

Условия формирования устойчивых пробиотических эмульсий масла зародышей пшеницы

Наталья С. Родионова	¹	rodionovast@mail.ru	 0000-0002-6940-7998
Евгений С. Попов	¹	e_s_popov@mail.ru	 0000-0003-3303-3434
Наталья А. Захарова	¹	pastukhova_na@mail.ru	 0000-0002-8127-6986
Вадим С. Захаров	¹	zakharov_vs@bk.ru	 0000-0003-2389-9250
Дмитрий М. Выродов	¹	notpp@mail.ru	 0000-0001-5335-3844
Александр Л. Родионов	¹	alexandr1959-2011@mail.ru	 0000-0002-8773-7886

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Представлены результаты формирования эмульсий биологически активной добавки - масла зародышей пшеницы в обезжиренной кисломолочной среде, ферментированной консорциумом пробиотических микроорганизмов *B. bifidum*, *B. longum*, *B. adolescentis*, *L. casei*, *L. rhamnosus*, *L. acidophilus*, *L. plantarum*, *L. fermentum*. Дисперсионная среда содержала не менее 10^9 КОЕ в 1 г, pH составляла 3,65-3,75, титруемая кислотность 120-130°Т. Показана возможность получения устойчивых эмульсий с концентрацией масла зародышей пшеницы до 50%. Установлено увеличение емкости и устойчивости эмульсий в 1,1-5,9, 1,3-10,6, 1,5-4,0, 1,7-4,7, 1,3-9,7, 1,2-5,1 при введении в дисперсионную среду от 0,5 до 3,5 % яичного белка, ксантановой камеди, яичного порошка, лецитина, гуаровой камеди, сухого обезжиренного молока соответственно. Установлено влияние скорости вращения рабочего органа эмульгатора в диапазоне 1000-3000 об/мин на эмульгирующую способность дисперсионной среды и седиментационную устойчивость эмульсий. Получена аппроксимирующая зависимость эмульгирующей способности от концентрации эмульгатора, учитывающая линейное, квадратичное и кубическое влияние фактора. Полученные результаты дают научное обоснование процесса получения биологически высокоактивных пробиотических эмульсий на основе масла зародышей пшеницы для алиментарной коррекции метаболических процессов организма человека. Высокую эмульгирующую способность и седиментационную устойчивость обеспечивает дополнительное введение эмульгирующих веществ в ферментированную дисперсионную среду. Полученные эмульсии имели высокие органолептические свойства, обладают более выраженным биокорректирующим эффектом в отношении ряда важнейших функций организма, благодаря комбинированию в составе МЗП с лакто- и бифидобактериями.

Ключевые слова: пробиотики, эмульсия, масло, зародыши пшеницы, биокорректоры, эмульгаторы

Conditions for the formation of stable probiotic emulsions of wheat germ oil

Natalya S. Rodionova	¹	rodionovast@mail.ru	 0000-0002-6940-7998
Evgeny S. Popov	¹	e_s_popov@mail.ru	 0000-0003-3303-3434
Natalya A. Zakharova	¹	pastukhova_na@mail.ru	 0000-0002-8127-6986
Vadim S. Zakharov	¹	zakharov_vs@bk.ru	 0000-0003-2389-9250
Dmitry M. Vyrodov	¹	notpp@mail.ru	 0000-0001-5335-3844
Alexander L. Rodionov	¹	alexandr1959-2011@mail.ru	 0000-0002-8773-7886

