

УДК 664.34:637.144

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4\(58\)-108-118](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-4(58)-108-118)

Поступила в редакцию 15.11.2022

Received 15.11.2022

А. Н. Никитенко¹, А. М. Мазур², Д. В. Савенок¹, С. А. Ламоткин¹, З. Е. Егорова¹¹Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь²Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ К ОКИСЛЕНИЮ КУПАЖЕЙ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ХРУСТЯЩЕГО КАРТОФЕЛЯ

Аннотация. Хрустящий картофель активно вошел в число потребляемых продуктов современного человека. Пищевая ценность обжаренных продуктов обусловлена содержанием полиненасыщенных жирных кислот (далее ПНЖК) групп ω -3 и ω -6, относящихся к эссенциальным веществам в питании человека. Оптимальное соотношение потребления ω -3 и ω -6 жирных кислот для поддержания здоровья людей должен быть на уровне 1 : (3–5). Обжаривание картофеля в маслах приводит к протеканию процесса окисления, поэтому важным является повышение устойчивости к окислению купажей растительных масел с оптимальным соотношением ω -3 и ω -6 жирных кислот в процессе термической обработки. Цель работы — разработать купажи на основе растительных масел со сбалансированным соотношением ПНЖК и повышенной устойчивостью к окислению путем добавления экстракта розмарина и смеси токоферолов для производства хрустящего картофеля. Перед испытаниями в разработанные купажи на основе растительных масел, кукурузное и льняное — 70 : 30 (мас.%), кукурузное и рыжиковое — 60 : 40 (мас.%), добавляли антиокислители экстракт розмарина (30 мг/100 г) и смесь токоферолов (80 мг/100 г). Предварительно подготовленный картофель обжаривали при температуре $(135 \pm 5)^\circ\text{C}$. В чипсах из сырого картофеля исследовали органолептические показатели, массовую долю влаги и массовую долю жира. Сенсорный анализ купажей растительных масел включал оценку цвета, вкуса и запаха. Окислительные процессы в маслах при обжаривании оценивали по изменению перекисного и кислотного числа. Установлено, что лучшая способность к замедлению процесса окисления купажей растительных масел с оптимизированным составом ω -3 и ω -6 жирных кислот до 2,5 раз наблюдалась при добавлении смеси токоферолов. Разработанные купажи растительных масел с оптимизированным составом ω -3 и ω -6 жирных кислот на основе кукурузного и рыжикового, кукурузного и льняного масел с добавлением антиокислителей могут быть использованы в качестве нагревающей среды для производства хрустящего картофеля, соответствующего требованиям качества.

Ключевые слова: купажи растительных масел, окисление липидов, полиненасыщенные жирные кислоты, антиокислители, линоленовая кислота, хрустящий картофель

A. N. Nikitenko¹, A. M. Mazyr², D. V. Savenok¹, S. A. Lamotkin¹, Z. E. Egorova¹¹Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus²Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus

INVESTIGATION OF THE RESISTANCE TO OXIDATION OF BLENDS OF VEGETABLE OILS FOR CRISPY POTATO PRODUCTION

Abstract. Crispy potatoes are actively included in the number of consumed products of modern man. The nutritional value of fried foods is determined by the content of polyunsaturated fatty acids of the ω -3 and ω -6 groups, which are essential substances in human nutrition. The optimal level of consumption of ω -3 and ω -6 fatty acids to maintain human health should be at the level of 1 : (3–5). Frying potatoes in oils leads to the oxidation process, so it is important to increase the resistance to oxidation of blends of vegetable oils with an optimal ratio of ω -3 and ω -6 fatty acids during heat

treatment. The aim of the work is to develop blends based on vegetable oils with a balanced ratio of PUFAs and increased resistance to oxidation by adding rosemary extract and a mixture of tocopherols for the production of crispy potatoes. Before testing, the developed blends based on vegetable oils, corn and linseed - 70 : 30 (wt.%), corn and camelina - 60 : 40 (wt.%), were added with antioxidants rosemary extract (30 mg/100 g) and a mixture of tocopherols (80 mg/100 g). The pre-prepared potatoes were fried at a temperature of $(135 \pm 5)^\circ\text{C}$. Organoleptic parameters, mass fraction of moisture and mass fraction of fat were studied in raw potato chips. Sensory analysis of blends of vegetable oils included an assessment of color, taste and smell. Oxidative processes in oils during frying were evaluated by changes in peroxide and acid numbers. It has been established that the best ability to slow down the process of oxidation of blends of vegetable oils with an optimized composition of ω -3 and ω -6 fatty acids up to 2.5 times was observed with the addition of a mixture of tocopherols. The developed mixtures of vegetable oils with an optimized composition of ω -3 and ω -6 fatty acids based on corn and camelina, corn and linseed oils with the addition of antioxidants can be used as a heating medium for cooking crispy potatoes that meet the quality requirements.

Key words: vegetable oil blends, BAFS, lipid oxidation, polyunsaturated fatty acids, antioxidants, linolenic acid, crisp

Введение. Хрустящий картофель являются пищевым продуктом активно вошедшим в культуру потребления современного человека и используется для быстрого утоления голода, перекуса между основными приемами пищи. Наибольшей популярностью чипсы пользуется у молодежной аудитории, детей и очень занятых людей, что связано с особыми сенсорными впечатлениями: сочетание консистенции и мягкого обволакивающего ощущения во рту (восприятие масла) [1, 2].

Для переработки растительного сырья на хрустящий картофель предусмотрены различные виды тепловой обработки: бланширование, жарка, сушка (конвективная, ИК, микроволновая и др.). Перспективные научные исследования в области производства хрустящего картофеля направлены на предпочтительный выбор различных видов растительных масел для обжарки [1, 3].

