingly. With increase of oil shelf life by 2,6-4,3 times in comparison with control, addition of alpha-tocopherol in recommended doses provides maximum preservation of fatty acid composition, quality, safety, food and biological value that has an important practical value for enterprises dealing with transportation and storage of olive oil.

Keywords: olive oil, antioxidants, alpha-tocopherol, peroxide number, oxidation.

Введение

Многими исследователями отмечено, что оливковое масло, отличаясь сбалансированным составом и соотношением насыщенных, моно- и полиненасыщенных жирных кислот, необходимо в ежедневном рационе питания человека и имеет важное значение в профилактике многих заболеваний [1], [2]. Качество и жирно-кислотный состав оливкового масла зависят от многих факторов, важнейшими из которых являются почвенно-климатические условия, сортовые особенности, технологии получения и хранения масла [3].

Оливковое масло холодного отжима, полученное из плодов оливок физическими методами без химических реагентов и готовое к употреблению после экстракции, отличается нежным вкусом, мягким приятным ароматом, зеленовато-желтым цветом, а также высокой биологической и пищевой ценностью благодаря жирно-кислотному составу, очень богатому мононенасыщенной олеиновой кислотой и антиоксидантными фенольными соединениями каротиноидами и фитостеринами [4].

Важное значение в сохранении качества, пищевой и биологической ценности масла имеют технологические параметры хранения, влияющие на гидролитические и окислительные процессы, которые приводят к образованию свободных жирных кислот, перекисных и карбонильных соединений, ухудшающих вкус и запах масла. Все эти процессы являются причиной снижения пищевой и биологической ценности масла и сокращения срока его годности [5].

Многие исследователи изучали влияние таких синтетических антиоксидантов, как бутилированные гидрокситолуол и гидроксианизол на сохранение качества масел и жиров и увеличение срока их годности [6]. Доказана эффективность их применения в технологии хранения растительных масел. Но в связи с возможностью их вредного воздействия на здоровье человека предпочтение отдается антиоксидантам природного происхождения [7], [8].

Некоторые ученые исследовали влияние витамина Е на окислительные процессы подсолнечного масла при хранении и было показано, что образцы масла с добавлением этого антиоксиданта имели более низкие значения перекисного и кислотного числа, чем его образцы без антиоксидантов [9]. Другие учёные изучали влияние добавления растительных экстрактов (экстракты розмарина, тимьяна, зеленого чая и др.) на окислительную стабильность масел и жиросодержащих продуктов. Отмечено, что эти экстракты, благодаря тому, что они содержат фенольные соединения, увеличивают срок годности масел и сохраняют их качество [10], [11].

Актуальным и перспективным направлением исследований является применение природных антиоксидантов, позволяющим замедлить процессы окисления жирных кислот оливкового масла при пролонгированных сроках годности.

В настоящее время отсутствует научная информация по применению токоферолов при хранении оливкового масла холодного отжима.

Цель исследования – изучить влияние альфа-токоферола на кинетику реакций окисления жирных кислот оливкового масла холодного отжима и оптимизировать сроки годности при длительном хранении.

Методы и принципы исследования

Объектом исследования выбрано оливковое масло холодного отжима, полученное из оливок, выращенных в почвенно-климатических условиях Сирии по общепринятой технологии. Урожай оливок собран в августе 2021 г.

В качестве природного антиоксиданта использовали альфа-токоферол (ТУ 27547-87) [12].

В исследуемых образцах при поступлении на хранение и периодически в процессе хранения оценивали образование первичных продуктов окисления насыщенных и ненасыщенных жирных кислот путём определения перекисного числа титрованием тиосульфатом натрия в присутствии йодистого калия (ГОСТ 26593–85) [13].

Состав жирных кислот оливкового масла определяли методом газовой хроматографии на хроматографе LC-20 производства Shimadzu [14].

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

Для оптимизации сроков годности масла в зависимости от дозы антиоксиданта и продолжительности хранения при температуре $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ использован метод планирования полного двухфакторного эксперимента [15].

