

А.Н. Никитенко¹, С.А. Ламоткин¹, А.М. Мазур², И.С. Сербин¹, Ю.С. Война¹

¹Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ОЦЕНКА ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КУПАЖЕЙ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БАД

Аннотация. Профилактикой роста и развития ряда заболеваний среди населения является потребление полиненасыщенных жирных кислот. Сбалансированное применение ω -3 и ω -6 полиненасыщенных жирных кислот является важным условием сохранения и укрепления здоровья человека. Цель исследований — разработать купажи на основе растительных масел с оптимальным соотношением ω -3 и ω -6 полиненасыщенных жирных кислот и исследовать окислительную устойчивость в процессе хранения. Разработан и обоснован состав купажей на основе растительных масел: кукурузное и льняное — 70 : 30 (мас. %), кукурузное и рыжиковое — 60 : 40 (мас. %), тыквенное и льняное — 68 : 32 (мас. %), тыквенное и рыжиковое — 57 : 44 (мас. %) для использования при производстве БАД. Анализ окислительной устойчивости купажей растительных масел осуществлялся в процессе хранения при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$, без доступа УФ-излучения и кислорода воздуха. В растительных маслах и купажах на их основе определяли состав жирных кислот газохроматографическим методом, органолептические и физико-химические показатели (перекисное и кислотное числа). Показано, что на изменение показателей качества разработанных купажей растительных масел при хранении существенно влияло повышение перекисного числа вследствие образования пероксидов. Установлено, что более продолжительным сроком годности (4 мес.) обладал купаж на основе кукурузного и льняного масла. Предложенные БАД на основе липидов растительных масел, содержащие ω -3 и ω -6 полиненасыщенные жирные кислоты в оптимальном для организма человека соотношении, расширят ассортимент продукции с высокой биологической ценностью.

Ключевые слова: купажи растительных масел, БАД, окисление липидов, полиненасыщенные жирные кислоты, линолевая кислота, линоленовая кислота

A.N. Nikitenko¹, S.A. Lamotkin¹, A.M. Mazyr², I.S. Serbin¹, Y.S. Voina¹

¹Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus

²Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus

EVALUATION OF THE OXIDATIVE STABILITY OF BLENDS OF VEGETABLE OILS FOR THE PRODUCTION OF BIOLOGICALLY ACTIVE FOOD SUPPLEMENTS

Abstract. Prevention of the growth and development of a number of diseases among the population is the consumption of polyunsaturated fatty acids of groups. The balanced use of ω -3 and ω -6 polyunsaturated fatty acids is an important condition for maintaining and strengthening human health. The aim of the work was to develop blends based on vegetable oils with an optimal ratio of ω -3 and ω -6 polyunsaturated fatty acids and to study oxidative stability during storage. The composition of blends based on lipids of vegetable oils was developed and justified: corn and linseed — 70 : 30 (wt. %), corn and saffron — 60 : 40 (wt. %), pumpkin and linseed — 68 : 32 (wt. %), pumpkin and camelina — 57 : 44 (wt. %), which can be used for further production of dietary supplements. The oxidative stability developed by blends of vegetable oils was studied during their storage without access to UV radiation, air oxygen, and a temperature of $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$. The studies determined the composition of fatty acids, organoleptic and physico-chemical parameters (peroxide and acid numbers) of vegetable oils and their blends. It is shown that the change in the quality indicators of the blends of vegetable

oils during storage was significantly affected by an increase in the peroxide value due to the formation of peroxides. It was found that corn oil blends had a longer shelf life (4 months) due to the low rate of accumulation of peroxides. The developed dietary supplements based on lipids of vegetable oils will expand the range of products with high quality by increasing the content of ω -3 and ω -6 polyunsaturated fatty acids in an optimal ratio for the human health.

Keywords: vegetable oil blends, BAFS, lipid oxidation, polyunsaturated fatty acids, linoleic acid, linolenic acid

В настоящее время особую актуальность приобретает использование физиологических регуляторов биохимических процессов в питании человека. Незаменимые питательные вещества необходимы для нормального развития и функционирования организма в зависимости от пола, возраста, состояния (беременность, кормление грудным молоком, инфекционные болезни, возраст т.д.) [1].

Комплексные медико-гигиенические исследования фактического питания отдельных групп населения, включая детей, показали несбалансированность поступления основных пищевых веществ и энергии с пищей, в частности низкий уровень потребления полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), выполняющих важные биологические функции [2, 3].

Полиненасыщенные жирные кислоты являются компонентами фосфолипидов клеточных мембран, регулируют передачу импульсов и работу рецепторов, выступают предшественниками синтеза гормонов (эйкозаноидов), которые относятся к важному звену регуляции иммунометаболического ответа клетки и опосредующего воспалительного процесса [4–6].

Сбалансированное потребление ПНЖК способствует сохранению и укреплению здоровья, а также профилактике роста хронических неинфекционных заболеваний среди населения [2, 3, 7]. Большим препятствием реализации данного принципа является вольное употребление в пищу полиненасыщенных жирных кислот, несмотря на то, что они являются физиологически активными веществами. Одним из путей решения данной проблемы является разработка биологически активных добавок (БАД) и обогащение пищевых продуктов путем добавления ω -3 и ω -6 полиненасыщенных жирных кислот.

В число представителей ПНЖК семейства ω -3 входит α -линоленовая кислота, семейства ω -6 — линолевая кислота. Общеизвестно, что организм человека не синтезирует линолевую и линоленовую кислоты, они поступают только из пищи.

Линолевая и α -линоленовая кислоты путем десатурации и удлинения превращаются в эйкозапентаеновую кислоту, звено синтеза эйкозаноидов. Полученные из ω -3 и ω -6 полиненасыщенных жирных кислот эйкозаноиды имеют различную структуру и биологический эффект. Из ω -3 жирных кислот образуются простагландины PGE₃, PGI₃, тромбоксан TXA₃, а также лейкотриены LTC₅-LTE₅, усиливающие кровообращение, расширяющие кровеносные сосуды и оказывающие противовоспалительное, противоаллергическое и тромболитическое действие [5, 7].

