

Сравнительный анализ пищевой ценности и цитотоксичности растительных дисперсий из сортов гороха и фасоли отечественной селекции

Анна Л. Вебер	¹	anna.web@mail.ru	 0000-0003-0715-0426
Светлана А. Леонова	²	s.leonova@inbox.ru	 0000-0002-7613-430X
Тамара А. Никифорова	³	tamara_nikiforova@bk.ru	 0000-0002-0400-205X
Малгожат Жиарно	⁴	malgorzata.ziarno@gmail.ru	 0000-0001-7445-6375

¹ Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Институтская пл., 1, г. Омск, 644008, Россия

² Башкирский государственный аграрный университет, 50-летия Октября, 34, г. Уфа, 644008, Россия

³ Оренбургский государственный университет, пр. Победы, 13, г. Оренбург, 460018, Россия

⁴ Варшавский университет наук о жизни, Институт пищевых наук, Новоурсиновская, 166, г. Варшава, 02-787, Польша

Аннотация. Современный продовольственный рынок продуктов питания и аналогов продуктов животного происхождения, а именно альтернатив молочной продукции «dairy alternatives» представлен, в числе прочих, напитками безалкогольными из растительного сырья (растительным «молоком») с разной степенью дисперсности частиц. На отечественном рынке напитки сегмента «dairy alternatives» главным образом представлены продукцией с известными брендами из традиционных злаковых и зернобобовых культур. Применение нетрадиционного вида зернобобового сырья (гороха и фасоли) в технологии производства безалкогольного напитка и поликомпонентных продуктов на его основе должно быть охарактеризовано не только с точки зрения биологической активности, но и токсичности. В статье рассмотрены результаты сравнительного анализа пищевой ценности и оценочного этапа исследования базовой токсичности природных соединений растительных дисперсий из пророщенного зерна гороха сортов селекции Башкирского НИИ сельского хозяйства УФИЦ РАН (БНИИСХ, Республика Башкортостан) и фасоли селекции Омский ГАУ в условиях *in vitro*. Для оценки токсичности и биологической активности природных соединений растительных дисперсий из пророщенного зерна гороха сортов Чишминский 95, Чишминский 229, Памяти Хангильдина и фасоли сортов Омичка и Лукерья использован распространённый метод определения цитотоксичности веществ OZBlue – тестом на культуре нормальных клеток человека HEK 293. В ходе исследования установлено, что растительные дисперсии из исследуемых сортов не обладают выраженной цитотоксичностью в интервале исследуемых концентраций.

Ключевые слова: цитотоксичность веществ, горох, фасоль, отечественная селекция, растительная дисперсия, целевые продукты

Comparative analysis of nutritional value and cytological toxicity of plant dispersion of Russian varieties of beans and haricot

Anna L. Veber	¹	anna.web@mail.ru	 0000-0003-0715-0426
Svetlana A. Leonova	²	s.leonova@inbox.ru	 0000-0002-7613-430X
Tamara A. Nikiforova	³	tamara_nikiforova@bk.ru	 0000-0002-0400-205X
Malgorzata Ziarno	⁴	malgorzata.ziarno@gmail.ru	 0000-0001-7445-6375

¹ Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Institutskaya Sq. 1, Omsk, 644008, Russia

² Bashkir State Agrarian University, 50-letiya Oktyabrya Str. 34, Ufa, 450054, Russia

³ Orenburg State University, Pobedy Ave., 13, Orenburg, 460018, Russia

⁴ Warsaw University of Life Sciences, Institute of Food Sciences, Novoursinovskaya Str. 166, Warsaw, 02-787, Poland

Abstract. Contemporary market of food of animal origin and its substitutes, i.e. dairy alternatives offers a range of non-alcohol beverages of plant origin (plant “milk”) of different level of particles’ dispersion. At Russian food market dairy alternative beverages are mostly cereal and food products by well-known brands. Application of alternative types of bean crops (green beans and haricot) in production of non-alcohol beverages of plant origin or synthetic products should be proven not only with consideration of their biological activity and their toxicity as well. The article deals with the results of comparative analysis of nutritional value and the evaluation stage of the basic toxicity of natural compositions of plant dispersion of germinated grains of bean varieties bred at Bashkir Research Institute of Agriculture and Omsk State Agrarian University in *in vitro* conditions. To estimate the level of toxicity and biological activity of natural compositions of plant dispersion of germinated bean grain of varieties Chishminskiy 95, Chishminskiy 229, Pamyati Khangildina, and haricot of varieties Omichka and Lukerya the most popular method for OZBlue - matter detection was used, i.e. the test on human civilized cell cultures HEK 293. It has been found out that plant dispersion of these varieties do not show the visible toxicity level in the interval of the concentrations under research, what gives a possibility to use them for targeted production.

Keywords: cytotoxicity of substances, peas, beans, domestic breeding, plant dispersion, target products

Для цитирования

Вебер А.Л., Леонова С.А., Никифорова Т.А., Жиарно М. Сравнительный анализ пищевой ценности и цитотоксичности растительных дисперсий из сортов гороха и фасоли отечественной селекции // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 4. С. 160–168. doi:10.20914/2310-1202-2021-4-160-168

For citation

Veber A.L., Leonova S.A., Nikiforova T.A., Ziarno M. Comparative analysis of nutritional value and cytological toxicity of plant dispersion of Russian varieties of beans and haricot. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 4. pp. 160–168. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-4-160-168

Введение

Одним из самых быстрорастущих сегментов в области функциональных напитков в мире является напиток безалкогольный из растительного сырья (растительная дисперсия). Функциональность продуктов и напитков заключается в удовлетворении различных потребностей с учетом потребительских предпочтений и индивидуальных особенностей организма. Создание растительного молока способствует решению актуальных проблем питания, в числе которых непереносимость лактозы, а также расширению ассортимента вегетарианских продуктов [1–3].