Прежде чем приступить к математическому планированию полного двухфакторного эксперимента (ПДЭ) и нахождению математической модели для оптимизации исследуемых факторов предварительно проводили одно факторные эксперименты, характеризующие зависимость изменения ПЧ и жирно-кислотного состава от дозы антиоксиданта в процессе хранения, выбранных на основании анализа научной информации и собственных исследований [16]. При изучении влияния антиоксиданта на окислительные процессы оливкового масла при хранении, контрольные (№ 1) и опытные образцы с добавлением антиоксиданта в количестве, мг /л: 400 (№2) и 800 (№3) хранили в течение 12 мес при температуре $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ в плотно закрытых бутылках в темном месте.

Матрица планирования ПДЭ, постановка серии параллельных опытов, проверка их воспроизводимости, получение математического описания процесса окисления жирных кислот оливкового масла в виде уравнения регрессии, проверка значимости коэффициентов и гипотезы адекватности уравнения проводились по методике, изложенной в работе [15]. В качестве функции отклика принято значение ПЧ (Упч) в качестве факторов выбраны доза альфа-токоферола С (кодированная переменная X_1) и продолжительность хранения τ (кодированная переменная X_2). Математическое описание процесса хранения находили в виде уравнения регрессии:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1x_2$$

Где y – функция отклика, в данном случае значения ПЧ, ммоль O_2 / кг;

$b_0; b_1; b_2; b_3$ – коэффициенты уравнения регрессии;

X_1, X_2 – кодированные переменные, связанные с C и τ следующими соотношениями:

$$X_1 = (C - C_0)/\Delta C$$

$$X_2 = (t - t_0)/\Delta t$$

Полученное уравнение регрессии $Упч = f(C, t)$ использовали для оптимизации сроков годности оливкового масла методом крутого восхождения.

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.

Основные результаты

3.1 Кинетика реакций окисления жирных кислот оливкового масла при хранении

В процессе исследования влияния дозы антиоксиданта на процессы окисления жирных кислот оливкового масла получены результаты по изменению перекисного числа. На рис. 1 показана зависимость изменения ПЧ оливкового масла холодного отжима контрольных и опытных образцов от продолжительности хранения.

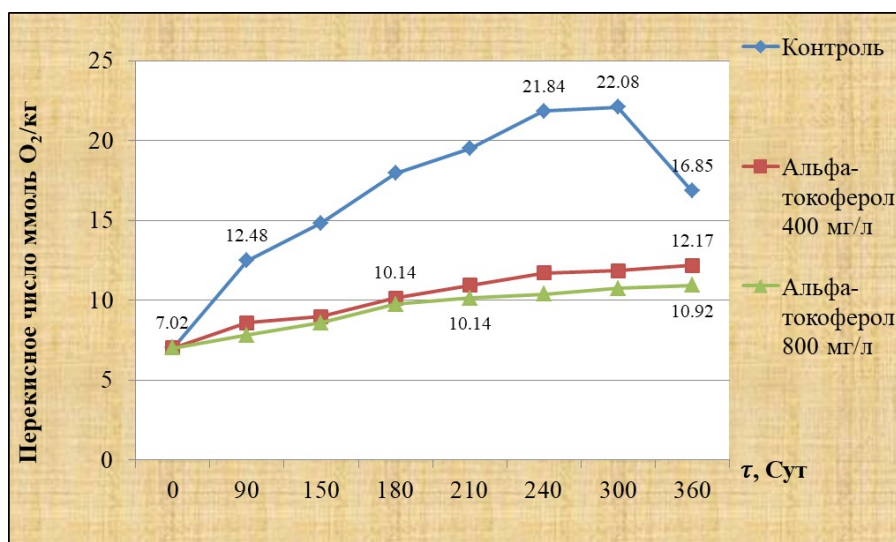


Рисунок 1 - Изменение перекисного числа (миллимоль активного кислорода /кг) оливкового масла в процессе хранения

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.131.60.1>

По результатам изменения содержания продуктов окисления в зависимости от добавленной дозы альфа-токоферола и продолжительности хранения рассчитаны константы скорости реакции псевдопервого порядка K по формуле [16]:

$$K = 1/t * \ln[(c_0/c)]$$

где C_0 – начальные значения ПЧ;

C – значения ПЧ в момент времени t .