В то время как эйкозаноиды, синтезированные из ω -6 кислот: простагландины PGE₂ и PGI₂, тромбоксан TXA₂ и лейкотриены LTC₄-LTE₄, — способствуют развитию воспаления и аллергии, агрегации тромбоцитов, образованию сгустков и сужению кровеносных сосудов (исключение простагландин E₁) [7, 8].

Научные исследования показали, что недостаток основных полиненасыщенных жирных кислот, в т.ч. ω -3, в клетках создает высокий потенциал для воспалений, приводит к риску смертности от ишемической болезни сердца. Введение в рационы питания линолевой кислоты позволило снизить вероятность возникновения ряда заболеваний [1–3, 11].

Существует предположение, что для нормальной жизнедеятельности содержание арахидоновой кислоты в рационах должно составлять около 2 г, а избыток этой кислоты может привести к ряду нежелательных изменений в обмене веществ. Поэтому для эффективного метаболизма ω -3 ПНЖК необходимо блокировать источник синтеза арахидоновой кислоты и соблюдать баланс потребления ПНЖК [1, 3–9].

Известно, что жирнокислотный состав растительных масел не оптимален по соотношению ω -3 и ω -6 жирных кислот [11–14]. Возможным решением этой проблемы является создание БАД на основе липидов растительных масел с заданным содержанием ω -3 и ω -6 ПНЖК [3, 11, 12]. Применение БАД данной группы невозможно без оценки их окислительной устойчивости.

Поэтому, целью работы было разработать купажи на основе растительных масел с оптимальным соотношением ω -3 и ω -6 полиненасыщенных жирных кислот и исследовать окислительную устойчивость в процессе хранения.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- ♦ изучить состав жирных кислот растительных масел;
- ♦ разработать купажи растительных масел с оптимальным соотношением ω -3 и ω -6 полиненасыщенных жирных кислот;
- ♦ исследовать окислительную устойчивость купажей растительных масел с оптимальным соотношением ω -3 и ω -6 полиненасыщенных жирных кислот в условиях приближенных к бытовым.

Для составления купажей были использованы масла: кукурузное рафинированное дезодорированное, тыквенное пищевое нерафинированное, льняное нерафинированное высшего сорта, рыжиковое нерафинированное пищевое. В качестве объектов исследования выбраны масла с высоким содержанием ω -3 ПНЖК — льняное и рыжиковое, а также ω -6 ПНЖК — кукурузное и тыквенное масла [11–14].

Жирнокислотный состав растительных масел и их купажей исследовали методом газожидкостной хроматографии на приборе «Хроматэк Кристалл 5000», оснащенный ПИД-детектором, кварцевой капиллярной колонкой длиной 100 м, диаметром 0,25 мм, с нанесенной фазой — цианопропилфенилполисилоксан, газ-носитель — азот, объем вводимой пробы — 1 мкл по ГОСТ 30418 [15].

Подготовку метиловых эфиров жирных кислот для исследования проводили по ГОСТ 31665 [16]. Взвешивали $0,1 \pm 0,002$ г растительного масла и растворяли в $2,0 \text{ см}^3$ гексана. В полученный раствор пипеткой добавляли $0,1 \text{ см}^3$ раствора метилата натрия в метаноле молярной концентрации 2 моль/ дм^3 , закрывали пробирку пробкой. После интенсивного перемешивания в течение 2 мин реакционную смесь отстаивали 5 мин и верхний слой, содержащий метиловые эфиры, фильтровали через бумажный фильтр. Отбирали от $0,1$ до 2 мм^3 раствора метиловых эфиров жирных кислот, приготовленных из испытуемой пробы и вводили в колонку. Проводили измерение стандартной смеси в изотермических условиях. Начальная температура термостата колонок составляла 140°C в течение 4 мин, затем программированный подъем температуры со скоростью $3^\circ\text{C}/\text{мин}$ до 180°C — изотермический режим на протяжении 40 мин. Далее программированный подъем температуры со скоростью $3^\circ\text{C}/\text{мин}$ до 240°C — изотермический режим в течение 25 мин. Идентификацию жирных кислот проводили путем сравнения времени удерживания со стандартной смесью метиловых эфиров жирных кислот (37 компонентов FAME Mix, SUPELCO). Количественное определение жирных кислот в исследуемых образцах проводили методом внутренней нормализации с использованием программного обеспечения Unichrome®.

Органолептическую оценку купажей проводили на основе результатов исследования запаха при температуре 50°C , цвета в проходящем и отраженном свете на белом фоне, вкуса, комиссией в составе пяти обученных испытателей по 5-балльной шкале, основываясь на принципах, изложенных в СТБ ИСО 6564 и ГОСТ ISO 11037 [17, 18].

Основные показатели окислительной порчи при хранении растительных масел и их купажей при отсутствии УФ-излучения и доступа кислорода воздуха (температура $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ оценивали по значениям перекисного числа (по СТБ ГОСТ Р 51487 [19]) и кислотного числа (по ГОСТ 31933 [20]). Режим хранения был выбран как наиболее близкий к бытовым условиям. Пробы для испытаний отбирали каждые 2 недели.

Многочисленные исследования указывают на важную роль количества потребляемых полиненасыщенных жирных кислот. Согласно требованиям Санитарных норм, правил и гигиенического норматива, утвержденным Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 21.06.2013 г. № 52, и ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания» на 3–6 % общего потребления жиров рекомендуется 1 % линолевой и 2 % α -линоленовой кислот [21, 22].

С этой целью широко известно обогащение ежедневного питания БАД на основе липидов рыб [23], в то время как наиболее дешевым сырьем, содержащим большое количество линолевой и линоленовой кислот, являются растительные масла. БАД на основе липидов растительного сырья могут использоваться для непосредственного приёма в пищу или в составе других пищевых продуктов, как дополнительный источник ω -3 и ω -6 ПНЖК, с целью оптимизации различных видов обмена веществ, нормализации и (или) улучшения функционального состояния органов и систем, снижения риска заболеваний [24].