В последние годы растительные источники (орехи, злаковые, бобовые и масличные культуры) широко используются для производства продуктов сегмента «dairy alternatives» напитков безалкогольных из растительного сырья с разной степенью дисперсности частиц, размер частиц и стабильность которых во многом зависят от используемого метода дезинтеграции режимов технологических операций, условий хранения, а также природы сырья [4–8]. К примеру, при производстве миндального молока [9] необходимо учитывать термочувствительность белков, которая имеет решающее значение для переработки миндального молока в целевые продукты. Учитывая несбалансированность по некоторым нутриентам, группа ученых предлагает оптимизировать рецептуру миндального молока путем нормализации с молоком из бобовых культур, к примеру соевым [10]. Поликомпонентная смесь соевого и миндального молока является отличной альтернативой коровьему молоку. Гипоаллергенной альтернативой коровьему и соевому молоку является также рисовое молоко, которое не содержит холестерина и ненасыщенных жиров, укрепляет иммунную систему, обеспечивая устойчивость к бактериям и вирусам благодаря содержанию селена и магния [11]. Одним из самых популярных видов растительного молока является кокосовое молоко – хороший источник клетчатки и питательных веществ. Кокосовое молоко содержит железо, кальций, калий, магний и цинк, лауриновую кислоту, а также существенное количество витаминов С и Е [12,13] и служит адекватным субстратом для разработки функциональных продуктов питания [14]. Тем не менее, для повышения пищевой ценности и химического состава кокосового молока разработана поликомпонентная рецептура с включением молока из кешью и миндаля [15], нутового молока [16]. Полученный напиток характеризуется высоким содержанием белка, кальция и липидов, по сравнению с другими растительными аналогами коровьего молока. Нутовое молоко используют в качестве основного сырья при производстве

ферментированных напитков, при этом следует отметить высокое содержание гамма-аминомасляной кислоты обладающая потенциальной нейрозащитной активностью [17,18].

За последние 50 лет разработано внушительное количество способов и технологий производства растительного молока. Подавляющее большинство разработок основано на использовании сои, несмотря на большое количество отечественных сортов и повышенный агротехнологический, экологический и фитохимический потенциал других бобовых культур, к примеру, гороха и фасоли [19–21]. При этом следует отметить, что зарубежные производители уже производят гороховое молоко, под торговой маркой «Rippel», «Yo fitt», «Wunda» (компания Nestle) и позиционируют данный продукт на рынке не только как функциональный, но и как экологически чистый, с нулевым уровнем выбросов углерода.

Учитывая интенсивный рост популярности здорового образа жизни и питания, спрос на экологически чистые продукты питания, активное импортозамещение на рынке нетрадиционных для российского покупателя продуктов питания нового поколения, внедрение разработанной технологии растительной дисперсии из зерна гороха и фасоли отечественной селекции возможно после изучения его пищевой ценности и безопасности.

Цель работы – сравнительная оценка пищевой ценности и цитотоксичности растительных дисперсий из пророщенного зерна гороха и фасоли отечественной селекции.

Материалы и методы

При проведении исследований использовали следующие материалы:

– молоко питьевое ультрапастеризованное с массовой долей жира 0,5% (торговая марка «Домик в деревне»);

– напиток безалкогольный соевый (торговая марка «Green Milk»);

– растительные дисперсии, полученные из пророщенных зерен гороха селекции БашНИИСХ УФИЦ РАН (Республика Башкортостан) сортов Чишминский 95, Чишминский 229, Памяти Хангильдина выращенные в условиях селекционного центра БашНИИСХ и фасоли селекции Омского ГАУ сортов Омичка и Лукерья выращенные в условиях учебно-опытного хозяйства Омского ГАУ. Растительные дисперсии вырабатывали согласно разработанной ранее технологии [22]. Исследование органолептических и физико-химических показателей растительной дисперсии осуществляли с использованием общепринятых, современных инструментальных методов анализа свойств сырья и готовой продукции.

Органолептическую оценку опытных образцов (внешний вид, консистенция, запах и аромат) проводили согласно ГОСТ Р ИСО 22935–2–2011, ГОСТ Р ИСО 22935–3–2011, ГОСТ ISO 13299–2015. При этом учитывались замечания испытателей. Активную кислотность опытных образцов определяли электрометрическим методом на рН-метре Mettler Toledo SevenGo. Массовую долю жира в образцах находили кислотным методом Гербера согласно ГОСТ Р ИСО 2446–2011, массовую долю белка – согласно ГОСТ 23327–98. Содержание сухих веществ устанавливали в соответствии с ГОСТ Р 54668–2011. Определение водорастворимых витаминов осуществляли с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель-105» с последующим детектированием витаминов в научно-образовательном центре ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет». Пищевую и энергетическую ценность рассчитывали для 100 г. продукта по результатам исследования.

Оценку цитотоксичности растительных дисперсий проводили в лаборатории микробиологии и биотехнологии Института живых систем Балтийского федерального университета им. И. Канта. Для оценки цитотоксичности природных соединений растительных дисперсий использовался метод определения цитотоксичности веществ OZBlue – тест на культуре нормальных клеток человека НЕК 293 (Human Embryonic Kidney 293 – клеточная линия, полученная из эмбриональных клеток почек человека (ООО «Спутник-К», Москва, Россия)) [23]. Метод основан на способности живых клеток восстанавливать голубой нефлуоресцирующий водорастворимый прижизненный краситель ресазурин (7-гидрокси-3Н-феноксазин-3-ОН-10-оксид) входящий в состав реагента для обеспечения жизнеспособности клеток PrestoBlue (Invitrogen, Калифорния, ООО «Компания Пущинские лаборатории», Пущино, Россия) до розового флуоресцентного ресорфуфина широким спектром ферментов (митохондриальными дегидрогеназами, а также цитохромами и дегидрогеназами, находящиеся в цитоплазме клеток, а именно диафоразами и флавинредуктазами) с последующим измерением интенсивности флуоресценции восстановленного реагента [24–27].