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The results of the formation of emulsions of a biologically active additive - wheat germ oil in a defatted fermented milk medium fermented by a consortium of probiotic microorganisms *B. bifidum*, *B. longum*, *B. adolescentis*, *L. casei*, *L. rhamnosus*, *L. acidophilus*, *L. plantarum*, *L. fermentum*. The dispersion medium contained at least 10^9 CFU in 1 g, the pH was 3.65-4.75, the titratable acidity was 120-130°Т. The possibility of obtaining stable emulsions with a concentration of wheat germ oil up to 50% is shown. An increase in the capacity and stability of emulsions was established in 1.1-5.9, 1.3-10.6, 1.5-4.0, 1.7-4.7, 1.3-9.7, 1.2-5.1 when introduced into the dispersion medium 0.5-3.5% of egg white, xanthan gum, egg powder, lecithin, guar gum, skimmed milk powder, respectively. The effect of the speed of rotation of the working body of the emulsifier in the range of 1000-3000 rpm on the emulsifying ability of the dispersion medium and the sedimentation stability of emulsions has been established. An approximating dependence of the emulsifying ability on the concentration of the emulsifier was obtained, taking into account the linear, quadratic and cubic influence of the factor. The results obtained provide a scientific basis for the process of obtaining biologically highly active probiotic emulsions based on wheat germ oil for the alimentary correction of metabolic processes in the human body. High emulsifying ability and sedimentation stability are ensured by the additional introduction of emulsifying substances into the fermented dispersion medium. The resulting emulsions had high organoleptic properties, have a more pronounced biocorrective effect on a number of important body functions, due to the combination of MZP with lacto- and bifidobacteria.

Keywords: probiotics, emulsion, oil, wheat germ, biocorrectors, emulsifiers

Введение

Биокорректирующие, профилактические, терапевтические свойства масла зародышей пшеницы известны и подтверждены рядом клинических исследований. Отечественными и зарубежными медиками опубликованы материалы,

посвященные влиянию масла зародыша пшеницы (МЗП) на количественные и качественные характеристики липидного обмена. Установлено более выраженное снижение содержания холестерина в печени и крови крыс при употреблении ими МЗП в сравнении с соевым или хлопковым

Для цитирования

Родионова Н.С., Попов Е.С., Захарова Н.А., Захаров В.С., Выродов Д.М., Родионов А.Л. Условия формирования устойчивых пробиотических эмульсий масла зародышей пшеницы // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 29-34. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-29-34

For citation

Rodionova N.S., Popov E.S., Zakharova N.A., Zakharov V.S., Vyrodov D.M., Rodionov A.L. Conditions for the formation of stable probiotic emulsions of wheat germ oil. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 29-34. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-29-34

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

маслом [3]. У людей отмечено снижение содержания холестерина в крови на 5–10% больше по сравнению с контрольной группой при введении 7% МЗП в рацион питания [2, 8]. У больных ишемической болезнью сердца со стабильной стенокардией II и III функциональных классов получены достоверные положительные результаты влияния МЗП на липидограмму крови. Гиполипидемическое и кардиопротекторное действие МЗП клинически доказано медиками Харькова, Челябинска, Новосибирска, Москвы [2, 8–20]. В терапии ожогов клинически подтверждены регенерирующие и заживляющие свойства МЗП, что обусловлено его уникальным витаминным составом. Благодаря наличию в составе поликозанола, МЗП проявляет аналогичное статинам действие на организм, при зафиксированном отсутствии побочных негативных последствий [2, 5]. Несмотря на множество положительных клинических эффектов, применение масла зародышей пшеницы в рационе питания населения носит очень ограниченный характер. Пищевых продуктов – носителей МЗП на рынке практически не представлено. Кроме того, известно, что эффективность усвоения биоактивных компонентов из пищи преимущественно определяется состоянием индигенной микрофлоры кишечника. Экспериментально установлено, что положительный коррекционный эффект биологически активных веществ возрастает при комбинировании их с пробиотиками [4]. Разработка технологии устойчивых эмульсий масла зародышей пшеницы на кисломолочной пробиотической основе позволит получить инновационные эубиотические продукты с усиленным эффектом.