Согласно существующим рекомендациям содержание ПНЖК в суточном рационе должно составлять 5–10 % от калорийности. В то время как требования к детскому питанию направлены на увеличение доли ПНЖК среди потребляемых ЖК (см. табл. 1). Для профилактики заболеваний и при патологии липидного обмена РАМН рекомендует соотношение ω -3 и ω -6 полиненасыщенных жирных кислот 1 : (3–5) [25–27].

Таблица 1. Допустимые уровни потребления ПНЖК в продукции для детского питания
Table 1. Permissible levels of PUFA consumption in baby food products

Наименование группы	Критерий	Единицы измерения	Допустимые уровни	
			нормируемый	маркируемый
Продукты для питания детей раннего возраста, 6 до 12 мес., от рождения и до 12 мес.	Линолевая к-та	% от суммы ЖК	14-20	да
		мг/л, не менее	4000-8000	нет
смеси для недоношенных и (или) маловесных детей		г/л	2,6 — 10,5	нет
Частично адаптированные молочные смеси для питания детей старше 6 мес., смеси на основе изолята соевого белка, полных гидролизатов белка, (смеси без фенилаланина или с низким его содержанием для детей 1-го года*)	Линолевая к-та	% от суммы ЖК	14-20	да
		мг/л, не менее	4000 (5000*)	нет

Широко распространенным сырьем, содержащим ПНЖК, являются растительные масла. Состав ПНЖК кукурузного и тыквенного масел обусловлен наличием линолевой кислоты, льняного и рыжикового масла — линоленовой кислоты. Результаты проведенных исследований состава жирных кислот растительных масел представлены в табл. 2. Анализ состава жирных кислот растительных масел (табл. 2) подтвердил ранее полученные данные о несбалансированности содержания ω -3 и ω -6 ПНЖК в маслах, по сравнению с существующими рекомендациями для питания [28]. Основываясь на полученных результатах, рассчитали содержание биологически активных компонентов в купажах растительных масел. Расчет показал, что для достижения соотношения линоленовой и линолевой кислот 1 : (3-5) необходимо обеспечить следующее количество масел в составе купажей: кукурузное и льняное — 70 : 30 (мас.%), кукурузное и рыжиковое — 60 : 40 (мас.%), тыквенное и льняное — 68 : 32 (мас.%), тыквенное и рыжиковое — 57 : 44 (мас.%).

После смешивания в установленных соотношениях выполнен анализ купажей растительных масел. Результаты состава жирных кислот разработанных купажей представлены в табл. 2.

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

Наименование жирной кислоты	Содержание жирных кислот, мас. %							
	кукурузное	льняное	рыжиковое	тыквенное	кукурузно-льняной купаж	кукурузно-рыжиковый купаж	тыквенно-рыжиковый купаж	тыквенно-льняной купаж
Пальмитиновая	9,6	4,9	5,4	7,5	5,6	3,5	5,9	7,1
Стеариновая	1,9	4,6	2,3	5,4	2,1	2,8	3,4	4,2
Олеиновая	43,0	19,8	15,9	29,1	32,2	32,9	25,7	22,4
Линолевая	32,5	17,0	17,8	50,0	45,1	40,1	42,8	48,6
Линоленовая	2,0	51,0	35,7	7,0	15,0	10,1	10,7	15,4
Неидентифицированные соединения	11,0	2,7	22,0	1	—	10,6	11,5	2,3
Соотношение ω -3 : ω -6	1:16	3:1	2:1	1:7	1:3	1:4	1:4	1:3

Как видно из данных табл. 2, купажирование позволило создать образцы растительных масел с общим содержанием линоленовой и линолевой кислот 50–60 мас. % и соотношением ω -3 и ω -6 ПНЖК на уровне 1:(3-4), удовлетворяющем требованиям к профилактическому питанию [22, 25–27].

Далее были выполнены исследования физико-химических показателей окислительной устойчивости растительных масел, результаты представлены в табл. 3.

Как видно из данных, представленных в табл. 3, соответствуют требованиям [27, 28] по физико-химическим показателям окислительной устойчивости и могут быть использованы в качестве сырья при изготовлении продуктов детского питания только кукурузное и льняное масла.

Окислительная способность разработанных купажей в процессе хранения без доступа кислорода воздуха отражена на рис. 1–5.

Таблица 3. Физико-химические показатели окисления растительных масел
Table 3. Physico-chemical quality indicators oxidation of vegetable oils

Наименование показателя	Наименование растительных масел			
	кукурузное	льняное	рыжиковое	тыквенное
Перекисное число, ммоль (1/2O)/кг	2,8	1,4	4,6	4,1
Кислотное число, мг КОН/г	0,3	0,4	2,0	0,8