Значения констант скорости реакции окисления жирных кислот K приведены в табл.1.

Таблица 1 - Константа скорости реакции окисления жирных кислот оливкового масла при хранении

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.131.60.2>

Номер образца	Константа скорости реакции окисления $K_1, \text{сут}^{-1}$						
	$0 \leq \tau \leq 90$	$0 \leq \tau \leq 150$	$0 \leq \tau \leq 180$	$0 \leq \tau \leq 210$	$0 \leq \tau \leq 240$	$0 \leq \tau \leq 300$	$0 \leq \tau \leq 360$
№ 1	0,0064	0,0049	0,0052	0,0049	0,0047	0,0038	0,0024
№ 2	0,0022	0,0016	0,0020	0,0021	0,0021	0,0017	0,0015
№ 3	0,0018	0,0013	0,0018	0,0017	0,0016	0,0014	0,0012

Как следует из представленных данных, добавление антиоксиданта замедляет окислительные процессы жирных кислот. Так, значения К в период хранения масла снижаются по сравнению с контролем для опытных образцов №2 в 1,59 – 2,23 раза, образцов №3 – в 1,97 – 5,46 в зависимости от продолжительности хранения. Минимальные значения К в течение всего периода хранения масла отмечены для образцов масла, содержащих 800 мг/л альфа токоферола.

Следует отметить, что в соответствии с нормативными документами РФ (ТР ТС 024/2011) [17] для растительных масел, в том числе оливкового, допускается максимальное значение ПЧ = 10 ммоль активного кислорода /кг. В этом случае сроки годности контрольных образцов масла составляют менее 90 сут, опытных образцов №2 и №3– 180 и 210 сут соответственно (рис. 1). По нормативным документам Сирии (182: 2016) [18] в оливковом масле экстра-класса допускается ПЧ=20 ммоль активного кислорода /кг. В контрольных образцах данное значение ПЧ достигается через 210 сут хранения, в опытных образцах масла в процессе хранения в течение 360 сут значения ПЧ ниже 20 ммоль O₂/кг (рис. 1).

Отмечено, что в контрольных образцах при хранении масла после 300 сут происходит уменьшение ПЧ, что объясняется образованием вторичных стабильных карбонильных соединений, ухудшающих качество масла.

3.2 Динамика жирнокислотного состава оливкового масла при хранении

При поступлении оливкового масла на хранение содержание триацилглицеринов составляет 97,6 %. В табл. 2 приведены данные по содержанию насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в оливковом масле. Как следует из представленных данных, из насыщенных жирных кислот преобладает пальмитиновая кислота 154 мг/г, содержание стеариновой кислоты составляет 33 мг/г. Из мононенасыщенных жирных кислот преобладает олеиновая кислота 675 мг/г, из полиненасыщенных – линоленовая кислота в количестве 134 мг/г .

Незначительную долю (1-2%) составляют следующие полиненасыщенные жирные кислоты: линолевая, эйкозотетраеновая, эйкозодиеновая, докозогексаеновая, пентадекановая и гептадекановая.

Таблица 2 - Содержание насыщенных и ненасыщенных кислот оливкового масла при поступлении на хранение

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.131.60.3>

Метилловый эфир карбоновой кислоты	Концентрация жирных кислот мг/г масла
Миристиновая кислота	0,20 ± 0,02
Пальмитиновая кислота	154 ± 6
Стеариновая кислота	33 ± 4
Эйкозановая кислота	2,80 ± 0,20
Олеиновая кислота (омега 9)	675 ± 24
Линоленовая кислота	134 ± 8
цис-11,14-эйкозодиеновая кислота (омега 6)	0,60 ± 0,03