Пробиотическую кисломолочную эмульсионную среду получали в результате ферментирования обезжиренного коровьего молока консорциумом пробиотических микроорганизмов, состоящим из *B. bifidum*, *B. longum*, *B. adolescentis*, *L. casei*, *L. rhamnosus*, *L. acidophilus*, *L. plantarum*, *L. fermentum*. Ферментацию проводили

при определенных условиях, обеспечивающих активный синтез микробных влагеосвязывающих метаболитов, до достижения концентрации активных клеток пробиотиков не ниже 10^9 КОЕ/мл, pH = 3,65–3,75, титруемая кислотность составляла 120–130° Т. Показатели эмульсий (эмульгирующую способность ЭС и устойчивость эмульсий) определяли в соответствии с рекомендациями профессора Л.В. Антиповой [1]. Микроструктуру эмульсий изучали с помощью электронного микроскопа JSM-6380LV. Экспериментально методом термогравиметрического анализа на модельных системах было выявлено наличие выраженных эмульгирующих веществ в пробиотических кисло-молочных системах, ферментированных консорциумами пробиотических микроорганизмов [6, 7]. На модельных системах были получены эмульсии с концентрацией МЗП до 11,2%. Для обеспечения более высоких параметров концентрации и устойчивости эмульсии МЗП в пробиотической кисло-молочной среде было исследовано влияние ряда известных ПАВ и стабилизирующих агентов, применяемых в пищевых технологиях. В качестве эмульгаторов и стабилизаторов структуры исследовали яичный порошок, яичный белок, лецитин, сухое обезжиренное молоко, ксантановую и гуаровую камеди. Введение перечисленных веществ в эмульсионную среду в диапазоне концентраций 0,5–3,5% привело к росту устойчивости эмульсий в 1,1–5,9, 1,3–10,6, 1,5–4,0, 1,7–4,7, 1,3–9,7, 1,2–5,1 раза для яичного белка, ксантановой камеди, яичного порошка, лецитина, гуаровой камеди, сухого обезжиренного молока соответственно (рисунок 1). Установлено, что эмульгирующая способность исследуемых веществ в пробиотической эмульсии, достигает максимальных значений в диапазоне концентраций 2,0–3,5% при вращении рабочего органа 1500 об/мин. Отмечена специфичность действия эмульгаторов, максимально эффективным действием обладали лецитин, гуаровая камедь, яичный белок (таблица 1).

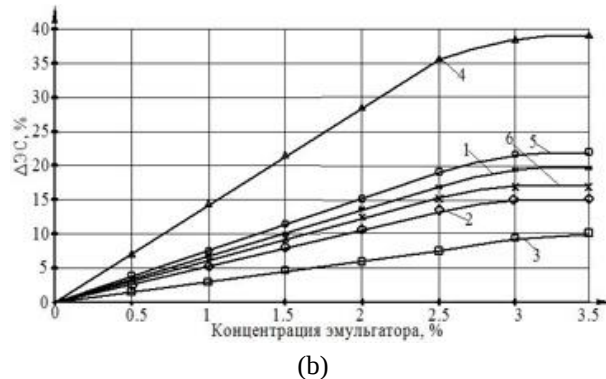
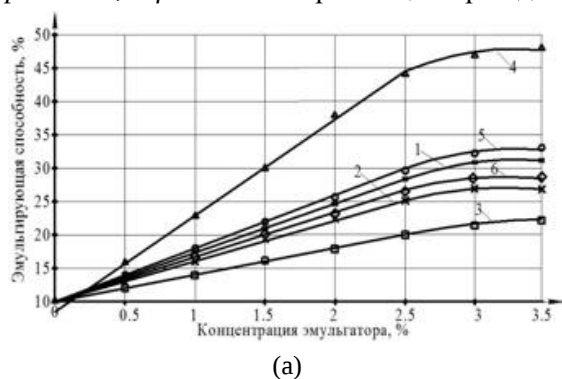


Рисунок 1. Влияние концентрации эмульгатора (1 – яичный белок, 2 – ксантановая камедь; 3 – яичный порошок, 4 – лецитин, 5 – гуаровая камедь, 6 – сухое обезжиренное молоко) на эмульгирующую способность пробиотической среды с маслом зародышей пшеницы (а), прирост ЭС (б)

Figure 1. The effect of the concentration of the emulsifier (1 – egg white, 2 – xanthan gum; 3 – egg powder, 4 – lecithin, 5 – guar gum, 6 – skim milk powder) on the stability of the probiotic emulsion with wheat germ oil (a), growth ES (b)

Таблица 1.