Пищевая ценность обжаренного продукта обусловлены рядом факторов, среди которых особая роль принадлежит сырью и применяемым для жарки растительным маслам, которые являются источником ω -3, ω -6, ω -9 полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). Научно доказана роль полиненасыщенных жирных кислот как эссенциальных веществ в питании человека, профилактике и лечении ряда заболеваний и состояний. Данные свойства ПНЖК связаны с количеством и соотношением ω -3, ω -6 ПНЖК. Для поддержания оптимального уровня ПНЖК необходимо потреблять ω -3, ω -6 в соотношении 1:(5–10), а для профилактики ряда заболеваний — 1 : (3–5) [4–6].

Многочисленные исследования нутрициологов указывают на несбалансированное потребление ПНЖК населением, включая уязвимые группы (дети, люди пожилого возраста, страдающие различными видами заболеваний). Путь решения проблемы нехватки физиологических функциональных ингредиентов в питании человека заключается в создании купажей растительных масел с оптимизированным составом жирных кислот [7–9]. Однако область применения масел ограничивается, так как известно, что в их состав входят ненасыщенные жирные кислоты, которые подвергаются окислению при воздействии кислорода воздуха. Химические изменения происходят в положении двойных связей и их скорость приблизительно соотносится со степенью ненасыщенности, содержанием линоленовой ($C_{18,3}$), линолевой ($C_{18,2}$), олеиновой ($C_{18,1}$). Окисление масел приводит к образованию перекисей, гидроперекисей, которые переходят в карбонильные соединения и в дальнейшем полимеризуются. Эти процессы активируются при повышении температуры, присутствии кислорода воздуха и влаги продукта, приводя к ухудшению качества и сокращению сроков годности из-за изменения цвета и появления неприятного вкуса и запаха [10].

Для решения данной проблемы при производстве растительных масел добавляют синтетические антиокислители: пропилгаллат (E310), трет-бутилгидроксинон (E319), бутилксианизол (E320), бутилгидрокситолуол (E321) и др. В частности, пропилгаллат обладает низкой термостойкостью и приводит появлению темного окрашивания продукта при обжаривании. Бутилксианизол обладает сильным фенольным запахом, который может отчетливо проявляться при нагревании растительного масла в тонком слое и изменять общее представление о аромате продукта. Также в присутствии высокого количества ионов натрия и калия масло, содержащее E319 и E320, может приобретать розовые оттенки. Бутилгидрокситолуол обладает слабой температурной устойчивостью и способен темнеть

в присутствии ионов железа. Имеющиеся научные данные указывают на токсичность ряда синтетических антиоксидантов и ограничивают массовое их применение в пищевой промышленности [11, 12].

Для стабилизации растительных масел также применяют растительные экстракты: горчичного порошка, черного байхового чая, зеленого чая, листьев нанди, лавра, лимонника, расторопши и др., создавая термостабильные композиции масел [13].

Известно, что хорошими антиоксидантными свойствами обладают токоферолы (витамин Е), за счет регулирования интенсивности свободно-радикальных реакций. Для ряда растительных масел после технологической обработки (рафинация, отбеливание, дезодорация) содержания токоферолов оказывается достаточно, чтобы обеспечить оптимальную стабильность растительных масел [12].

Одной из основных операций производства хрустящего картофеля является обжарка продукта в растительных маслах. Процесс также широко используется в общественном питании для изготовления жареных изделий из овощей (хрустящего картофеля и др.), орехов, теста, рыбы, мяса, птицы. Исследования по изучению термического окисления растительных масел и их купажей представлены в [14]. Однако существует потребность в оценке купажей растительных масел с оптимизированным составом ПНЖК для использования их в качестве среды для нагрева картофельных пластин при обжарке. Процесс окисления растительных масел будет зависеть от образования продуктов окисления и состава сырья. Поэтому весьма важным является повышение устойчивости к окислению купажей растительных масел с оптимальным соотношением ПНЖК в процессе тепловой обработки пищевых продуктов.

Цель работы — разработать купажи на основе растительных масел со сбалансированным соотношением ПНЖК и повышенной устойчивостью к окислению путем добавления экстракта розмарина и смеси токоферолов для производства хрустящего картофеля.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- 1) создать купажи растительных масел с оптимальным соотношением ПНЖК и с добавлением экстракта розмарина и смеси токоферолов;
- 2) исследовать окислительную устойчивость разработанных купажей растительных масел с оптимальным соотношением ПНЖК путем обжарки сырого картофеля;
- 3) изучить показатели качества хрустящего картофеля и масел после обжарки.

Методы исследований. Результаты ранее проведенных исследований показали, что наибольшей устойчивостью к окислению обладают купажи на основе кукурузного масла. Для оптимизации состава ω -3 и ω -6 жирных кислот кукурузного рафинированного дезодорированного масла применяли льняное (высшего сорта, нерафинированное) масло и рыжиковое (пищевое, нерафинированное) масло. Данные масла не только содержат ω -3 жирные кислоты на уровне 40–60%, но и применяются в лечебно-профилактическом питании, при лечении заболеваний желудочно-кишечного тракта и диетическом питании, обладают бактерицидным, ранозаживляющим, антигельминтным действием [14].

Состав жирных кислот растительных масел исследовали газохроматографическим методом на приборе «Хроматэк Кристалл 5000», оснащенный ПИД-детектором, кварцевой капиллярной колонкой длиной 100 м, диаметром 0,25 мм, с нанесенной фазой — цианопротилфенилполисилоксан, газ-носитель — азот, объем вводимой пробы — 1 мкл (см. табл. 1). Метилирование жирных кислот осуществляли по ГОСТ 31665 [15].