Таблица 3 - Состав жирных кислот образцов оливкового масла № 1-№ 3 через 120 сут хранения

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.131.60.4>

Метилловый эфир карбоновой кислоты	№1	№2	№3
Миристиновая кислота	0,09 ± 0,01	0,11 ± 0,02	0,19 ± 0,03
Пальмитиновая кислота	82 ± 4	123 ± 6	135 ± 7
Стеариновая кислота	21,89 ± 0,93	26,23 ± 0,74	29,87 ± 1,06
Эйкозановая кислота	3,30 ± 0,16	2,28 ± 0,11	2,51 ± 0,12
Олеиновая кислота (омега 9)	316 ± 12	407 ± 16	471 ± 18
Линоленовая кислота	26,41 ± 0,84	38,47 ± 0,93	47,73 ± 1,14
цис-11,14-эйкозодиеновая кислота (омега 6)	0,45 ± 0,02	0,51 ± 0,03	0,52 ± 0,03

Таблица 4 - Состав жирных кислот образцов оливкового масла № 1-№ 3 через 360 сут хранения

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.131.60.5>

Метилловый эфир карбоновой кислоты	№1	№2	№3
Миристиновая кислота	0,13 ± 0,01	0,15 ± 0,01	0,18 ± 0,02
Пальмитиновая кислота	59,0 ± 3,4	80,0 ± 4,0	86,0 ± 4,3
Стеариновая кислота	17,52 ± 0,63	21,80 ± 0,76	23,71 ± 0,81
Эйкозановая кислота	2,62 ± 0,13	2,78 ± 0,13	4,61 ± 0,21
Олеиновая кислота (омега 9)	151 ± 9	176 ± 11	188 ± 13
Линоленовая кислота	22,46 ± 0,78	28,57 ± 0,83	38,43 ± 0,96
цис-11,14-эйкозодиеновая кислота (омега 6)	0,44 ± 0,02	0,54 ± 0,02	0,96 ± 0,04

Как следует из результатов, представленных в табл. 2-4, содержание насыщенных и ненасыщенных жирных кислот уменьшается в течение всего периода хранения. Так, при хранении в течение 120 сут количество пальмитиновой кислоты при хранении контрольных и опытных образцов №2 и №3 снижается в 1,87; 1,25 и 1,14 раза; стеариновой – в 1,51; 1,26 и 1,10, олеиновой – 2,14; 1,66 и 1,43; линоленовой – в 5,15; 3,52 и 2,85 раза соответственно. При хранении оливкового масла контрольных и опытных образцов (№2) и (№3) в течение 360 сут существенно уменьшается содержание олеиновой и линоленовой кислот. Так, количество олеиновой кислоты уменьшается в 4,47; 3,83 и 3,59 раза; линоленовой – в 5,95; 4,61 и 3,48 соответственно. Таким образом, в процессе хранения оливкового масла при (20 ± 1)°С добавление антиоксиданта в указанных дозах замедляет процесс окисления насыщенных и ненасыщенных жирных кислот.

3.3 Составление уравнения регрессии и оптимизация сроков годности оливкового масла

На основании анализа полученных данных при постановке однофакторного эксперимента для получения математического описания процесса окисления жирных кислот при хранении масла на основном уровне выбраны: доза альфа-токоферола $C_0 = 600$ мг/л; продолжительность хранения $t_0 = 180$ сут; интервалы варьирования $\Delta C = 200$ мг/л и $\Delta t = 60$ сут; верхний уровень (+1) для $C = 800$ мг/л, $t = 240$ сут; нижний уровень (-1) для $C = 400$ мг/л, $t = 120$ сут.

Матрица планирования ПДЭ и результаты опытов по изменению значений ПЧ приведены в табл. 5. Опыты по определению ПЧ проведены при одинаковых условиях в двукратной повторяемости.