Обоснование концентрации эмульгаторов

Table 1.

Justification of the concentration of emulsifiers

Растительное масло Vegetable oil	Эмульгатор Emulsifier	Концентрация, % Concentration, %	Эмульгирующая способность, % Emulsifying ability, %
Зародышей пшеницы Breathe the wheat	Лецитин Lecithin	3,0	47,2
	Гуаровая камедь Guar gum	3,0	32,2
	Яичный белок Egg white	3,0	31,6

На основании результатов микроскопических исследований выявлены изменения микроструктуры пробиотических систем в процессе эмульгирования. Установлено влияние концентрации лецитина на микроструктуру эмульсий, устранения агломератов жировых шариков и уменьшения их размеров на 25–40% – с 55–65 мкм до 30–40 мкм при повышении концентрации лецитина от 1,5 до 3,0%, что доказывает целесообразность и эффективность применения эмульгаторов в качестве компонентов, обеспечивающих дополнительную эмульгирующую емкость пробиотических систем.

В процессе эмульгирования кисломолочную систему подвергали интенсивному механическому воздействию с помощью различных типов перемешивающих устройств, частоту вращения рабочих органов которых варьировали в диапазоне 1000 – 3000 об/мин. Наличие широкого диапазона интенсивности воздействующего фактора приводит к получению гетерогенных структур с различной площадью дисперсной

фазы, что обуславливает необходимость введения различных количеств эмульгаторов для достижения максимальной эмульгирующей емкости и седиментационной устойчивости системы. Установлено, что эмульгирующая способность исследуемых эмульгаторов возрастает до максимума при увеличении их концентрации в дисперсионной среде от 2,5 до 5,0%, при увеличении скорости вращения рабочего органа в процессе гомогенизации в исследуемом диапазоне (рисунок 2). Полученные данные позволяют констатировать рост площади межфазных адсорбционных слоев, как следствие, увеличение требуемой концентрации вводимого эмульгатора на 25–35% при увеличении частоты вращения рабочего органа в 1,5–1,7 раза. Концентрация эмульсии возросла до 55%, а седиментационная устойчивость увеличилась в 3–5 раз. Микроскопические исследования показали снижение размеров стабилизированных капелек масла в эмульсии до 20–30 мкм.