Анализ состава и содержания жирных кислот проводили по ГОСТ 30418 [16]. Для этого готовили раствор метилата натрия в метаноле молярной концентрации 2 моль/дм³. В стаканчике с точностью до 0,01 г взвешивали 2,7 г метилата натрия. В мерную колбу вместимостью 25 см³ наливали 10–12 см³ абсолютного метанола и растворяли в нем метилат натрия. Полученный раствор перемешивали, охлаждали до комнатной температуры и доливали абсолютным метанолом до метки. Далее взвешивали 0,1±0,02 г жировой фазы продукта в пробирке и растворяли в 2,0 см³ гексана. В полученный раствор пипеткой вносили 0,1 см³ раствора метилата натрия в метаноле молярной концентрации 2 моль/дм³, закрывали пробирку пробкой. После перемешивания в течение 2 мин смесь отстаивали 5 мин и верхний слой, содержащий метиловые эфиры, фильтровали через бумажный фильтр. 0,1 до 2 мм³ раствора метиловых эфиров жирных кислот, приготовленных из испытуемой пробы, отбирали и вводили в колонку.

Также проводили измерение стандартной смеси компонентов FAME Mix, SUPELCO в изотермических условиях, идентичных условиям измерения метиловых эфиров жирных кислот испытуемой пробы, и измеряли объемы удерживания метиловых эфиров жирных кислот.

Таблица 1. Условия определения жирных кислот методом газовой хроматографии
Table 1. Conditions for the determination of fatty acids by gas chromatography

Наименование параметра, ед. изм.	Значение параметра
Объем вводимой пробы, мкл	1
Газ-носитель	Азот
Расход газа, мл/мин	17
Температура испарителя, °С	250
Колонка, длина, м	капиллярная кварцевая, 100
- внутренний диаметр, мм;	0,25
- толщина пленки, мкм	5
Детектор	ПИД
Температура детектора, °С	160

Идентифицировали пики метиловых эфиров жирных кислот испытуемой пробы по графикам, применяя метод внутренней нормализации, т.е. предполагали, что общая площадь пиков всех компонентов испытуемой пробы составляет 100 %, с использованием программного обеспечения Unichrome®.

Массовую долю метилового эфира жирных кислот вычисляли по формуле 1.

$$X_i = \frac{A_i}{\sum A_i} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где A_i — площадь пика метилового эфира жирной кислоты, мм²; $\sum A_i$ — сумма площадей всех пиков метиловых эфиров жирных кислот, мм². Вычисление проводили с точностью до второго десятичного знака, с последующим округлением до первого десятичного знака.

После определения состава жирных кислот растительных масел, основываясь на полученных данных, проводили расчет количества компонентов каждого из масел на основе решения системы из двух уравнений:

$$\frac{m_a \cdot c_a^1 + m_b \cdot c_b^1}{m_a \cdot c_a^2 + m_b \cdot c_b^2} = 10, \quad (2)$$

$$m_a + m_b = 1, \quad (3)$$

где m_a, m_b — масса растительного масла, кг; c_a^1, c_b^1 — концентрация линолевой кислоты в растительном масле a , масс.%; c_a^2, c_b^2 — концентрация α -линоленовой кислоты в растительном масле b , масс.%;

На основании расчетов составили купажи растительных масел в соотношениях: кукурузное и льняное — 70 : 30 (мас.%), кукурузное и рыжиковое — 60 : 40 (мас.%), обеспечивающих содержание ω -3 и ω -6 ПНЖК (линоленовой и линолевой жирных кислот) 1 : (3–5). Для этого проводили ступенчатое смешивание масел при скорости 200 об/мин, добавляя по 1/20 компонента от рассчитанных количеств. Купажи растительных масел укупоривали в атмосфере азота и хранили до проведения исследований. Экстракт розмарина в количестве 30 мг/100 г и смесь токоферолов — 80 мг/100 г добавляли перед испытаниями.

Для оценки влияния термической обработки продукта и факторов окружающей среды на процессы, протекающих при нагревании купажей масел, подготавливали образцы хрустящего картофеля, для изготовления которого выбирали сырье, соответствующее ГОСТ 26832 и Регламенту Комиссии (EU) 2017/2158 [17, 18]. Картофель хранили при температуре не выше 6 °С. Для испытаний отбирали пробы продукта с содержанием редуцирующих сахаров менее 1,5 %.

Картофель мыли, очищали, нарезали в виде пластин толщиной 2 мм, которые промывали и бланшировали при температуре (75–85) °С, подсушивали и обжаривали при температуре (135 ± 5) °С до золотисто-желтого цвета.

В хрустящем картофеле исследовали: массовую долю влаги по ГОСТ 33977, массовую долю жира — ГОСТ 8756.21 [19, 20]. Сенсорный анализ растительных масел, купажей на их основе и хрустящего картофеля проводили, основываясь на восприятии органами чувств комиссий в составе пяти обученных испытателей. При проведении органолептической оценки

смесей растительных масел с оптимизированным составом ПНЖК использовали 5-балльную шкалу, исследуя цвет в проходящем и отраженном свете на белом фоне, вкус при температуре не ниже 40 °С, запах при температуре не ниже 50 °С, основываясь на требованиях, изложенных в ГОСТ 5472, СТБ ИСО 6564, ГОСТ ISO 11037 и Постановлении Министерства торговли и Министерства здравоохранения Республики Беларусь [21, 24].

Окислительные процессы в купажах растительных маслах при обжаривании оценивали по изменению значений показателей перекисного числа по СТБ ГОСТ Р 51487 [25], кислотного числа — ГОСТ 31933 [26] и общему содержанию продуктов термического окисления — СТБ 985 [27]. Пробы для испытаний отбирали после проведения цикла обжаривания предварительно бланшированного картофеля до золотисто-желтого цвета, не допуская избыточного потемнения хрустящего картофеля.