Общая методика исследования цитотоксичности растительных дисперсий по отношению к клеточным культурам НЕК 293 заключалась в следующем:

1. Подготовка исследуемых объектов. В каждый исследуемый объект (растительная дисперсия) методом пипетирования до образования однородного жидкого раствора для увеличения

растворимости тестируемых соединений добавляли 200 мкл 100% DMSO (VWR Life Science Amresco, ООО «Компания Пущинские лаборатории», Пущино, Россия). После получения гомогенного жидкого раствора, производили стерилизацию с помощью специальных фильтров и шприцов объемом 1 мл.

2. Приготовление полной питательной среды DMEM для культивирования клеток НЕК 293 осуществлялась по протоколу в соответствии с СТП -14.621.21.008.12–2005 «Методика определения цитотоксичности веществ МТТ-тестом на культуре нормальных клеток человека НЕК 293» с использованием среды DMEM с L – глутамином (ООО «БиолоТ», Санкт-Петербург), бычьего сывороточного альбумина (Bio-Rad Laboratories, Беркли, Калифорния, США) и антибиотика гентамицин (ООО «Фармасинтез», Санкт-Петербург, Россия).

3. Подготовка клеточной линии НЕК 293 к инкубированию; посев клеток в 96 – луночный планшет осуществлялся в соответствии с СТП -14.621.21.008.12–2005.

4. Для оценки цитотоксичности растительных дисперсий, 96-ти луночный планшет содержал экспериментальные и контрольную группу клеток. В экспериментальные группы входили лунки с культурой клеток НЕК 293 после 24 часов инкубации (по методике, описанной ранее), в которые вводили подготовленные заранее исследуемые образцы в трех разных концентрациях (100; 125; 150), концентрацию которых пересчитывали на массу лунки. Контрольная группа состояла из лунок клеточной культуры НЕК 293 после 24 часов инкубации, к которой добавляли растворитель DMSO в количестве 1%. Каждая концентрация тестировалась в трех параллельных сравнениях. Метод проводили в трех повторностях. После чего экспериментальные и контрольную группу клеток инкубировали в течение 24 часов при следующих параметрах (увлажненная атмосфера 95% воздуха, с содержанием 5% CO₂, при температуре 37 °С). После завершения инкубации в каждую лунку (контрольных и экспериментальных групп клеток) добавляли по 10 мкл анализирующего раствора PrestoBlue. Инкубация клеток контрольной и экспериментальных групп с реагентом PrestoBlue составляла 20 минут. Интенсивность световыпускания (флуоресценции) восстановленного прижизненного красителя определяли с помощью планшетного мультимодального ридера CLARIOstar Plus (возбуждение при 530 нм, эмиссия при 590 нм). Полученные данные обрабатывались с помощью программного обеспечения

GraphPad Prism 8. Эквивалент доли метаболически активных жизнеспособных клеток (относительная флуоресценция, % от контроля) выражали как среднее значение для трех измерений интенсивности светоиспускания (флуоресценции) выраженный в процентах к контролю. Жизнеспособность клеток опытных образцов в каждой опытной лунке рассчитывали относительно лунок контроля. Статистический анализ данных проводили с помощью t – критерия Стьюдента. Различия признавали статистически значимыми

при $p < 0,05$. При проведении исследований использовались современные отечественные и зарубежные приборы, оборудования и реактивы (х.ч.) с содержанием примесей, в% $0,05 \times 10^{-5} - 10^{-6}$.

Результаты

Результаты исследований основных качественных показателей растительных дисперсий из пророщенного зерна гороха и фасоли отечественной селекции (таблица 1, 2) подтверждают эффективность разработанных технологических параметров производства.

Таблица 1.

Пищевая и энергетическая ценность растительных дисперсий

Table 1.

Nutritional and energy value of plant dispersion

Наименование сорта Name of the variety	Массовая доля жира, % Fat content, %	Массовая доля белка, % Protein mass fraction, %	Массовая доля углеводов, % Mass fraction of carbs, %	pH	Энергетическая ценность, Ккал/Кдж Energy value, Kcal/KJ
Растительная дисперсия из пророщенного зерна гороха Plant dispersion from sprouted pea grain					
Чишминский 95 Chishminsky 95	0,5 ± 0,05	3,0 ± 0,5	4,7 ± 0,5	6,5	32,0 ± 0,5 133,45 ± 1,0
Чишминский 229 Chishminsky 229	0,5 ± 0,05	3,5 ± 0,5	4,7 ± 0,5	6,5	33,0 ± 0,5 137,69 ± 1,0
Памяти Хангильдина Memory of Hangildin	0,5 ± 0,05	3,2 ± 0,5	4,6 ± 0,5	6,5	30,20 ± 0,5 126,29 ± 1,0
Растительная дисперсия из пророщенного зерна фасоли Plant dispersion from sprouted bean grain					
Омичка Omichka	0,6 ± 0,05	3,2 ± 0,5	3,8 ± 0,5	6,4	32,45 ± 0,5 135,64 ± 1,0
Лукерья Lukerya	0,6 ± 0,05	3,5 ± 0,5	4,0 ± 0,5	6,5	34,4 ± 0,5 143,79 ± 1,0

Таблица 2.

Органолептические показатели растительных дисперсий

Table 2.