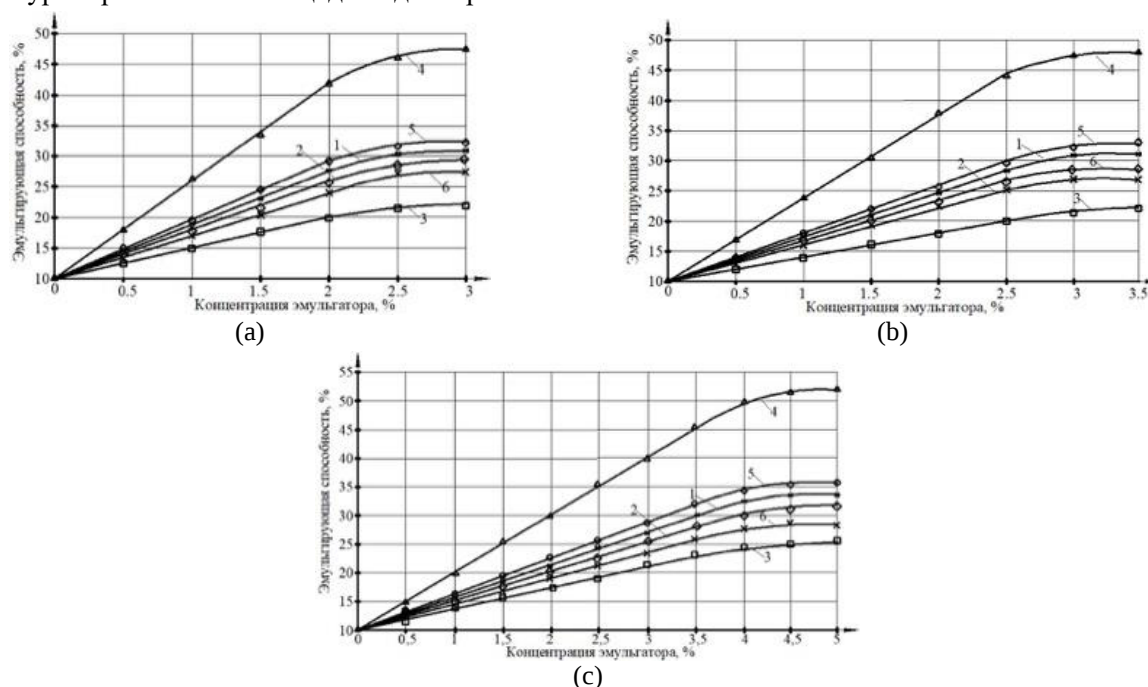


Рисунок 2. Влияние концентрации эмульгатора (1 – яичный белок, 2 – ксантановая камедь; 3 – яичный порошок, 4 – лецитин, 5 – гуаровая камедь, 6 – сухое обезжиренное молоко) на устойчивость пробиотических эмульсий с маслом зародышей пшеницы полученных при различной частоте вращения рабочего органа, об/мин: (а) – 1000; (б) – 2000; (с) – 3000

Figure 2. The effect of the concentration of the emulsifier (1 – egg white, 2 – xanthan gum; 3 – egg powder, 4 – lecithin, 5 – guar gum, 6 – skim milk powder) on the stability of probiotic emulsions with wheat germ oil obtained with different working body rotation frequency, rpm: (a) – 1000; (b) – 2000; (c) – 3000

Обработку экспериментальных данных проводили с применением регрессионного анализа. Расчет коэффициента парной корреляции независимой величины (концентрация эмульгатора (C), %) и зависимой величины (эмульгирующая способность (ЭС), %) проводили для каждого сочетания масла (50%) с эмульгаторами в различной концентрации (1) [3]

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

где N – число наблюдений, x_i – i-е значение независимой величины, y_i – i-е значение зависимой величины, $\bar{x}$, $\bar{y}$ – средние значения

наблюдаемых величин, рассчитанные по формулам (2), (3)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (2)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} \quad (3)$$

Численные значения коэффициента парной корреляции между C (%) и ЭС (%) для исследуемых образцов пробиотических эмульсий приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Значения коэффициента парной корреляции

Table 2.

Pair correlation coefficient values

Растительное масло Vegetable oil	Эмульгатор Emulsifier	Коэффициент парной корреляции Pair correlation coefficient
Зародышей пшеницы Breathe the wheat	Яичный белок (3,0%) Egg white (3,0%)	0,998
	Лецитин (3,0%) Lecithin (3,0%)	0,976
	Гуаровая камедь (3,0%) Guar gum (3,0%)	0,953

Установлено, что между C (%) и ЭС (%) существует статистически значимая связь, так как коэффициент парной корреляции близок к 1.

Структура аппроксимирующей зависимости учитывает линейное, квадратичное и кубическое влияние фактора C (%) на ЭС (%) (4)

$$ЭС = a_0 + a_1 C + a_2 C^2 + a_3 C^3 \quad (4)$$

где a_0 , a_1 , a_2 , a_3 – параметры, определяемые из экспериментальных данных.