Все испытания проведены с применением статистической математической обработки полученных данных, расхождение между результатами независимых единичных измерений не превысило доверительную вероятность 0,95 % и допустимые установленные пределы методов.

Результаты исследований и их обсуждение. Качество и характеристики купажей растительных масел с оптимальным соотношением ПНЖК в процессе изготовления продукции важны для поддержания здоровья и самочувствия людей, особенно тех, кто регулярно включают жиросодержащие продукты в состав традиционных, лечебных и спортивных рационов питания, а также в виде продуктов функционального назначения. Исследования показали, что ПНЖК стимулируют снижения потребления пищи, им также принадлежит доминирующая роль в клеточной, иммунной, гормональной функциях организма. ω -3 ПНЖК подавляют выработку провоспалительных нейромедиаторов и образуют противовоспалительные простагландины, препятствуют скоплению в крови тромбоцитов, усиливают функции мозга и оказывают сосудорасширяющее действие и иммуномоделирующий эффект (укрепление слабой иммунной системы и успокоение гиперактивной иммунной системы, вследствие ревматизма, бронхиальной астмы и др.), блокируют пути распространения мутации при раке толстой кишки, молочной железы и простаты, снижают инсулинорезистентность [7, 8].

Ряд исследований указывает на то, что потребление жиров, содержащих от 12 до 18 атомов углерода в молекулярной цепи, составляет более 95 % от общего потребления, в число которых входят и ПНЖК. Группа исследователей Национального института здоровья США установили, что избыточное потребление ω -6 ПНЖК повышает риск развития инфаркта миокарда и смерти от ишемической болезни сердца. Simopoulos A.P. показал, что дисбаланс в потреблении ω -3 и ω -6 ПНЖК вызывает проявление депрессий, насилия и оказывает колоссальный вред организму человека [28]. ω -6 ПНЖК из рафинированных растительных масел снижает биодоступность в организме ω -3 ПНЖК и тормозит конверсию альфа-линоленовой кислоты в активную форму докозагексаеновой и эйкозапентаеновой кислот на 40 %. Диета современного человека содержит 1 : (10 – 25) ω -3 и ω -6 ПНЖК (линоленовой и линолевой жирных кислот), тогда как баланс потребления — 1 : (3–5) способствует здоровью кишечной микрофлоры, эластичности клеточных стенок и другим уже приведенным выше полезным эффектам. Более 70 % жителей современных, промышленно развитых стран испытывают недостаток в потреблении омега-3 ПНЖК — альфа-линоленовой кислоты, основным источником которой является жирная рыба и растительные масла (льняное и рыжиковое). Состав жирных кислот растительных масел и купажей, на их основе с оптимизированным составом ω -3 и ω -6, представлен в табл. 2.

Таблица 2. Жирнокислотный состав растительных масел и их купажей
Table 2. Fatty acid composition of vegetable oils and their blends

Группа жирных кислот	Содержание жирных кислот, мас. %				
	кукурузное	льняное	рыжиковое	кукурузно-льняной купаж (70:30)	кукурузно-рыжиковый купаж (60:40)
Сумма насыщенных (пальмитиновая и стеариновая)	11,5	9,5	7,7	7,7	6,3
Ненасыщенные:					
олеиновая (ω -9)	43,0	19,8	15,9	32,2	32,9
линолевая (ω -6)	32,5	17,0	17,8	45,1	40,1
α -Линоленовая (ω -3)	2,0	51,0	35,7	15,0	10,1
Соотношение ω -3 : ω -6	1:16	3:1	2:1	1:3	1:4

Как видно из представленных данных оптимальное соотношение ω -3 : ω -6 ПНЖК было обнаружено в купажах на основе кукурузного и льняного масел (70 : 30), кукурузного и рыжикового (60 : 40), в которые перед обработкой картофеля добавляли антиокислители — экстракт розмарина (30 мг/100 г) и смесь токоферолов (80 мг/100 г). Картофельные пластины обжаривали до достижения показателей качества хрустящего картофеля, представленных в табл. 3.

Результаты исследований изменения физико-химических показателей растительных масел (перекисного и кислотного чисел) в процессе обжарки предварительно подготовленных картофельных пластин представлены на рис. 1–4.

Таблица 3. Показатели качества хрустящего картофеля
Table 3. Crispy potato quality indicators

Наименование показателя	Значение показателя
Органолептические показатели:	
- внешний вид	Пластины круглой и овальной формы толщиной 1,5–2 мм.
- вкус и запах	Свойственный обжаренному в масле картофелю
- консистенция	Хрустящая, пористая, жесткая, с корочкой, характерной для обжаренных в масле продуктов
- цвет	от золотисто-желтого до кремового
Химические показатели:	
Массовая доля влаги, %	1±0,3
Массовая доля жира, %	37±5

Образование первичных продуктов окисления в разработанных растительных маслах отражено на рис. 1–2.