Organoleptic characteristics of plant dispersion

Наименование показателя Indicator name	Растительная дисперсия Plant dispersion		
	из пророщенного зерна гороха сортов Чишминский 95, Чишминский 229, Памяти Хангильдина from sprouted pea grains of the varieties Chishminsky 95, Chishminsky 229, Memory of Hangildin	из пророщенного зерна фасоли сорт Омичка from sprouted bean grains of the variety Omichka	из пророщенного зерна фасоли сорт Лукерья from sprouted bean grains of the variety Lukerya
Характеристика Characteristic			
Внешний вид и консистенция Appearance and texture	Однородная консистенция, без осязаемых твердых частиц Homogeneous consistency, no perceptible solid particles		
Вкус и запах Taste and smell	Вкус чистый, приятный, солодовый, слегка травянистый, сладковатый The taste is clean, pleasant, malty, slightly grassy, sweetish	Вкус пресный, слегка сладковатый, слабо выраженный бобовый запах и аромат The taste is insipid, sweetish, weakly pronounced bean smell and aroma	Вкус сладковатый, выраженный слабо бобовый запах и аромат Sweetish taste, pronounced bean smell and aroma
Цвет Colour	Приятный, равномерный по всей массе бледно-желтый Pleasant, pale yellow uniform throughout the mass	Белый с сероватым оттенком White with a grayish tint	Светло-серый с черным оттенком Light gray with black shade

Сравнительный анализ пищевой и энергетической ценности молока питьевого ультрапастеризованного с массовой долей жира 0,5% (торговая марка «Домик в деревне») – контрольный образец № 1, напитка безалкогольного соевого торговая марка «Green Milk» – контрольный образец № 2 с разработанными растительными

дисперсиями из пророщенного зерна гороха сорта Памяти Хангильдина – опытный образец № 1 и фасоли сорта Омичка – опытный образец № 2 (таблица 3), а также химический состав на примере растительной дисперсии из пророщенного зерна гороха сорта Памяти Хангильдина (таблица 4) убедительно свидетельствует, что использование

отечественного зерна в технологии производства растительной дисперсии позволит расширить ассортиментную линейку гипоаллергенных, низкокалорийных продуктов питания.

Результаты оценочного этапа токсикологического исследования *in vitro* (рисунок 1) позволили установить отсутствие выраженного токсического действия.

Сравнительный анализ показателей качества контрольных и опытных образцов

Table 3.

Comparative analysis of quality indicators of control and prototypes

Показатель Indicator	Образец Sample			
	Контроль 1 Control 1	Контроль 2 Control 2	№1	№2
Массовая доля жира, в % Mass fraction of fat, %	0,5 ± 0,05	1,8 ± 0,05	0,5 ± 0,05	0,6 ± 0,05
Массовая доля белков, % Mass fraction of proteins, %	2,8 ± 0,5	2,0 ± 0,5	3,2 ± 0,5	3,2 ± 0,5
Массовая доля углеводов, % Mass fraction of carbohydrates, %	4,9 ± 0,5	6,2 ± 0,5	4,6 ± 0,5	3,8 ± 0,5
Содержание пищевых волокон Content of dietary fiber	–	1,6 ± 0,2	2,0 ± 0,2	1,8 ± 0,2
Присутствие аллергенов Allergen presence	не входит в перечень декларируемых аллергенов согласно ТР ТС 022/2011 и Европейской директивы 2007/68/EC not included in the list of declared allergens according to Technical regulations of the Customs union 022/2011 and European directive 2007 / 68 / EC			
Энергетическая ценность, Ккал/кДж Energetic value, kcal / kJ	35 / 146,0	52,99 / 221	35,7 / 149,47	33,4 / 139,84

Таблица 4.

Химический состав растительной дисперсии из пророщенного зерна гороха сорта Памяти Хангильдина

Table 4.

The chemical composition of the plant dispersion when using sprouted pea grains of the Pamyati Khangildina

Показатель Indicator	Растительная дисперсия из пророщенного зерна гороха сорта Памяти Хангильдина Vegetable dispersion of sprouted pea grains of Pamyati Khangildina variety	Уточненная физиологическая потребность для взрослых мг/сут [28] Adjusted physiological requirement for adults mg/day
	Значение мг в 100 г. The value of mg in 100 g	
Витамин B1 Vitamin B1	обнаружен present	1,5
Витамин B2 Vitamin B2	1,754 ± 2,63	1,8
Витамин B6 Vitamin B6	обнаружен present	2,0
Витамин А, % Vitamin A, %	(0,16 ± 0,03) × 10 ⁻⁴	5
Микро- и макроэлементы, мг в 100 г. Micro – and macroelements, mg in 100 g		
Натрий Sodium	65	1300
Калий Potassium	15	2500
Кальций Calcium	175	2500
Железо Iron	0,2	10 (для мужчин for men) 18 (для женщин for women)
Фосфор Phosphorus	125	800
Магний Magnesium	2	400
Цинк Zinc	0,25	12
Медь Copper	0,0175	1,0
Марганец Manganese	0,05	2