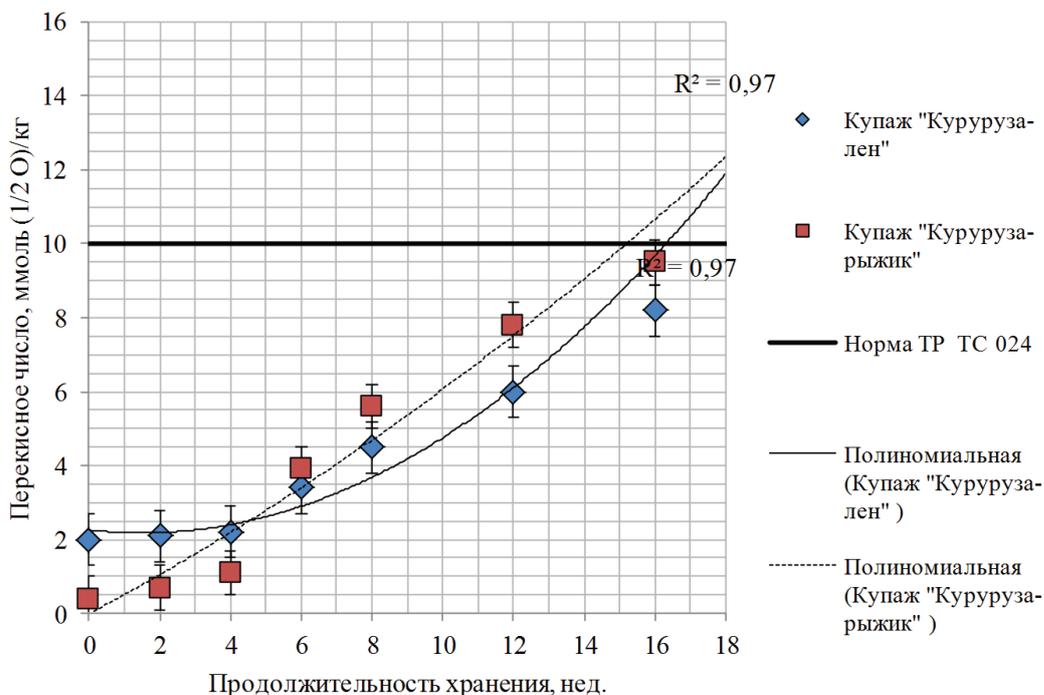


Рис. 1. Изменение перекисного числа при хранении купажей на основе кукурузного масла
Fig. 1. Variation of the peroxide number on the duration of storage of blends based on corn oil

Полученные данные (рис. 1) позволили сделать вывод о том, что наиболее интенсивно образование перекисей происходило при хранении купажей на основе кукурузного масла с 4 по 8 неделю хранения. Превышение предельно установленной величины перекисного числа (10 мэкв/кг) образцов на основе кукурузного масла произошло через 4 мес. хранения.

Анализ экспериментальных данных, представленных на рис. 2, позволил установить превышение предельно установленного норматива перекисного числа в образцах на основе тыквенного масла после 2,5 мес. хранения, что, вероятно, связано с более высокой величиной перекисного числа в исходных маслах и содержанием ПНЖК.

Наряду с образованием первичных продуктов распада липидов, окисление растительных масел характеризуется появлением карбонильных соединений, поэтому далее исследовали изменение кислотного числа купажей при хранении (рис. 3 и 4).

Результаты исследований, представленные на рис. 3 и 4, свидетельствуют о том, что содержание карбонильных соединений в процессе хранения находилось практически на одном уровне и не превысило предельного норматива, установленного техническим регламентом ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию» [29]. Изменение кислотного числа стабилизировалось спустя 8 недель хранения, что связано с расходом внутреннего кислорода, содержащегося в растительных маслах.

Важным критерием оценки качества купажей являются органолептические показатели. Цвет, вкус, запах кукурузно-рыжикового, кукурузно-льняного, тыквенно-рыжикового и тыквенно-льняного купажей соответствовали требованиям, предъявляемым к растительным маслам. Образцы были прозрачными, светло-желтого и светло-зеленого цвета. Необходимо отметить, что нежелательный горький и травянистый привкус, характерный для масел на основе льна и рыжика, практически нивелировался смешиванием с кукурузным и тыквенным маслами.

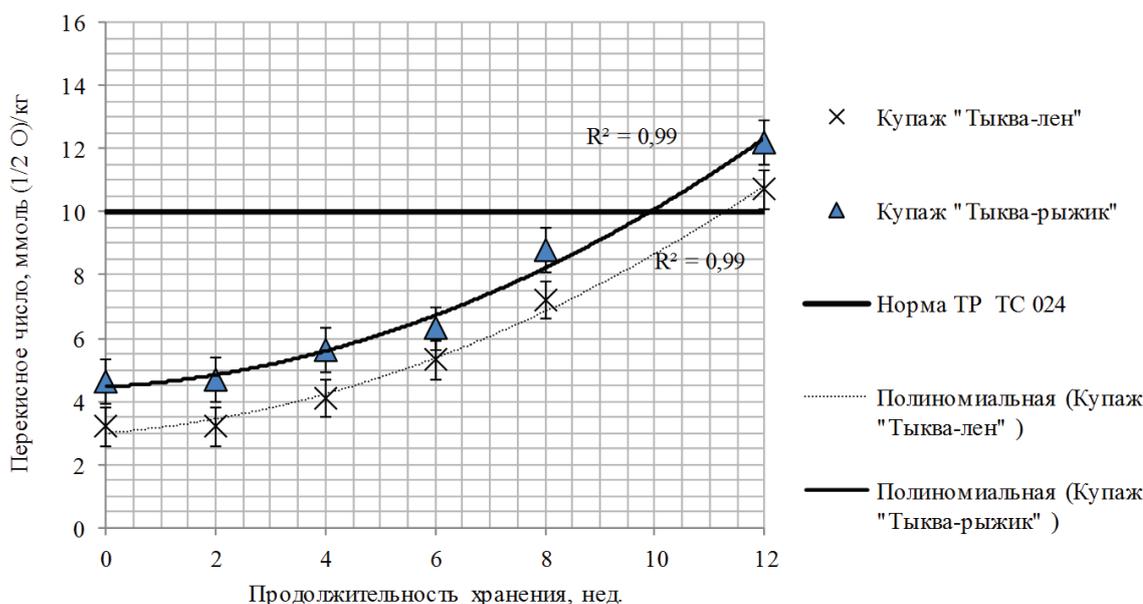


Рис. 2. Изменение перекисного числа при хранении купажей на основе тыквенного масла
 Fig. 2. Variation of the peroxide number on the duration of storage of blends based on pumpkin oil