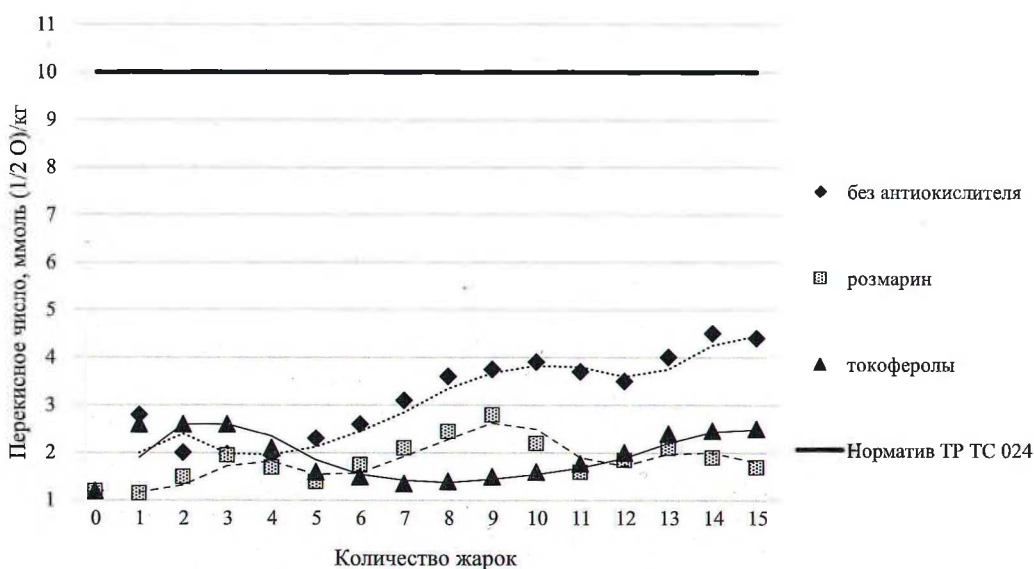


Рис. 1. Изменение перекисного числа купажей на основе кукурузного и льняного масел
Fig. 1. Variation of the peroxide number of blends based on corn and linseed oil

Как видно из полученных данные (рис. 1), наиболее интенсивное (в 2,5 раза) образование перекисных соединений происходило в маслах на основе кукурузного и льняного без добавления антиокислителя. Изменение содержания перекисей в исследуемых маслах варьировало от 1,2 до 4,5 мэкв/кг, в зависимости от использованного антиокислителя и не превысило предельно установленной величины (10 мэкв/кг) за период испытаний.

Экспериментальные данные, представленные на рис. 2, свидетельствуют о активном накоплении (в 2,5 раза) перекисных соединений при продолжительной обжарке предварительно обработанных и подготовленных картофельных пластин в купажах на основе кукурузного и рыжикового масел без добавления антиокислителя. Следует отметить, что внесение смеси токоферолов уменьшало (от 10 до 70%) содержание перекисей и тормозило процесс термического окисления масел по сравнению с добавлением экстракта розмарина.

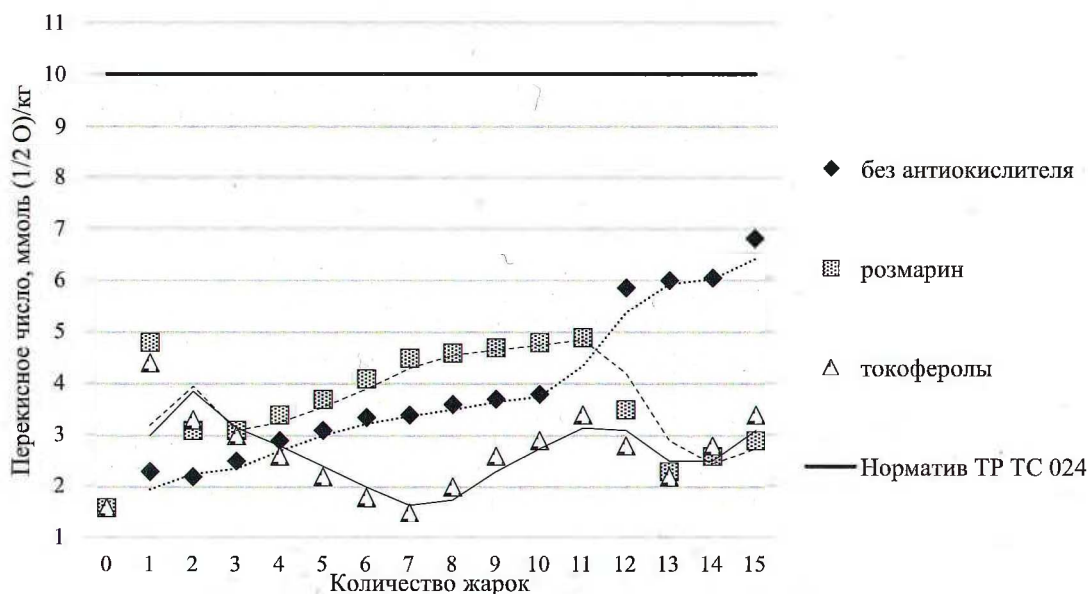


Рис. 2. Изменение перекисного числа купажей на основе кукурузного и рыжикового масел
 Fig. 2. Variation of the peroxide number of blends based on corn and camelina oil

Результаты исследований изменения кислотного числа разработанных купажей растительных масел с оптимизированным составом ω-3 и ω-6 ПНЖК в процессе обжарки картофельных пластин представлены на рис. 3 и 4.