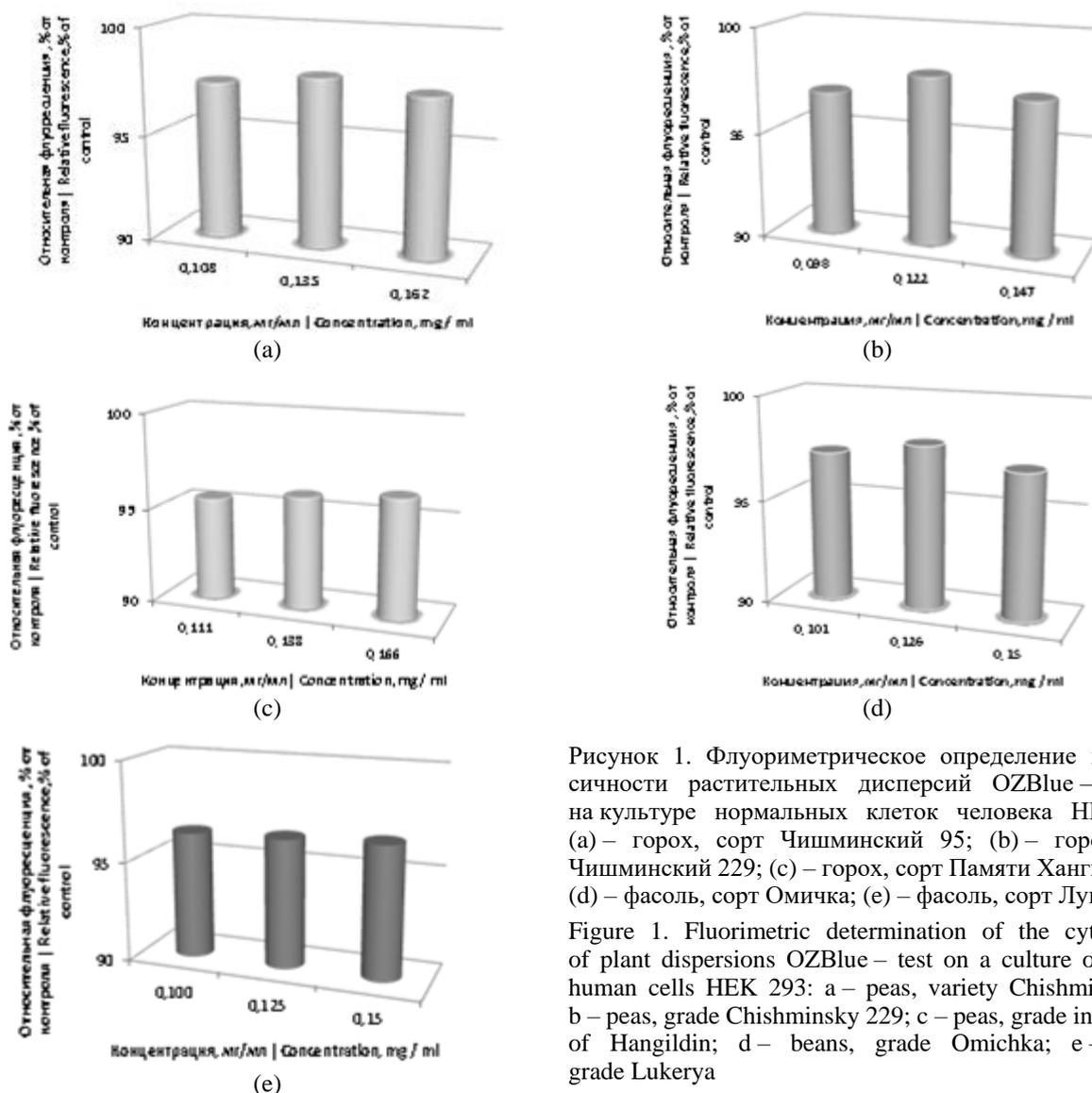


Рисунок 1. Флуориметрическое определение цитотоксичности растительных дисперсий OZBlue – тестом на культуре нормальных клеток человека HEK 293: (a) – горох, сорт Чишминский 95; (b) – горох, сорт Чишминский 229; (c) – горох, сорт Памяти Хангильдина; (d) – фасоль, сорт Омичка; (e) – фасоль, сорт Лукерья

Figure 1. Fluorimetric determination of the cytotoxicity of plant dispersions OZBlue – test on a culture of normal human cells HEK 293: a – peas, variety Chishminsky 95; b – peas, grade Chishminsky 229; c – peas, grade in Memory of Hangildin; d – beans, grade Omichka; e – beans, grade Lukerya

Обсуждение

Сравнительный анализ качественных показателей (таблица 1, 2, 3) позволил установить, что растительные дисперсии из пророщенного зерна гороха и фасоли исследуемых сортов в среднем превосходят контрольный образец № 1 и № 2 в 1,14; 1,6 раза – по содержанию белка; в 1,2 раза по содержанию пищевых волокон соответственно. Наблюдается незначительное снижение энергетической ценности в 1,5 раза по сравнению с контрольным образцом № 2. Также на примере растительной дисперсии из пророщенного зерна гороха сорта Памяти Хангильдина (таблица 4) установлено, что при употреблении 100 гр продукта обеспечивается степень удовлетворения суточной физиологической потребности в пищевых веществах и энергии для различных групп населения в среднем: в белке от 2,53 до 5,51%, в жире от 0,32 до 0,83%, в пищевых волокнах от 9 до 11%; в Na на 5%; в K на 0,6%; в Ca на 7%;

в Fe от 1,11 до 2%; в P на 15,6%; в Mg на 0,5%; в Zn на 2,08; в Cu на 1,75% и Mn на 2,5%, в витамине B₂ на 100%, что свидетельствует о полноценном составе.

В ходе эксперимента было установлено, что при внесении растительной дисперсии из пророщенного зерна гороха сорта Чишминский 95 в концентрациях 0,108; 0,135 и 0,162 мг/мл доли жизнеспособных метаболически активных клеток линии HEK 293 по отношению к контролю составляли $97,41 \pm 3,51\%$; $97,94 \pm 2,921\%$; $97,43 \pm 3,03\%$, что статистически не достоверно по отношению к контрольной серии экспериментов.

Доли жизнеспособных клеток HEK 293 по отношению к контролю при введении растительной дисперсии из пророщенного зерна гороха сортов Чишминский 229 и Памяти Хангильдина в аналогичных концентрациях существенно не изменялись и находились в пределах от $96,69 \pm 4,08\%$

($P > 0,05$) до $97,49 \pm 3,23\%$ ($P > 0,05$) и от $95,45 \pm 5,07\%$ ($P > 0,05$) до $96,29 \pm 5,32\%$ ($P > 0,05$) соответственно.

Аналогичные изменения наблюдались и при введении растительной дисперсии из пророщенного зерна фасоли сортов Омичка и Лукерья. В указанных концентрациях процент жизнеспособных клеток по отношению к контролю варьировался от $97,00 \pm 3,17\%$ до $97,89 \pm 5,01\%$ и от $96,32 \pm 3,98\%$ и до $97,02 \pm 3,28\%$ соответственно ($P > 0,05$).