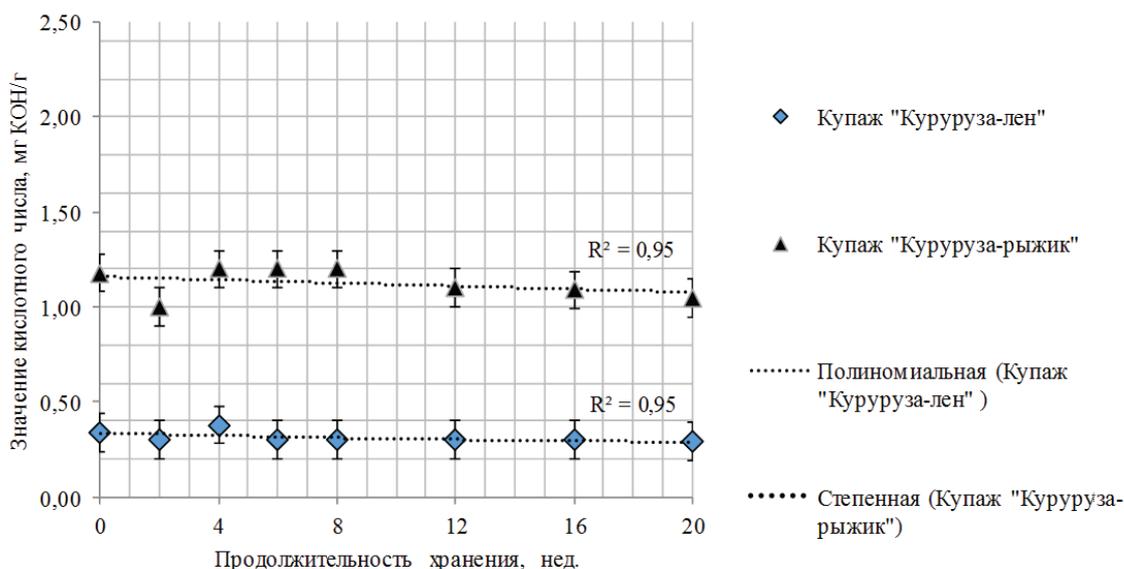


Рис. 3. Изменение кислотного числа при хранении купажей на основе кукурузного масла
 Fig. 3. Variation of the acid number on the duration of storage of blends based on corn oil

Хранение без доступа кислорода воздуха практически не изменило органолептическую оценку купажей растительных масел, представленную на рис. 5. Наилучшие органолептические свойства были отмечены для купажей на основе тыквенного масла.

Включение купажей растительных масел с оптимизированным составом полиненасыщенных жирных кислот в состав БАД, рационов и рецептур пищевых продуктов должно осуществляться при информировании потребителя о величине содержания ω -3 и ω -6 жирных кислот, рекомендаций по использованию, надписи «Не является лекарством».

Применение БАД на основе разработанных купажей растительных масел должно происходить согласно их способности удовлетворять физиологические потребности человека в основных пищевых веществах и энергии, с учетом существующих рекомендаций [26–28].

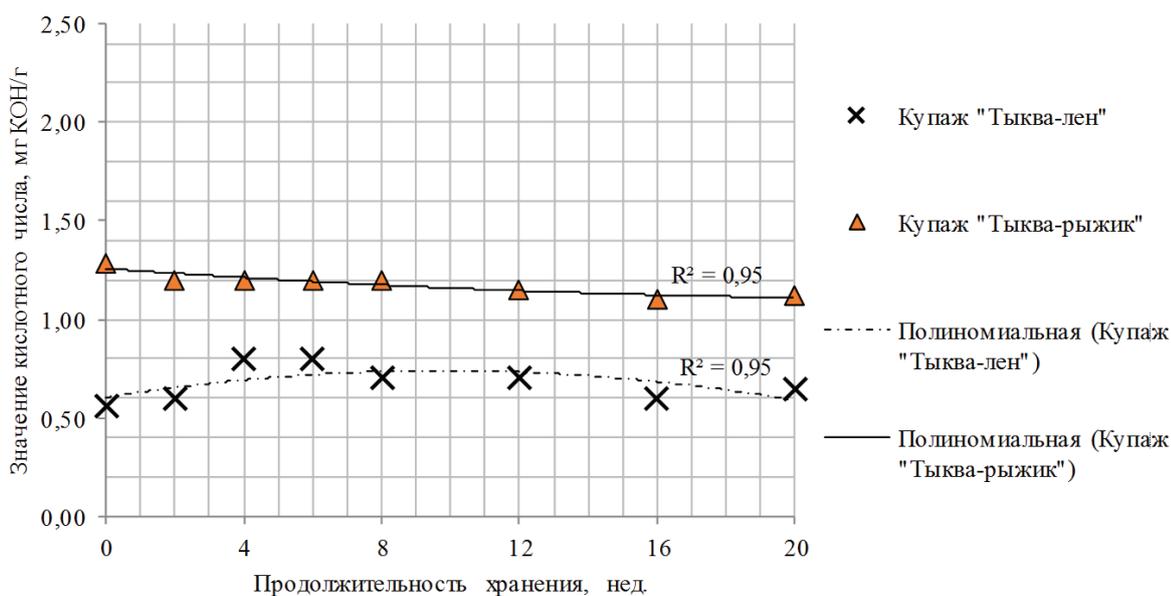


Рис. 4. Изменение кислотного числа при хранении купажей на основе тыквенного масла
 Fig. 4. Variation of the acid number on the duration of storage of blends based on pumpkin oil