Таблица 5 - Матрица планирования ПДЭ и результаты опытов по изменению ПЧ

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.131.60.6>

№ серии опытов	Условия опыта							
	С, мг/л	X_1	Т, сут	X_2	Результаты параллельных опытов, Упч		Упч, ммоль О2/кг S2	S^2
					y_1	y_2		
1	400	-1	120	-1	7,8	8,2	8,0	0,08
2	800	+1	120	-1	7,4	7,2	7,3	0,02
3	400	-1	240	+1	11,0	11,4	11,2	0,08
4	800	+1	240	+1	9,7	10,3	10,0	0,18

Для проверки воспроизводимости опытов определены: среднее арифметическое значение функции отклика Упч, оценка дисперсии для каждой серии параллельных опытов S^2 (табл. 5); погрешность экспериментов при определении оценки дисперсии воспроизводимости [15]. Расчетные значения критерия Кохрена G_r определены при общем количестве оценок дисперсий и числе степеней свободы $f=1$. Табличное значение критерия Кохрена ($G_{табл}=0,907$) найдено при доверительной вероятности 0,95 и $f=1$. Так как $G_{р1}=0,39$ меньше $G_{табл}$, то опыты воспроизводимы, а оценки дисперсий – однородны.

На основании данных, представленных в табл. 5, определены коэффициенты уравнения регрессии и получено математическое описание процесса окисления жирных кислот, характеризующее зависимость изменения перекисного числа от дозы антиоксиданта и продолжительности хранения в виде уравнения регрессии.

$$У_{пч} = 9,10 - 0,48X_1 + 1,47X_2 - 0,12X_1X_2$$

Для подтверждения адекватности полученного уравнения изучаемому процессу проведены статистический анализ значимости коэффициентов регрессии и проверка адекватности уравнения регрессии.

Значимость коэффициентов регрессии определяли из условия $|b| \geq |S_b|$, S_b – оценка дисперсии среднего значения при погрешности для четырех серий опытов и двух параллельных опытов равна 0,11.

Где t_{α} – значение критерия Стьюдента, найденное при доверительной вероятности 0,95 и числе степеней свободы $f=3$ равен 3,18.

Показано, что коэффициент при произведении факторов не значим.

Для проверки адекватности уравнения регрессии рассчитаны:

– оценка дисперсии адекватности ($S_{ад}^2$):

$$S_{ад}^2 = 1/(N - B) \sum_1^N S_j^2 * (y_{пч}^э - y_{пч}^р)$$

где B – число коэффициентов регрессии искомого уравнения, включая и свободный член, $B=3$;

$y_{пч}^э - y_{пч}^р$ – экспериментальное и расчетное значение функции отклика в j – м опыте;

N – число опытов полного факторного эксперимента, $N=4$;

F – критерий Фишера; расчетный $F_p=5,0$ табличный $F_r=7,7$. Так как расчетные значения меньше табличных, то уравнение адекватно описывает изучаемый процесс. Окончательное уравнение регрессии:

$$Y_{пч} = 9,10 - 0,48X_1 + 1,47X_2$$

Из уравнения следует, что увеличение дозы антиоксиданта замедляет образование перекисных соединений, увеличение продолжительности хранения ускоряет этот процесс. Используем данное уравнение для оптимизации факторов при следующих ограничениях: оптимизация заканчивается при значениях: ПЧ y_1 10 ммоль O_2 / кг (ТР ТС 024 /2011), продолжительность хранения до 300 сут.

Характеристики эксперимента по оптимизации факторов методом крутого восхождения приведены в табл. 6.

Таблица 6 - Результаты оптимизации дозы альфа- токоферола и срока годности оливкового масла холодного отжима

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.131.60.7>

Характеристика и № опыта	С мг/л	T, сут	X_1	X_2	Y^p пч	$Y^э$ пч
Основной уровень	600	180	0	0	–	–
Интервал варьирования Δx_i	200	60	–	–	–	–
Шаг движения	100	20				
Крутое восхождение						
Опыт	С мг/л	T, сут	X_1	X_2	Y^p пч	$Y^э$ пч
1	700	200	0,50	0,33	9,3	9,4
2	800	220	1,00	0,66	9,6	9,8
3	900	240	1,50	1,00	9,8	9,7
4	1000	260	2,00	1,33	10,1	10,6
5	1100	260	2,50	1,33	9,8	9,7
6	1200	280	3,00	1,66	10,0	9,6
7	1300	300	3,50	2,00	10,4	10,8
8	1400	300	4,00	2,00	10,0	9,6