Следует отметить что несмотря на разницу в значении показателя жизнеспособных метаболически активных клеток линии НЕК 293 в присутствии растительной дисперсии из пророщенного зерна гороха сортов Чишминский 95, Чишминский 229 и фасоли сорта Омичка по отношению к растительной дисперсии из пророщенного зерна гороха сорта Памяти Хангильдина и фасоли сорта Лукерья в диапазоне исследуемых концентраций различия не достигали уровня статистической значимости. Не существенная разница между контрольной и экспериментальной группой клеток, находится в пределах статистической погрешности и объяснима общими механизмами стресса на клеточном уровне, которые не зависят от вызывавшего его повреждающего воздействия. Анализ результатов

исследования позволяет сделать вывод о том, что исследуемые концентрации растительных дисперсий не обладают выраженным токсическим действием и собственной токсичностью, в связи, с чем значение IC_{50} в экспериментальных исследованиях получено не было.

Заключение

Разработанные дисперсии имеют повышенный фитохимический потенциал, не обладают выраженной цитотоксичностью, что подтверждает их безопасность и расширяет возможность их использования как базового сырья в технологии производства целевых продуктов (напитка безалкогольного, ферментированного напитка, мороженого, хлеба и т. д.). Полученные данные представляют интерес для дальнейшего изучения на клеточном уровне избирательной и специфичной токсичности растительных дисперсий.

Благодарности

Выражаем благодарность доктору сельскохозяйственных наук, профессору, заместителю директора по научной работе Башкирского НИИ сельского хозяйства Ф.А. Давлетову за предоставленные селекционные сорта гороха и доктору сельскохозяйственных наук, профессору ФГБОУ ВО Омский ГАУ Н.Г. Казыдуб за предоставленные селекционные сорта фасоли.

Литература

- 1 Matejcekova Z., Liptakova D., Valik L. Functional probiotic products based on fermented buckwheat with *Lactobacillus rhamnosus* // *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 2017. № 81. P. 35–41. doi: 10.1016/j.lwt.2017.03.018.
- 2 Bonke A., Siewerts S., Petersen I.L. Amino Acid Composition of New Plant-Based Drinks Made from Oats, Lentils and Peas // *Foods*. 2020. № 9 (4). P. 429. doi: 10.3390/foods9040429
- 3 Jeske S., Zannini E., Arendt E. Evaluation of physicochemical and glycaemic properties of commercial plant-based milk substitutes // *Plant Foods Hum. Nutr.* 2017. № 72. P. 26–33. doi: 10.1007/s11130-016-0583-0
- 4 Крючкова К.В., Забодалова Л.А. Исследование возможности применения злаковой и молочно-злаковой дисперсии в производстве пресных и ферментированных напитков // *Пищевая промышленность*. 2019. № 9. С. 64–68.
- 5 Самофалова Л.А., Сафронова О.В., Симоненкова А.П. Выбор технологических параметров получения устойчивой дисперсной системы растительной основы из биоактивированных двудольных семян // *Вестник ВГУИТ*. 2016. № 1. С. 221–226. doi:10.20914/2310-1202-2016-1-221-226.
- 6 Самофалова Л.А., Сафронова О.В. Анализ физикохимических основ технологии растительных заменителей молока // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2016. № 2 (37). С. 60–64.
- 7 Меренкова С.П., Андросова Н.В. Актуальные аспекты производства напитков на растительном сырье // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии»*. 2018. № 6 (3). С. 57–67. doi: 10.14529/food180307
- 8 Cruz M., Capellas M., Hernández A.J., Trujillo B. et al. Ultra high pressure homogenization of soymilk: Microbiological, physicochemical and microstructural characteristics // *Food Research International*. 2007. №. 40 (6). P.725–732. doi: 10.1016/j.foodres.2007.01.003
- 9 Costa J., Mafra I., Karrapatoso I., Oliveira P. et al. Almond allergens: molecular characterization, detection, and clinical relevance // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012. № 60 (6). P.1337–1349. doi: 10.1021/jf2044923
- 10 Kundu P., Dhankhar J.K.A., Sharma A.S.A. Development of non dairy milk alternative using soymilk and almond milk // *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*. 2018. № 6 (1). P. 203–210. doi: 10.12944/CRNFSJ.6.1.23
- 11 Atwaa E.H., Elmaadawy A.A., Awaad E.A. Production of Fruit Flavored Probiotic Rice Milk Beverage // *Journal of Food and Dairy Sciences*. 2019. № 10. (12). P. 453–458. doi: 10.21608/JFDS.2019.71360
- 12 Seow C.C., Gwee C.N. Coconut milk: chemistry and technology // *International journal of food science & technology*. 1997. № 32 (3). P.189–201. doi: 10.1046/j.1365-2621.1997.00400.x
- 13 Belew M.A., Belew K.Y. Comparative physico-chemical evaluation of tiger-nut, soybean and coconut milk sources // *International Journal of Agriculture and Biology*. 2007. № 5 (785). P.787.
- 14 Góral M., Góral M., Kozłowicz K. Wójtowicz A. Impact of stabilizers on the freezing process, and physicochemical and organoleptic properties of coconut milk-based ice cream // *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 2018. № 92. P. 516–522.
- 15 Лаврова Л.Ю. Разработка технологии и рецептур биопродуктов на основе растительного молока // *Индустрия питания*. 2019. № 4 (2). С. 43–50. doi: 10.29141/2500-1922-2019-4-2-6.