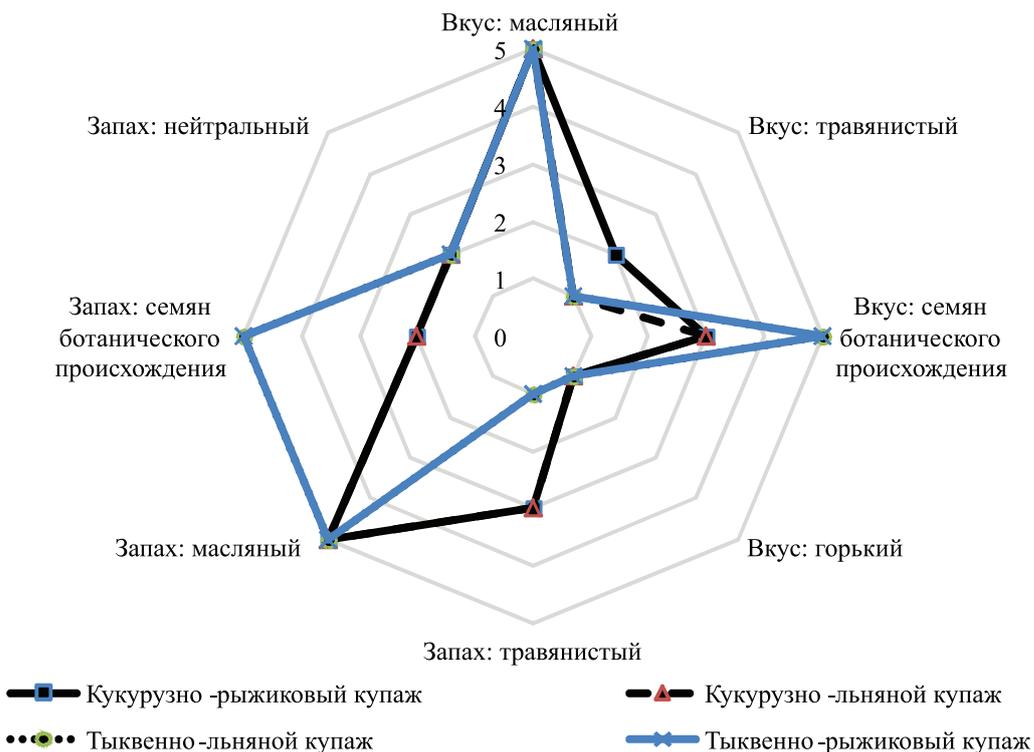


Рис. 5. Профилограммы оценки запаха и вкуса купажей растительных масел
 Fig. 5. Profilograms of the smell and taste of blends of vegetable oils

Таким образом, были разработаны купажи растительных масел: кукурузное и льняное — 70 : 30 (мас.%), кукурузное и рыжиковое — 60 : 40 (мас.%), тыквенное и льняное — 68 : 32 (мас.%), тыквенное и рыжиковое — 57 : 44 (мас.%), которые могут быть использованы для производства БАД.

Изучена окислительная устойчивость разработанных купажей растительных масел при их хранении без доступа УФ-излучения, кислорода воздуха и температуре (20 ± 5) °С. Исследование органо-

лептических, физико-химических показателей (кислотное и перекисное числа) и состава жирных кислот разработанных купажей показало, что на изменение качества существенно влияло повышение перекисного числа.

Компоненты, являющиеся источниками ПНЖК, используемые при изготовлении БАД, пищевой продукции не должны оказывать вредного воздействия на здоровье человека и содержать заявленные вещества выше рекомендуемого уровня в течение всего срока годности, который для исследованных купажей на основе кукурузного масла составил 4 мес., тыквенного — 2,5 мес. Наиболее устойчивым, с точки зрения накопления пероксидов, являлся купаж на основе кукурузного и льняного масел.

БАД на основе разработанных купажей растительных масел расширят ассортимент выпускаемой продукции, повысят ее качество за счет увеличения содержания ω -3 и ω -6 полиненасыщенных жирных кислот в рационе за счет оптимального и безопасного для организма человека соотношения.

Выбор форм, способов применения БАД на основе липидов растительных масел должен проводиться с учетом возможного взаимодействия с другими компонентами, в т.ч. обогащаемого пищевого продукта, содействовать максимальной сохранности в процессе производства и хранения липидов растительного происхождения.

Список использованных источников

1. 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.
2. 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.
3. Долголюк, И.В. Растительные масла — функциональные продукты питания // И.В. Долголюк, Л.В. Терещук, М.А. Трубникова, К.В. Старовойтова // Техника и технология пищевых производств. — 2014. — № 2. — С. 122–125.
4. Cunnane, S.C. Problems with essential fatty acids time for a new paradigm / S.C. Cunnane // Prog. Lipid Res. — 2003. — Vol. 42, № 6. — P. 544–568.
5. Din, J.N. Omega 3 fatty acids and cardiovascular disease-fishing for a natural treatment [Text] / J.N. Din / BMJ. — 2004. — Vol. 328, Issue 7430. — P. 30–35. doi: 10.1136/bmj.328.7430.30.
6. Караман, Ю.К. Эндоканнабиоиды и эйкозаноиды: биосинтез, механизмы их взаимосвязи, роль в иммунных процессах // Ю.К. Караман, Е.Г. Лобанова // Медицинская иммунология. — 2013. — Т.15. № 2. — С. 119–130.
7. European patent application, EP 1598422 A2. Methods and composition for synthesis of long chain polyunsaturated fatty acids in plants / Knutzon [et al.]. — 2005.
8. Titov, V.N. Generality of atherosclerosis and inflammation: the specificity of atherosclerosis as an inflammatory process [Electronic resource] / V.N. Titov // Russian Journal of Cardiology. 1999. Issue 5. Available at: <http://medi.ru/doc/6690510.htm/>
9. Сергеева, М.Г. Каскад арахидоновой кислоты / М.Г. Сергеева, А.Т. Варфоломеева. — М.: Народное образование, 2006. — 256 с.
10. Harris, W.S. The omega-3 index as a risk factor for coronary heart disease [Text] / W.S. Harris // American Journal Clinic. Nutrition. — 2008. — Vol. 87, Issue 6. — P. 1997S–2002S.
11. 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.
12. Остряков, А.Н. Купажированное растительное масло — функциональный продукт питания / А.Н. Остряков, М.В. Копылов // Успехи естествознания. — 2011. — №7. — С. 171–172.
13. Масло кукурузное. Технические условия: ГОСТ 8808–2000. — Введ. 01.01.2003. — Москва: Стандартинформ, 2003. — 18 с.
14. Масла растительные и продукты со смешанным составом жировой фазы. Метод обнаружения фальсификации: ГОСТ 30623–2018. — Введ. 01.01.2020. — Москва: Стандартинформ, 2018. — 20 с.
15. Масла растительные. Метод определения жирнокислотного состава: ГОСТ 30418–96. — Введ. 01.01.1998. — Минск: Межгосуд. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998. — 5 с.
16. Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров жирных кислот: ГОСТ 31665–2012. — Введ. 01.02.2015. — Минск: Госстандарт, 2015. — 12 с.