Как следует из данных, представленных в табл. 6, продолжительность хранения оливкового масла, обеспечивающая допустимое значение ПЧ, а следовательно и максимальное сохранение качества, пищевой и биологической ценности зависит от дозы антиоксиданта. В зависимости от желаемой продолжительности хранения оливкового масла от 200 до 300 сут дозы антиоксиданта можно варьировать от 700 до 1400 мг /л. Например, при хранении масла в течение 180, 240 и 300 сут рекомендуемая доза альфа-токоферола составляет, мг /л – 400, 900 и 1400 соответственно.

Проведена органолептическая оценка показателей качества исследуемых образцов оливкового масла по следующим дескрипторам: вкус, цвет, запах, прозрачность при поступлении на хранение и в процессе хранения.

При поступлении масла на хранение, затем через 180, 240 и 300 сут хранения опытных образцов результаты сенсорной оценки были идентичны и составили 5 баллов: масло отличалось нежным вкусом, мягким приятным ароматом зеленовато-желтым цветом и прозрачностью.

Отмечено ухудшение вкуса и запаха контрольных образцов масла через 8 мес хранения, что очевидно связано с образованием низкомолекулярных альдегидов и кетонов окисления ненасыщенных жирных кислот и образования пероксидов. Не отмечено изменений цвета масла в контрольных и опытных образцах в течение всего периода хранения.

Заключение

Показано, что оливковое масло холодного отжима, полученное из оливок, выращенных в почвенно-климатических условиях Сирии, содержит 97,6% триацилглицеринов, отличается высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот, особенно олеиновой (65,7%) и линоленовой (13,4%), из насыщенных преобладают пальмитиновая (15,4 %) и стеариновая (3,3%).

Установлено, что добавление антиоксиданта замедляет окислительные процессы жирных кислот, скорость которых зависит от дозы альфа-токоферола и продолжительности хранения оливкового масла. Так, значения константы скорости реакции окисления псевдопервого порядка, характеризующих образование первичных продуктов, снижаются по сравнению с контролем в 1,59 – 5,46 раза в зависимости от дозы и продолжительности хранения.

Составлено уравнение регрессии, характеризующее зависимость изменения значений ПЧ от дозы альфа-токоферола и продолжительности хранения оливкового масла. Методом крутого восхождения в условиях ограничения по значению ПЧ не более 10 ммоль активного кислорода /кг (ТР ТС 024/2011) оптимизированы дозы антиоксиданта и сроки годности оливкового масла. Рекомендованы следующие сроки годности оливкового масла холодного отжима в процессе хранения при температуре 20 °С, сут – до 180, 240 и 300 и дозы альфа-токоферола, мг /л - 400, 900 и 1400 соответственно. При увеличении срока годности масла в 2,6 – 4,3 раза относительно контроля добавление альфа-токоферола в рекомендуемых дозах обеспечивает максимальное сохранение жирно-кислотного состава, качества, безопасности, пищевой и биологической ценности, что имеет важное практическое значение для предприятий, занимающихся транспортировкой и хранением оливкового масла.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