- 16 Rincon L., Botelho R.B.A., Alencar E.R. Development of a new plant-based milk based on chickpeas and coconut // *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 2020. № 128. P.109479.
- 17 Han K.Y., Choi J.Y. Quality characteristic and antioxidant activity analysis of soybean milk added chickpea // *The Korean Journal of Food And Nutrition*. 2017. № 30. (5). P. 1015–1024.
- 18 Aguilar-Raymundo V.G., Vélez-Ruiz J.F. Yoghurt-type beverage with partial substitution of milk by a chickpea extract: Effect on physicochemical and flow properties // *International Journal of Dairy Technology*. 2019. № 72 (2). P. 266–274. doi: 10.1111/1471-0307.12581
- 19 Вебер А.А., Леонова С.А., Казьдуб Н.Г. Продукты питания из зерна фасоли как фактор устойчивого развития сельского хозяйства и сельских территорий Омской области // *Агротуризм в устойчивом развитии сельских территорий: сборник материалов Международной научно-практической конференции*. Улан-Удэ: ФГБОУ ВО Бурятская ГСХА, 2018. С. 17–23.
- 20 Bonke A.; Siewerts S.; Petersen I.L. Amino acid composition of new plant-based drinks made from oats, lentils and peas // *Foods*. 2020. № 9 (4). P.429. doi: 10.3390/foods9040429
- 21 Кудряшов В.Л. Импортзамещающая технология производства пищевых концентрата и изолята белка, крахмала и клетчатки из гороха с применением баромембранных процессов // *Пищевая индустрия*. 2019. № 1.С. 46–50.
- 22 Veber A.L., Leonova S.A., Simakova I.V., Esmurzaeva Zh.B. The development of a beverage with a dispersion structure from pea grains of domestic selection // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. №. 624. doi: 10.1088/1755–1315/624/1/012127
- 23 Rampersad Sephra N. Multiple Applications of Alamar Blue as an Indicator of Metabolic Function and Cellular Health in Cell Viability Bioassays // *Sensors*. 2012. № 12. P. 12347–12360. doi: 10.3390/s120912347
- 24 Аникина Л.В., Пухов С.А., Дубровская Е.С., Афанасьева С.В. и др. Сравнительное определение жизнеспособности клеток с помощью МТТ и ресазурина // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 12 (7). С. 1423–1427.
- 25 Синегубова Е.О. Комплексный подход к оценке на цитотоксичность рибосом-инактивирующих белков на клеточной модели *in vitro* // *Медицина экстремальных ситуаций*. 2019. № 21(1). С. 162–172.
- 26 Степаненко И.С., Ямашкин С.А., Акулина И.В., Котыкин А.И. и др. Изучение цитотоксичности производных аминокислоты и пирролохинолинов *in vitro* // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 11. С. 271–275.
- 27 Шишко О.О., Шишин М.В., Милентьева И.С., Сухих С.А. Исследование цитотоксического действия микроорганизмов, выделенных из желудочно-кишечного тракта человека // *Научный поиск: сборник материалов IV Международной научно-практической конференции*. Москва: Перо, 2015. С. 11–14.
- 28 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.

References

- 1 Matejcekova Z., Liptakova D., Valik L. Functional probiotic products based on fermented buckwheat with *Lactobacillus rhamnosus*. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 2017. no. 81. pp. 35–41. doi: 10.1016/j.lwt.2017.03.018.
- 2 Bonke A., Siewerts S., Petersen I.L. Amino Acid Composition of New Plant-Based Drinks Made from Oats, Lentils and Peas. *Foods*. 2020. no. 9 (4). pp. 429. doi: 10.3390/foods9040429
- 3 Jeske S., Zannini E., Arendt E. Evaluation of physicochemical and glycaemic properties of commercial plant-based milk substitutes. *Plant Foods Hum. Nutr.* 2017. no. 72. pp. 26–33. doi: 10.1007/s11130-016-0583-0
- 4 Kryuchkova K.V., Zabodalova L.A. Study of the possibility of using cereal and milk-cereal dispersion in the production of fresh and fermented drinks. *Food industry*. 2019. no. 9. pp. 64–68. (in Russian).
- 5 Samofalova L.A., Safronova O.V., Simonenkova A.P. Selection of technological parameters for obtaining a stable dispersed system of a plant base from bioactivated dicotyledonous seeds. *Proceedings of VSUET*. 2016. no. 1. pp. 221–226. doi:10.20914/2310–1202–2016–1–221–226. (in Russian).
- 6 Samofalova L.A., Safronova O.V. Analysis of the physicochemical foundations of the technology of vegetable milk substitutes. *Technology and commodity science of innovative food products*. 2016. no. 2 (37). pp. 60–64. (in Russian).
- 7 Merenkova S.P., Androsova N.V. Actual aspects of the production of beverages based on vegetable raw materials // *Bulletin of the South Ural State University. Series "Food and Biotechnology"*. 2018. no. 6 (3). pp. 57–67. doi:10.14529/food180307(in Russian).
- 8 Cruz M., Capellas M., Hernández A.J., Trujillo B. et al. Ultra high pressure homogenization of soymilk: Microbiological, physicochemical and microstructural characteristics. *Food Research International*. 2007. no. 40 (6). pp. 725–732. doi: 10.1016/j.foodres.2007.01.003
- 9 Costa J., Mafra I., Karrapatoso I., Oliveira P. et al. Almond allergens: molecular characterization, detection, and clinical relevance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012. no. 60 (6). pp. 1337–1349. doi: 10.1021/jf2044923
- 10 Kundu P., Dhankhar J.K.A., Sharma A.S.A. Development of non dairy milk alternative using soymilk and almond milk. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*. 2018. no. 6 (1). pp. 203–210. doi: 10.12944/CRNFSJ.6.1.23
- 11 Atwaa E.H., Elmaadawy A.A., Awaad E.A. Production of Fruit Flavored Probiotic Rice Milk Beverage. *Journal of Food and Dairy Sciences*. 2019. no. 10. (12). pp. 453–458. doi: 10.21608/JFDS.2019.71360
- 12 Seow C.C., Gwee C.N. Coconut milk: chemistry and technology. *International journal of food science & technology*. 1997. no. 32 (3). pp. 189–201. doi: 10.1046/j.1365-2621.1997.00400.x
- 13 Belew M.A., Belew K.Y. Comparative physico-chemical evaluation of tiger-nut, soybean and coconut milk sources. *International Journal of Agriculture and Biology*. 2007. no. 5 (785). pp. 787.
- 14 Góral M., Góral M., Kozłowicz K. Wójtowicz A. Impact of stabilizers on the freezing process, and physicochemical and organoleptic properties of coconut milk-based ice cream. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 2018. no. 92. pp. 516–522.
- 15 Lavrova L.Yu. Development of technology and formulations of bioproducts based on vegetable milk. *Nutrition Industry*. 2019. no. 4 (2). pp. 43–50. doi: 10.29141/2500–1922–2019–4–2–6 (in Russian).