17. Органолептический анализ. Методология. Методы профильного анализа флейвора: СТБ ИСО 6564–2007. — Введ. 01.07.2007. — Минск: Госстандарт, 2007. — 12 с.
18. Органолептический анализ. Руководство по оценке цвета пищевых продуктов: ГОСТ ISO 11037–2013. — Введ. 01.03.2016. — Минск: Госстандарт, 2014. — 20 с.
19. Масла растительные и жиры животные. Метод определения перекисного числа: СТБ ГОСТ Р 51487–2001. Введ. 01.11.2002. — Минск: Госстандарт, 2002. — 12 с.
20. Масла растительные. Методы определения кислотного числа: ГОСТ 31933–2012. Введ. 01.02.2012. — Минск: Госстандарт, 2012. — 12 с.
21. 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.rchepb.by>. — Дата доступа: 04.05.2019.
22. ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания». утв. Решением Совета ЕЭК от 15.06.2012 г. № 34. — Режим доступа: www.eaeunion.org. — Дата доступа : 24.05.2019.
23. Косман, В.М. Сравнительный анализ требований к качеству рыбьего жира для пищевого и медицинского применения / В.М. Косман, Д.В. Демченко, О.Н. Пожарицкая, А.Н. Шиков, В.Г. Макаров // Вопросы питания. — М: Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа». — 2016. — Том 85. — С. 110–116.
24. Жировые продукты для здорового питания. Современный взгляд / Л.Г. Ипатова [и др.]. — М.: ДеЛи принт, 2009. — 396 с.
25. 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.
26. 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.rchepb.by>. — Дата доступа : 05.04.2019.
27. 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.
28. 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.
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.

References

1. Nazarov P., Mjagkova G., Groza N. *Polyunsaturated fatty acids as universal endogenous bioregulators*. The journal Fine Chemical Technologies (Vestnik MИTHT), 2009, vol. 4, no. 5, pp. 3–19 (in Russian).
2. Guzik E.O. *Gigienicheskaja ocenka faktorov riska neinfekcionnyh zabojevanij u shkol'nikov [Hygienic assessment of risk factors for noncommunicable diseases in schoolchildren]*. Zdorov'e i okruzhajushhaja sreda. Sbornik nauchnyh trudov. — no. 20. — М : GU «Respublikanskaja nauchnaja medicinskaja biblioteka», 2012, pp. 162–168 (in Russian).
3. Dolgoljuk I.V., Tereshhuk L.V., Trubnikova M.A., Starovojtova K.V. *Rastitel'nye masla — funkcional'nye produkty pitaniija [Vegetable oils — functional foods]*. Food processing: techniques and technology, 2014. no 2, pp. 122–125 (in Russian).
4. Cunnane S.C. *Problems with essential fatty acids time for a new paradigm*. Prog. Lipid Res, 2003, vol. 42, no. 6, pp. 544–568.
5. Din J.N. *Omega 3 fatty acids and cardiovascular disease-fishing for a natural treatment*. BMJ, 2004, vol. 328, pp. 30 — 35. doi: 10.1136/bmj.328.7430.30.