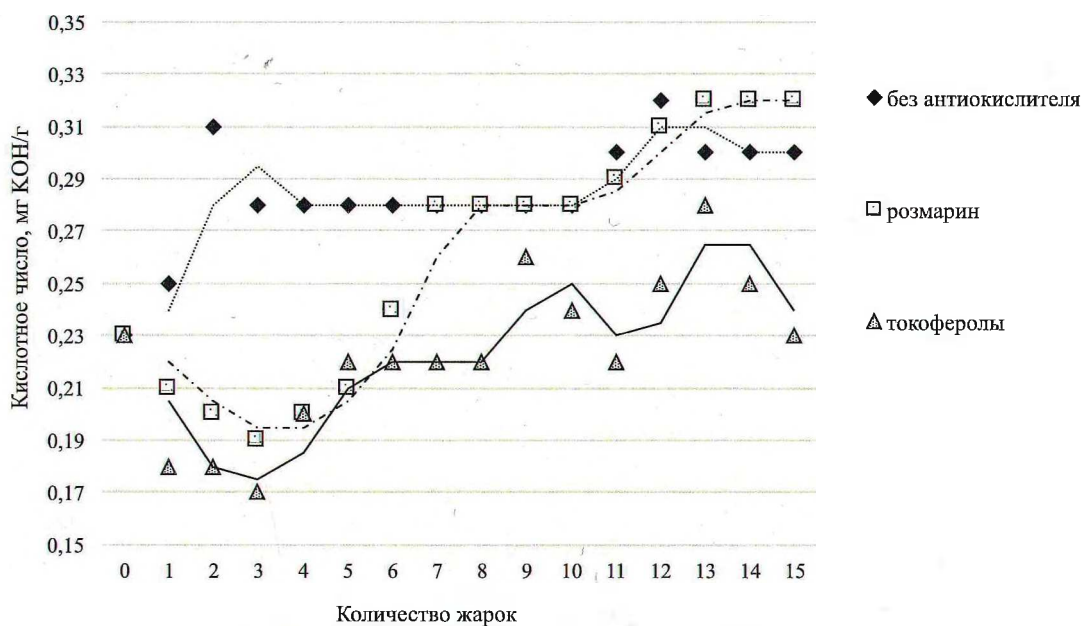


Рис. 3. Изменение кислотного числа купажей на основе кукурузного и льняного масел
 Fig. 3. Variation of the acid number of blends based on corn and linseed oil

Анализ полученных данных (рис. 3 и 4) указывает на то, что кроме образования первичных продуктов окисления липидов, далее происходит появление карбонильных соединений. Наибольшей устойчивостью к образованию данных соединений в процессе обжарки картофельных пластин показали купажи на основе кукурузного-рыжикового (в 1,4 раза) и кукурузного-льняного (в 1,5 раза) масел при добавлении смеси токоферолов. Внесение экстракта розмарина существенно не снизило и привело к росту значения кислотного числа на 13

жарке для купажа на основе кукурузного и льняного масел и (7 – 13) для купажа на основе кукурузного и рыжикового масел.

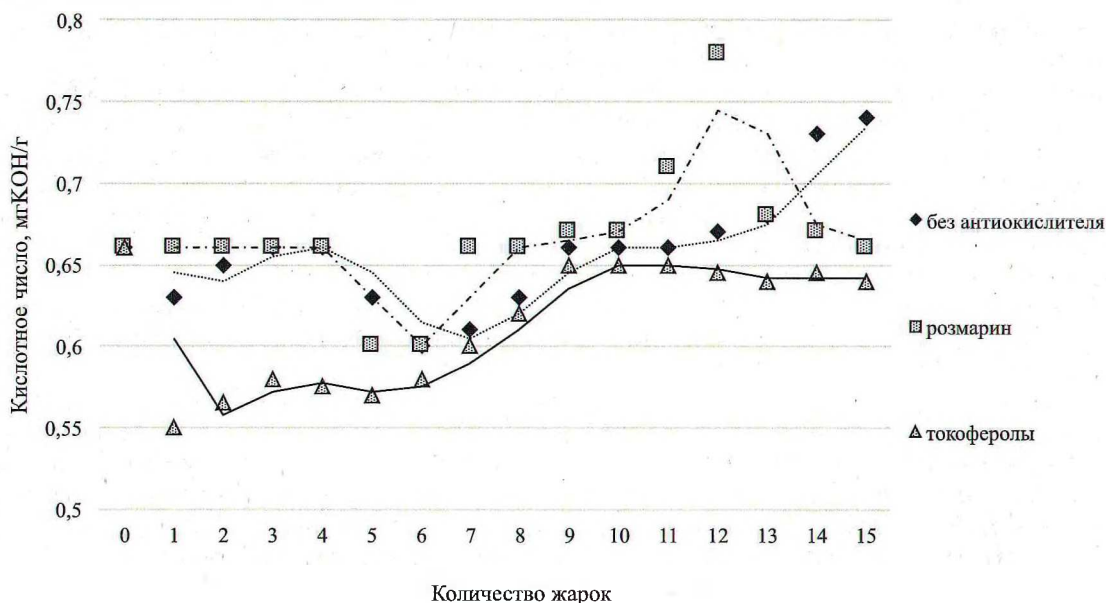


Рис. 4. Изменение кислотного числа купажей на основе кукурузного и рыжикового масел
 Fig. 4. Variation of the acid number of blends based on corn and camelina oil

После проведенных циклов обжарки картофельного сырья разработанные смеси растительных масел соответствовали требованиям технического регламента ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию» и другим нормативным документам и содержали менее 1 % продуктов термического окисления [29–31].

Далее выполнили органолептическую оценку разработанных купажей растительных масел по показателям: цвет в проходящем и отраженном свете на белом фоне, вкус при температуре не ниже 40°C, запах при температуре не ниже 50 °C (см. рис. 5).