- 16 Rincon L., Botelho R.B.A., Alencar E.R. Development of a new plant-based milk based on chickpeas and coconut. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 2020. no. 128. pp.109479.
- 17 Han K.Y., Choi J.Y. Quality characteristic and antioxidant activity analysis of soybean milk added chickpea. *The Korean Journal of Food And Nutrition*. 2017. no. 30. (5). pp. 1015–1024.
- 18 Aguilar-Raymundo V.G., Vélez-Ruiz J.F. Yoghurt-type beverage with partial substitution of milk by a chickpea extract: Effect on physicochemical and flow properties. *International Journal of Dairy Technology*. 2019. no. 72 (2). pp. 266–274. doi: 10.1111/1471-0307.12581
- 19 Weber A.L., Leonova S.A., Kazydub N.G. Bean food products as a factor in the sustainable development of agriculture and rural areas of the Omsk region. *Agrotourism in the sustainable development of rural areas: a collection of materials from the International Scientific and Practical Conference*. Ulan-Ude, Buryat State Agricultural Academy, 2018. pp. 17–23. (in Russian).
- 20 Bonke A.; Siewerts S.; Petersen I.L. Amino acid composition of new plant-based drinks made from oats, lentils and peas. *Foods*. 2020. no. 9 (4). pp. 429. doi: 10.3390/foods9040429
- 21 Kudryashov V.L. Import-substituting technology for the production of food concentrate and isolate of protein, starch and fiber from peas using baromembrane processes. *Food industry*. 2019. no. 1. pp. 46–50. (in Russian).
- 22 Veber A.L., Leonova S.A., Simakova I.V., Esmurzaeva Zh.B. The development of a beverage with a dispersion structure from pea grains of domestic selection. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. no. 624. doi: 10.1088/1755–1315/624/1/012127
- 23 Rampersad Sephra N. Multiple Applications of Alamar Blue as an Indicator of Metabolic Function and Cellular Health in Cell Viability Bioassays. *Sensors*. 2012. no. 12. pp. 12347–12360. doi: 10.3390/s120912347
- 24 Anikina L.V., Pukhov S.A., Dubrovskaya E.S., Afanas'eva S.V. and others. Comparative determination of cell viability using MTT and resazurin. *Fundamental research*. 2014. no. 12 (7). pp. 1423–1427. (in Russian).
- 25 Sinegubova E.O. An integrated approach to assessing the cytotoxicity of ribosome-inactivating proteins in an in vitro cell model. *Medicine of extreme situations*. 2019. no. 21(1). pp. 162–172. (in Russian).
- 26 Stepanenko I.S., Yamashkin S.A., Akulina I.V., Kotkin A.I. et al. In vitro study of the cytotoxicity of aminoindole and pyrroloquinoline derivatives. *Successes of modern natural sciences*. 2016. no. 11. pp. 271–275. (in Russian).
- 27 Shishko O.O., Shishin M.V., Milentjeva I.S., Sukhikh S.A. Study of the cytotoxic effect of microorganisms isolated from the human gastrointestinal tract. *Scientific search: collection of materials of the IV International Scientific and Practical Conference*. Moscow, Pero, 2015. pp. 11–14. (in Russian).
- 28 Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation. *Guidelines*. Moscow, Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2009. 36 p. (in Russian).

Сведения об авторах

Анна Л. Вебер к.т.н., доцент, кафедра продуктов питания и пищевой биотехнологии, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Институтская пл., 2, г. Омск, 644008, Россия, anna.web@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0715-0426>

Светлана А. Леонова д.т.н., профессор, кафедра общественного питания и технологии, Башкирский государственный аграрный университет, ул.50-летия Октября, 34, г. Уфа, 450001, Россия, s.leonova@inbox.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7613-430X>

Тамара А. Никифорова д.т.н., профессор, кафедра технологии пищевых производств, Оренбургский государственный университет, пр. Победы, 13, г. Оренбург, 460018, Россия, tamara_nikiforova@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0400-205X>

Малгожат Жиарно д.т.н., профессор, институт пищевых наук, Варшавский университет наук о жизни, ул. Новоурсиновская, 166, г. Варшава, 02-787, Польша, malgorzata.ziarno@gmail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7445-6375>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Anna L. Veber Cand. Sci. (Engin.), associate professor, food and food biotechnology department, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Institutskaya sq. 2, Omsk, 644008, Russia, anna.web@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0715-0426>

Svetlana A. Leonova Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of catering and processing department, Bashkir State Agrarian University, 50-letiya Oktyabrya Str., 34, Ufa, 450054, Russia, s.leonova@inbox.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7613-430X>

Tamara A. Nikiforova Dr. Sci. (Engin.), professor, food technology department, Orenburg State University, Pobedy Ave., 13, Orenburg, 460018, Russia, tamara_nikiforova@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0400-205X>

Malgorzata Ziarno Dr. Sci. (Engin.), professor, institute of food sciences, Warsaw University of Life Sciences, Novoursinovskaya Str., 166, Warsaw, 02-787, Poland, malgorzata.ziarno@gmail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7445-6375>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 14/10/2021	После редакции 05/11/2021	Принята в печать 26/11/2021
Received 14/10/2021	Accepted in revised 05/11/2021	Accepted 26/11/2021