6. Karaman Ju.K., Lobanova E.G. Jendokannabinoidy i jejkozanoidy: biosintez, mehanizmy ih vzaimosvjazi, rol' v immunnnyh processah [*Endocannabinoids and eicosanoids: biosynthesis, mechanisms of their relationship, role in immune processes*]. Medical Immunology, 2013, vol. 15, no 2. pp. 119–130 (in Russian).
7. Knutzon D., e.a. *Methods and composition for synthesis of long chain polyunsaturated fatty acids in plants*. European patent, no. 1598422 A2, 2005.
8. Titov V.N. *Generality of atherosclerosis and inflammation: the specificity of atherosclerosis as an inflammatory process*. Russian Journal of Cardiology, 1999, Issue 5. Available at: <http://medi.ru/doc/6690510.htm>
9. Sergeeva M.G., Varfolomeeva A.T. Kaskad arahidonovoj kisloty [*Arachidonic acid cascade*]. Moscow. Public education, 2006, 256 p. (in Russian).
10. Harris W.S. *The omega-3 index as a risk factor for coronary heart disease*. American Journal Clin. Nutrition, 2008, vol. 87, Issue 6, pp. 1997S–2002S.
11. 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.
12. Ostrjakov A.N., Kopylov M.V. Kupazhirovanoe rastitel'noe maslo — funkcional'nyj produkt pitanija [*Blended vegetable oil — a functional food*]. Advances in current natural sciences, 2011, no.7, pp. 171–172 (in Russian).
13. GOST 8808–2000. Maslo kukuruznoe. Tehnicheskie uslovija. [*Interstate standard 8808–2000. Corn oil. Technical specifications*]. Moscow, Standartinform Publ., 2003. 18 p. (in Russian).
14. GOST 30623–2018. Masla rastitel'nye i produkty so smeshannym sostavom zhirovoj fazy. Metod obnaruzhenija fal'sifikacii. [*Interstate standard 30623–2018. Vegetable oils and products with a mixed composition of the fat phase. Tamper Detection Method*]. Moscow, Standartinform Publ., 2018. — 20 p. (in Russian).
15. GOST 30418–96. Masla rastitel'nye. Metod opredelenija zhirkislotnogo sostava [*Interstate standard 30418–96. Vegetable oils. Method for determination of fatty acid composition*]. Minsk, Mezhsosudarstvennyy sovet po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii Publ., 1998. 5 p. (in Russian).
16. GOST 31665–2012. Masla rastitel'nye i zhiry zhivotnye. Poluchenie metilovyh jefirov zhirnyh kislot [*Interstate standard 31665–2012. Vegetable oils and animal fats. Preparation of fatty acid methyl esters*]. Minsk, Gosudarstvennyy komitet po standartizatsii Respubliki Belarus Publ., 2015. 12 p. (in Russian).
17. STB ISO 6564–2007. Organolepticheskij analiz. Metodologija. Metody profil'nogo analiza flejvora [*State Standard 6564–2007. Organoleptic analysis. Methodology. Flavor profile analysis methods*]. Minsk, Gosudarstvennyy komitet po standartizatsii Respubliki Belarus Publ., 2007. 12 p. (in Russian).
18. GOST ISO 11037–2013. Organolepticheskij analiz. Rukovodstvo po ocenke cveta pishhevyyh produktov [*Interstate standard 11037–2013. Organoleptic analysis. Food color assessment guide. Interstate standard*]. Minsk, Gosudarstvennyy komitet po standartizatsii Respubliki Belarus Publ., 2014. 20 p. (in Russian).
19. STB GOST R 51487–2001. Masla rastitel'nye i zhiry zhivotnye. Metod opredelenija perekisnogo chisla [*State Standard 51487–2001. Vegetable oils and animal fats. Method for determining the peroxide value*]. Minsk, Gosudarstvennyy komitet po standartizatsii Respubliki Belarus Publ., 2002. 12 p. (in Russian).
20. GOST 31933–2012. Masla rastitel'nye. Metody opredelenija kislotnogo chisla [*Interstate standard 31933–2012. Vegetable oils. Acid Number Determination Methods*] Minsk, Gosudarstvennyy komitet po standartizatsii Respubliki Belarus Publ., 2012. 12 p. (in Russian).
21. Sanitary norms and rules „Requirements for food raw materials and food products, hygienic standard “Safety and harmlessness indicators for human food raw materials and food products”, June 21, 2013 No. 52. Available at: <http://www.rcheph.by>. (Accessed 04 April 2019).
22. TP TS 027/2012 On the safety of certain types of specialized food products, including dietary therapeutic and preventive dietary nutrition. Moscow, Komissiya Tamozhennogo soyuza Publ., 2011. 28 p. (in Russian).
23. Kosman V.M., Demchenko D.V., Pozharickaja O.N., Shikov A.N., Makarov V.G. Sravnitel'nyj analiz trebovanij k kachestvu ryb'ego zhira dlja pishhevogo i medicinskogo primenenija [*Comparative analysis of fish oil quality requirements for food and medical use*] Problems of nutrition, 2016, vol. 85, pp. 110–116 (in Russian).
24. Ipatova L.G., Kochetkova A.A., Tutel'yan V.A., Nechaev A.P. Zhirovyje produkty dlya zdorovogo pitaniya. Sovremennyy vzglyad [*Fat products for a healthy diet. Modern look*]. Moscow, DeLi print Publ., 2009. 396 p. (in Russian).
25. Normy fiziologicheskikh potrebnostey v energii i pishchevykh veshchestvakh dlya razlichnykh grupp naseleniya Rossiyskoy Federatsii. Metodicheskiye rekomendatsii [*Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation. Guidelines*]. Moscow, Federalnyy tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora Publ., 2009. 36 p. (in Russian).
26. Sanitarnye normy i pravila «Trebovanija k pitaniyu naselenija: normy fi-ziologicalicheskikh potrebnostey v jenerгии i pishhevyyh veshhestvakh dlja razlichnykh grupp naselenija dlja razlichnykh grupp Respubliki Belarus'», 20 nojabrja 2012. № 180 [*Sanitary norms and rules “Requirements for the nutrition of the population: norms of the physiological requirements for energy and nutrients for various groups of the population*

- for various groups of the Republic of Belarus”, 20.11.2012. № 180] Minsk, Available at: <http://www.rcheph.by>. (Accessed 04 April 2020) (in Russian).
27. Edinye sanitarno-jepidemiologicheskie i higienicheskie trebovanija k produkcii (tovaram), podlehashhej sanitarno-jepidemiologicheskomu nadzoru (kontrolju), utv. Resheniem Komissii tamozhennogo sojuza ot 28 maja 2010 № 299 [Unified sanitary and epidemiological and hygienic requirements for products (goods) subject to sanitary and epidemiological surveillance (control), approved. By the decision of the Commission of the Customs Union of May 28, 2010 No. 299] Available at: www.eaeunion.org. (Accessed 04 April 2019) (in Russian).
 28. Nikitenko A.N., Lamotkin S.A., Lesneva M.I., Stribut' A.V., Martinchik V.O., Il'ina G.N. Study of the influence of heat treatment on the oxidative stability of blends of vegetable oils in various environments. Trudy BGTU [Proceedings of BSTU], 2019, Issue 2. no. 1 (217), Chemical engineering, Biotechnology, Geocology, pp. 54–61. Available at: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/28371> (in Russian).
 29. TPTS 024/2011 Technical regulations for oil and fat products, approved by the decision of the Commission of the CU, 9.12.2011, No. 883. 28 p. (in Russian).

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.

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.

Мазур Анатолий Макарович — доктор технических наук, профессор учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (пр. Независимости, 99, 220023, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: 6557206@mail.ru.

Сербин Иван Сергеевич — студент учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: serbvano@mail.ru.

Война Юлия Сергеевна — студентка учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: yuliya.voina1@mail.ru.

Information about authors

Nikitenko Anastasia N. — 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.

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.

Mazur Anatoly M. — Doctor of technical sciences, professor of the Belarusian State Agrarian Technical University (99, Nesavisimosti av., 220023, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: 6557206@mail.ru.

Serbin Ivan S. — student of the Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: serbvano@mail.ru.

Yuliya Voina S. — student of the Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus) E-mail: yuliya.voina17@mail.ru.