- Ahmad M.S Effect of Some Medicinal Plants on Life Cycle of Citrus Brown Mites. / M.S Ahmad, A Shawky, M.O. Ghobashy // International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences. — 2018. — 4. — p. 13-17.
- Sargia B. MED-PDB: An online database of medicinal plants. / B. Sargia, B. Singh, N. Gupta // Journal of Advanced Pharmacy Education & Research. — 2018. — 7. — p. 204-207.
- Esmailzadeh-Shahrestani F. Investigation of Antioxidant and Antibacterial Characteristics in Cydonia Leaves Extract. / F. Esmailzadeh-Shahrestani // Journal of Environmental Biosciences. — 2017. — 6. — p. 1-4.
- Bertuccioli M. The Sensory Quality of Extra-virgin Olive Oil. / M. Bertuccioli, E. Monteleone // Wiley Online Library. — 2012. — 6. — p. 35-56.
- Jamie Ayton R.M. The Effect of Storage Conditions on Extra Virgin Olive Oil Quality. / R.M. Jamie Ayton // Barton, Australia: Rural Industries Research and Development Corporation. — 2012. — 12/024.
- Martínez M.L. Effect of Natural and Synthetic Antioxidants on the Oxidative Stability of Walnut Oil under Different Storage Conditions. / M.L. Martínez, M.C. Penci, V. Ixtaina // LWT – Food Science and Technology. — 2013. — 51(1). — p. 44-50.
- Gizachew Z. Influence of Storage Condition and Added Vitamin E on Oxidation Stability of Edible Sunflower and Nigger Seed Oils Produced and Sold around Bahir Dar City, Ethiopia. / Z. Gizachew // J Food Process Technol. — 2020. — 821. — p. 1-11.
- Li X. Shelf Life of Extra Virgin Olive Oil and Its Prediction Models. / X. Li, C.S. Wang // Journal of Food Quality. — 2018. — 3.
- Zhang Y. Oxidative Stability of Sunflower Oil by Carnosic Acid Compared with Synthetic Antioxidants during Accelerated Storage. / Y. Zhang, L. Yang, X. Chen // Food Chemistry. — 2010. — 118. — p. 656-662.
- Sielicka M. Effect of Rosemary Extract on the Sensory Quality of Flaxseed Oil during Storage. / M. Sielicka, M. Małecka // Studia Oeconomica Posnaniensia. — 2017. — 7. — p. 88-103.
- Soldo B. The Effect of Selected Herb Extracts on Oxidative Stability of Vegetable Oils. / B. Soldo, I. Andelić, N. Nikolov // Croatica Chemica Acta. — 2019. — 92(3). — p. 331-336.
- ГОСТ 27547-87 витамин Е (-Токоферола ацетат). — Введ. 1989-01-01. — М.: ИПК, 2002. — 8 с.
- ГОСТ 26593-85. Масла растительные. Методы определения перекисного числа. — М.: Стандартинформ, 1987. — 8 с.
- ГОСТ 31664-2012. Масла растительные и жиры животные. Метод определения состава жирных кислот в положении 2 в молекулах триглицерида. — М.: Стандартинформ, 2014. — 11 с.
- Колодязная В.С. Методология научных исследований в пищевой биотехнологии / В.С. Колодязная, Е.И. Кипрушкина, Д.А. Бараненко и др. — СПб: Университет ИТМО, 2019. — с. 146.
- Колодязная В.С. Влияние температуры и бета-каротина на процессы гидролиза и окисления триацилглицеринов оливкового масла холодного отжима при хранении / В.С. Колодязная, М. Алнакуд, Т. Алексеева // Вестник ВГУИТ. — 2021. — 2. — с. 126-132.
- ТР ТС 024/2011. Технический регламент на масложировую продукцию // Технический регламент Таможенного союза. — 2011. — 52 с.