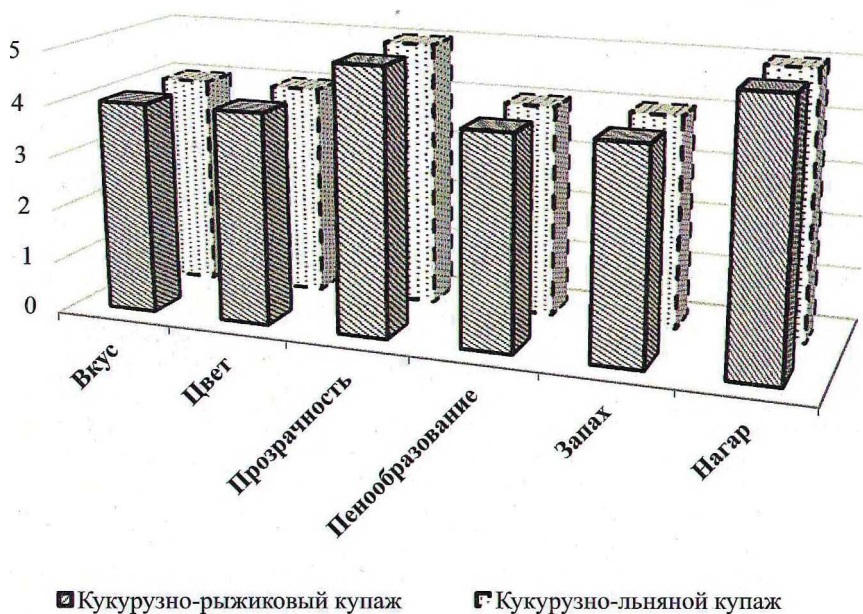


Рис. 5. Органолептическая оценка купажей растительных масел с добавлением смеси токоферолов после жарки
 Fig. 5. Organoleptic evaluation of blends of vegetable oils after frying with the addition of a mixture of tocopherols

Наилучшие значения исследуемых показателей были получены для купажей с оптимальным составом ω -3 и ω -6 ПНЖК на основе кукурузного масла с добавлением смеси токоферолов. Смеси масел характеризовались прозрачностью, золотисто-желтым цветом, посторонний запах продуктов термического распада жиров был выражен слабо, образование пены соответствовало норме, частицы нагара не образовывались.

Использование купажей растительных масел с оптимизированным составом ПНЖК и повышенной устойчивостью к окислению для изготовления хрустящего картофеля, способствует потреблению ω -3 и ω -6 жирных кислот на рекомендуемом уровне 1 : (3–5). Включение разработанных купажей растительных масел в рацион питания людей позволит частично решить проблему нехватки ПНЖК семейства ω -3 с целью удовлетворения физиологических потребностей человека в основных пищевых веществах и энергии.

Заключение. Таким образом, были разработаны купажи на основе кукурузного масла с добавлением льняного (70 : 30 (мас.%) и рыжикового (60 : 40 (мас.%)), которые обладают повышенной устойчивостью к окислению за счет внесения экстракта розмарина (30 мг/100 г) и смеси токоферолов (80 мг/100 г), которые могут быть использованы для производства хрустящего картофеля.

Проведена оценка окислительной устойчивости купажей растительных масел путем обжаривания обработанных картофельных пластин. На основе результатов исследования органолептических, физико-химических показателей установлено, что лучшая способность к предотвращению и замедлению процесса окисления купажей растительных масел с оптимизированным составом ПНЖК до 2,5 раз была отмечена при добавлении смеси токоферолов.

Разработанные купажи растительных масел с оптимизированным составом ω -3 и ω -6 ПНЖК на основе кукурузного и рыжикового, кукурузного и льняного масел с добавлением антиокислителей могут быть использованы в качестве нагревающей среды для изготовления хрустящего картофеля, соответствующего требованиям качества.

Список использованных источников

1. *Никитенко, А. Н.* Технология чипсов из яблок, районированных на территории Республики Беларусь: автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.18.01 / А.Н. Никитенко; Могилевский государственный университет продовольствия. — Минск, 2014. — 26 с.
2. *Шлоссер, Э.* Нация фастфуда / Э. Шлоссер; пер. с англ. А. Логвинской. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2016. — 304 с.
3. *Мазур, А. М.* Машины и оборудование для переработки картофеля (монография) / А.М. Мазур. — М.: Полимаг, 1999. — 372 с.
4. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. — 36 с.
5. Санитарные нормы и правила «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения для различных групп Республики Беларусь», утв. постановлением Мин-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 20 ноября 2012 г. №180, с изм., утв. постановлением Мин-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 16 ноября 2015 г. №111. [Электронный ресурс] / Респ. центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, Мин-во здравоохранения Республики Беларусь. — Минск, 2015. — Режим доступа : <http://www.rcheph.by>. — Дата доступа : 05.04.2019.
6. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), утв. Решением Комиссии таможенного союза от 28 мая 2010 года №299. (с изм., 21 мая 2019 г. №78). — Режим доступа: www.eaeunion.org. — Дата доступа : 24.05.2019.
7. *Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation.* FAO Food and Nutrition. Paper 91. Rome: United Nations Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2010. — 166 p.
8. *Назаров, П. Е.* Полиненасыщенные жирные кислоты как универсальные эндогенные биорегуляторы // П.Е. Назаров, Г.И. Мягков, Н.В. Гроза // Вестник МИТХТ. Химия и технология лекарственных препаратов и биологически активных соединений. — 2009. — Т.4. №5. — С. 3–19.