Оценку параметров зависимости (4) проводили методом Левенберга библиотеки Mathcad 15, на основе минимизации критерия вида (5), представляющего собой сумму квадратов отклонений расчетных значений от экспериментальных данных

$$S = \sum_{i=1}^N [\mathcal{E}C_{\text{эсп}} - \mathcal{E}C(C)]^2 \xrightarrow{a_0, a_1, a_2, a_3} \min \quad (5)$$

где i – номер эксперимента, $\mathcal{E}C_{\text{эсп}}$ – опытное значение эмульгирующей способности, %, N – количество опытов.

Результаты анализа чувствительности изменений модуля разности минимальных значений критерия (5) к последовательному добавлению слагаемых (4) показали, что достаточно использовать 4 слагаемых для обеспечения приемлемой средней абсолютной и относительной погрешностей. Получены аппроксимирующие зависимости $\mathcal{E}C = f(C)$ для пробиотической эмульсии с маслом зародышей пшеницы следующего вида (6)–(8)

$$\mathcal{E}C = 8,904 + 6,793 C + 0,716 C^2 - 0,209 C^3 \quad (6)$$

$$\mathcal{E}C = 3,779 + 15,6 C + 2,96 C^2 - 1,081 C^3 \quad (7)$$

$$\mathcal{E}C = 8,218 + 6,545 C + 1,296 C^2 - 0,459 C^3 \quad (8)$$

Средняя абсолютная ошибка составила – 0,24, 1,40, 0,76; средняя относительная ошибка – 1,88, 8,56, 6,23%; максимальная ошибка не превысила – 5,6, 25,6, 18,7% соответственно.

Заключение

Полученные данные дают научное обоснование процесса получения устойчивых пробиотических эмульсий, содержащих МЗП в концентрациях до 55%. Высокую эмульгирующую способность и седиментационную устойчивость обеспечивает дополнительное введение эмульгирующих веществ в ферментированную дисперсионную среду. Полученные эмульсии имели высокие органолептические свойства, обладают более выраженным биокорректирующим эффектом в отношении ряда важнейших функций организма, благодаря комбинированию в составе МЗП с лакто- и бифидобактериями.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента Российской Федерации (регистрационный номер – МД-5536.2021.5).