18. Syrian Standard SNS 182:2016. Olive oil. — Standard, 2016. — 21 p.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ahmad M.S Effect of Some Medicinal Plants on Life Cycle of Citrus Brown Mites. / M.S Ahmad, A Shawky, M.O. Ghobashy // International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences. — 2018. — 4. — p. 13-17.
2. Sargia B. MED-PDB: An online database of medicinal plants. / B. Sargia, B. Singh, N. Gupta // Journal of Advanced Pharmacy Education & Research. — 2018. — 7. — p. 204-207.
3. Esmailzadeh-Shahrestani F. Investigation of Antioxidant and Antibacterial Characteristics in Cydonia Leaves Extract. / F. Esmailzadeh-Shahrestani // Journal of Environmental Biosciences. — 2017. — 6. — p. 1-4.
4. Bertuccioli M. The Sensory Quality of Extra-virgin Olive Oil. / M. Bertuccioli, E. Monteleone // Wiley Online Library. — 2012. — 6. — p. 35-56.
5. Jamie Ayton R.M. The Effect of Storage Conditions on Extra Virgin Olive Oil Quality. / R.M. Jamie Ayton // Barton, Australia: Rural Industries Research and Development Corporation. — 2012. — 12/024.
6. Martínez M.L. Effect of Natural and Synthetic Antioxidants on the Oxidative Stability of Walnut Oil under Different Storage Conditions. / M.L. Martínez, M.C. Pencic, V. Ixtaina // LWT – Food Science and Technology. — 2013. — 51(1). — p. 44-50.
7. Gizachew Z. Influence of Storage Condition and Added Vitamin E on Oxidation Stability of Edible Sunflower and Nigger Seed Oils Produced and Sold around Bahir Dar City, Ethiopia. / Z. Gizachew // J Food Process Technol. — 2020. — 821. — p. 1-11.
8. Li X. Shelf Life of Extra Virgin Olive Oil and Its Prediction Models. / X. Li, C.S. Wang // Journal of Food Quality. — 2018. — 3.
9. Zhang Y. Oxidative Stability of Sunflower Oil by Carnosic Acid Compared with Synthetic Antioxidants during Accelerated Storage. / Y. Zhang, L. Yang, X. Chen // Food Chemistry. — 2010. — 118. — p. 656-662.
10. Sielicka M. Effect of Rosemary Extract on the Sensory Quality of Flaxseed Oil during Storage. / M. Sielicka, M. Małacka // Studia Oeconomica Posnaniensia. — 2017. — 7. — p. 88-103.
11. Soldo B. The Effect of Selected Herb Extracts on Oxidative Stability of Vegetable Oils. / B. Soldo, I. Anđelić, N. Nikolov // Croatica Chemica Acta. — 2019. — 92(3). — p. 331-336.
12. GOST 27547-87 vitamin E (-Tokoferola atsetat) [GOST 27547-87 vitamin E (a -tocopherol acetate)]. — Introduced 1989-01-01. — M.: IPK, 2002. — 8 p. [in Russian]
13. GOST 26593-85. Masla rastitel'nye. Metody opredeleniya perekisnogo chisla [Vegetable oils. Methods for determining the peroxide value]. — M.: Standartinform, 1987. — 8 p. [in Russian]
14. GOST 31664-2012. Masla rastitel'nye i zhiry zhivotnye. Metod opredeleniya sostava zhirnyh kislot v polozenii 2 v molekulah triglicerido [Vegetable oils and animal fats. Method for determination of the composition of fatty acids in the position 2 of the triglyceride molecules]. — M.: Standartinform, 2014. — 11 p. [in Russian]
15. Kolodyaznaya V.S. Metodologiya nauchnyh issledovaniy v pishchevoj biotekhnologii [Research Methodology in Food Biotechnology] / V.S. Kolodyaznaya, E.I. Kiprushkina, D.A. Baranenko et al. — St. Petersburg: ITMO University, 2019. — p.146. [in Russian]
16. Kolodyaznaya V.S. Vliyaniye temperatury i beta-karotina na processy gidroliza i okisleniya triacilglicerinov olivkovogo masla holodnogo otzhima pri hranenii [Influence of Temperature and Beta-carotene on the Processes of Hydrolysis and Oxidation of Triacylglycerols of Cold-pressed Olive Oil during Storage] / V.S. Kolodyaznaya, M. Alnakud, T. Alekseeva // Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. — 2021. — 2. — p. 126-132. [in Russian]
17. TR CU 024/2011. Tekhnicheskij reglament na maslozhirovuyu produkciyu [Technical regulations for oil and fat products] // Technical regulations of the Customs Union. — 2011. — 52 p. [in Russian]
18. Syrian Standard SNS 182:2016. Olive oil. — Standard, 2016. — 21 p.