9. *Гузик, Е. О.* Гигиеническая оценка факторов риска неинфекционных заболеваний у школьников / Е.О. Гузик // *Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Респ. науч.-практ. центр гигиены, Бел. науч. о-во гигиенистов ; редкол.: Л.В. Половинкин (гл. ред.) [и др.]. — Вып. 20. — Минск: ГУ «Республиканская научная медицинская библиотека», 2012. — С. 162–168.*
10. *Пищевая инженерия : энциклопедия систем жизнеобеспечения / под ред. Г. В. Барбосы-Кановаса. — М.: ЮНЕСКО, 2007. — 847 с.*
11. *Пищевая химия / А.П. Нечаев [и др.]. — СПб.: ГИОРД, 2001. — 592 с.*
12. *Жировые продукты для здорового питания. Современный взгляд / Л.Г. Ипатовва [и др.]. — М.: ДеЛи принт, 2009. — 396 с.*
13. *Способ стабилизации жиров и масел: патент №12261. ВУ, МПК С 11В 5/00 / З.В. Василенко, А.М. Смагин, Д.А. Смагин; заявка №a20070078; заявитель Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия». — заявл. 29.01.2007; опубл. 30.08.2007 // Национальный центр интеллектуальной собственности.*
14. *Никитенко, А. Н.* Исследование влияния термообработки на окислительную устойчивость купажей растительных масел в различных средах / А.Н. Никитенко, С.А. Ламоткин, М.И. Леснева, А.В. Стрибуть, В.О. Мартинчик, Г.Н. Ильина // *Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. — Минск: БГТУ, 2019. — №1 (217). — С. 54–61.*
15. *Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров жирных кислот: ГОСТ 31665–2012. — Введ. 01.02.2015. — Минск: Госстандарт, 2015. — 12 с.*
16. *Масла растительные. Метод определения жирнокислотного состава: ГОСТ 30418–96. — Введ. 01.01.1998. — Минск: Межгосуд. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998. — 5 с.*
17. *Картофель свежий для переработки на продукты питания. Технические условия: ГОСТ 26832–86. — Введ. 01.06.1987. — Минск: Госстандарт, 2017. — 8 с.*
18. *2017/2158/EU «Регламент Комиссии (ЕУ) 2017/2158 от 20 ноября 2017 г., учреждающий меры снижения уровня загрязнения и уровни контроля для сокращения присутствия акриламида в пищевых продуктах». утв. Решением Комиссии ЕС от 20.11.2017 г. №883. — Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32017R2158>. — Дата доступа: 24.10.2022.*
19. *Продукты переработки фруктов и овощей. Методы определения общего содержания сухих веществ: ГОСТ 33977–2016. — Введ. 01.10.2018. — Минск: Госстандарт, 2018. — 18 с.*
20. *Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения жира: ГОСТ 8756.21–89. — Введ. 01. 07.1990. — Минск: Госстандарт, 2011. — 12 с.*
21. *Масла растительные. Определение запаха, цвета и прозрачности: ГОСТ 5472–50. — Введ. 01. 11.1950. — Минск: Госстандарт, 2010. — 8 с.*
22. *Органолептический анализ. Методология. Методы профильного анализа флейвора: СТБ ИСО 6564–2007. — Введ. 01.07.2007. — Минск: Госстандарт, 2007. — 12 с.*
23. *Органолептический анализ. Руководство по оценке цвета пищевых продуктов: ГОСТ ISO 11037–2013. — Введ. 01.03.2016. — Минск: Госстандарт, 2014. — 20 с.*
24. *Об утверждении и введении в действие «Методических указаний по лабораторному контролю качества продукции в общественном питании»: постановление Министерства Торговли Респ. Беларусь и Министерства Здравоохранения Респ. Беларусь, 29 апр. 2001 г., №18/29 // ЭТАЛОН. Законодательство Респ. Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2022.*
25. *Масла растительные и жиры животные. Метод определения перекисного числа: СТБ ГОСТ Р 51487–2001. Введ. 01.11.2002. — Минск: Госстандарт, 2002. — 12 с.*
26. *Масла растительные. Методы определения кислотного числа: ГОСТ 31933–2012. Введ. 01.02.2012. — Минск: Госстандарт, 2012. — 12 с.*
27. *Пирожки, пончики и пончики с начинкой. Общие технические условия: СТБ 985–95. — Введ. 01.10.1995. — Минск: Госстандарт, 2010. — 30 с.*
28. *Флек, А.* Жиры против углеводов. Книга-компас о том, как правильные жиры из продуктов «расплавляют» нездоровые жиры в организме и возвращают стройность и здоровье / А. Флек. — М.: Эксмо, 2021. — 352 с.
29. *ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию». утв. Решением Комиссии ТС от 9.12.2011 г. №883. — Режим доступа: www.eaeunion.org. — Дата доступа: 24.05.2019.*

30. Санитарные нормы и правила «Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам», гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов»: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 21 июня 2013 г. №52 [Электронный ресурс] / Респ. центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья. Министерство здравоохранения Респ. Беларусь. — Минск, 2013. — Режим доступа: <http://www.rcheph.by>. — Дата доступа: 04.05.2019.

Информация об авторах

Никитенко Анастасия Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры физико-химических методов сертификации продукции учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: dennast9@mail.ru

Мазур Анатолий Макарович, доктор технических наук, профессор кафедры технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (пр-т Независимости, 99, 220023, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: 6557206@mail.ru.

Савенок Дана Васильевна, студентка учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: daniellssavenok@mail.ru.

Ламоткин Сергей Александрович, кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры физико-химических методов сертификации продукции учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: jossby@rambler.ru.

Егорова Зинаида Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры физико-химических методов сертификации продукции учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: egorovaze@mail.ru.

Information about authors

Nikitenko Anastasia Nikolaevna, PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Physical and Chemical Methods for Products Certification of the Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: dennast9@mail.ru.

Mazur Anatoly Makarovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair of technologies and technical support of agricultural products processing of the educational establishment "Belarusian State Agrarian Technical University" (Nesavisimosti Avenue, 99, 220023, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: 6557206@mail.ru.

Savenok Dana Vasilevna — student of the Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: daniellssavenok@mail.ru..

Lamotkin Sergey Aleksandrovich, PhD (Chemistry), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Physical and Chemical Methods for Products Certification of the Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: jossby@rambler.ru.

Egorova Zinaida Evgenievna, PhD (Engineering), docent, Assistant Professor, the Department of Physical and Chemical Methods for Products Certification of the Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: egorovaze@mail.ru.