Литература

- 1 Остриков А.Н., Горбатова А.В., Филиппов П.В. Анализ жирнокислотного состава масла зародышей пшеницы // В сборнике: Устойчивое развитие, экологически безопасные технологии и оборудование для переработки пищевого сельскохозяйственного сырья. 2016. С. 83-85.
- 2 Сизова Н.В. Кинетический метод определения витамина Е в маслах зародышей пшеницы // Химия растительного сырья. 2015. №. 2. С. 113-117.
- 3 Саякова Г.М., Шияева М.С., Шияева Е.С. Перспективы производства и применения масла зародышей пшеницы в Республике Казахстан // Инновационные процессы в современной науке. 2017. С. 575-581.
- 4 Самойлова Т.В., Зинчук Ю.А., Белоглазкин А.А., Сергеева Е.Ю. Использование масла зародышей пшеницы в технологии творожного крема // Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего. 2018. С. 144-147.
- 5 Родионова Н.С., Исаев В.А., Вишняков А.Б., Попов Е.С. и др. Влияние масла и муки из жмыха зародышей пшеницы на показатели липидного обмена студентов и преподавателей вуза // Вопросы питания. 2016. Т. 85, № 6. С. 60-66.
- 6 Родионова Н.С., Попов Е.С., Захарова Н.А., Ефременко И.А. Оценка технологических свойств и биопотенциала новых синбиотических пищевых систем // Современные достижения биотехнологии. Техника, технологии и упаковка для реализации инновационных проектов на предприятиях пищевой и биотехнологической промышленности: материалы VII Международной научно-практической конференции. Краснодар: СКФУ, 2020. С. 94-97.
- 7 Родионова Н.С., Разинкова Т.А., Полянский К.К., Попов Е.С. и др. Экзополисахаридная активность пробиотических микроорганизмов при разных режимах ферментации // Молочная промышленность. 2020. № 4. С. 10-12
- 8 ГУ Городская поликлиника № 230. Отчет об исследовании эффективности масла зародышей пшеницы. Москва, 2004. 2 с.
- 9 Самойлова Т.В., Горькова И.В. Современные технологии масла зародышей пшеницы в биотехнологии // Научно-образовательная среда как основа развития агропромышленного комплекса арктических территорий. 2021. С. 156-159.
- 10 Смольникова Ф.Х. Переработка зародыша зерна пшеницы // Актуальные проблемы биотехнологии и ветеринарной медицины. 2017. С. 73-79.
- 11 Ghafoor K., Özcan M.M., AL-Juhaimi F., Babiker E.E. et al. Nutritional composition, extraction, and utilization of wheat germ oil: a review // European Journal of Lipid Science and Technology. 2017. V. 119. №. 7. P. 1600160. doi: 10.1002/ejlt.201600160
- 12 Kumar G.S., Krishna A.G. Studies on the nutraceuticals composition of wheat derived oils wheat bran oil and wheat germ oil // Journal of food science and technology. 2015. V. 52. №. 2. P. 1145-1151. doi: 10.1007/s13197-013-1119-3
- 13 Mahmoud A.A., Mohdaly A.A., Elneairy N.A. Wheat germ: an overview on nutritional value, antioxidant potential and antibacterial characteristics // Food and Nutrition Sciences. 2015. V. 6. №. 02. P. 265. doi: 10.4236/fns.2015.62027
- 14 Yazicioglu B., Sahin S., Sumnu G. Microencapsulation of wheat germ oil // Journal of food science and technology. 2015. V. 52. №. 6. P. 3590-3597. doi: 10.1007/s13197-014-1428-1
- 15 Giménez I., Herrera M., Escobar J., Ferruz E. et al. Distribution of deoxynivalenol and zearalenone in milled germ during wheat milling and analysis of toxin levels in wheat germ and wheat germ oil // Food Control. 2013. V. 34. №. 2. P. 268-273. doi: 10.1016/j.foodcont.2013.04.033
- 16 Zou Y., Gao Y., He H., Yang T. Effect of roasting on physico-chemical properties, antioxidant capacity, and oxidative stability of wheat germ oil // LWT. 2018. V. 90. P. 246-253. doi: 10.1016/j.lwt.2017.12.038
- 17 Gili R.D., Palavecino P.M., Cecilia Penci M., Martinez M.L. et al. Wheat germ stabilization by infrared radiation // Journal of Food Science and Technology. 2017. V. 54. №. 1. P. 71-81. doi: 10.1007/s13197-016-2437-z
- 18 Ling B., Ouyang S., Wang S. Radio-frequency treatment for stabilization of wheat germ: Storage stability and physicochemical properties // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2019. V. 52. P. 158-165. doi: 10.1016/j.ifset.2018.12.002
- 19 Barros J.C., Munekata P.E., de Carvalho F.A.L., Domínguez R. et al. Healthy beef burgers: Effect of animal fat replacement by algal and wheat germ oil emulsions // Meat Science. 2021. V. 173. P. 108396.
- 20 Özcan M.M., Rosa A., Dessi M.A., Marongiu B. et al. Quality of wheat germ oil obtained by cold pressing and supercritical carbon dioxide extraction // Czech Journal of Food Sciences. 2013. V. 31. №. 3. P. 236-240.

References

- 1 Ostrikov A.N., Gorbatoва A.V., Filiptsov P.V. Analysis of the fatty acid composition of wheat germ oil. In the collection: Sustainable development, environmentally friendly technologies and equipment for processing agricultural food raw materials. 2016. pp. 83-85. (in Russian).
- 2 Sizova N.V. Kinetic method for the determination of vitamin E in wheat germ oils. Chemistry of vegetable raw materials. 2015. no. 2. pp. 113-117. (in Russian).
- 3 Sayakova G.M., Shilyaeva M.S., Shilyaeva E.S. Prospects for the production and use of wheat germ oil in the Republic of Kazakhstan. Innovative processes in modern science. 2017. pp. 575-581. (in Russian).
- 4 Samoilova T.V., Zinchuk Yu.A., Beloglazkin A.A., Sergeeva E.Yu. The use of wheat germ oil in the technology of curd cream. Scientific and technical progress: current and promising directions of the future. 2018. pp. 144-147. (in Russian).
- 5 Rodionova N.S., Isaev V.A., Vishnyakov A.B., Popov E.S. Influence of oil and flour from wheat germ oil cake on the indicators of lipid metabolism of students and university teachers. Problems of nutrition. 2016. vol. 85. no. 6. pp. 60-66. (in Russian).
- 6 Rodionova N.S., Popov E.S., Zakharova N.A., Efremenko I.A. Evaluation of technological properties and biopotential of new synbiotic food systems. Modern achievements of biotechnology. Technique, technology and packaging for the implementation of innovative projects in the food and biotechnology industry: materials of the VII International Scientific and Practical Conference. Krasnodar: NCFU, 2020. pp. 94-97. (in Russian).
- 7 Rodionova N.S., Razinkova T.A., Polyansky K.K., Popov E.S. and others. Exopolysaccharide activity of probiotic microorganisms under different fermentation regimes. Dairy industry. 2020. no. 4. pp. 10-12. (in Russian).

- 8 State Institution City Polyclinic No. 230. Report on the study of the effectiveness of wheat germ oil. Moscow, 2004. 2 p. (in Russian).
- 9 Samoilova T.V., Gorkova I.V. Modern technologies of wheat germ oil in biotechnology. Scientific and educational environment as a basis for the development of the agro-industrial complex of the Arctic territories. 2021. pp. 156-159. (in Russian).
- 10 Smolnikova F.Kh. Processing of wheat germ. Actual problems of biotechnology and veterinary medicine. 2017. pp. 73-79. (in Russian).
- 11 Ghafoor K., Özcan M.M., AL-Juhami F., Babiker E.E. et al. Nutritional composition, extraction, and utilization of wheat germ oil: a review. European Journal of Lipid Science and Technology. 2017. vol. 119. no. 7. pp. 1600160. doi: 10.1002/ejlt.201600160
- 12 Kumar G.S., Krishna A.G. Studies on the nutraceuticals composition of wheat derived oils wheat bran oil and wheat germ oil. Journal of food science and technology. 2015. vol. 52. no. 2. pp. 1145-1151. doi: 10.1007/s13197-013-1119-3
- 13 Mahmoud A.A., Mohdaly A.A., Elneairy N.A. Wheat germ: an overview on nutritional value, antioxidant potential and antibacterial characteristics. Food and Nutrition Sciences. 2015. vol. 6. no. 02. pp. 265. doi: 10.4236/fns.2015.62027
- 14 Yazicioglu B., Sahin S., Sumnu G. Microencapsulation of wheat germ oil. Journal of food science and technology. 2015. vol. 52. no. 6. pp. 3590-3597. doi: 10.1007/s13197-014-1428-1
- 15 Giménez I., Herrera M., Escobar J., Ferruz E. et al. Distribution of deoxynivalenol and zearalenone in milled germ during wheat milling and analysis of toxin levels in wheat germ and wheat germ oil. Food Control. 2013. vol. 34. no. 2. pp. 268-273. doi: 10.1016/j.foodcont.2013.04.033
- 16 Zou Y., Gao Y., He H., Yang T. Effect of roasting on physico-chemical properties, antioxidant capacity, and oxidative stability of wheat germ oil. LWT. 2018. vol. 90. pp. 246-253. doi: 10.1016/j.lwt.2017.12.038
- 17 Gili R.D., Palavecino P.M., Cecilia Penci M., Martinez M.L. et al. Wheat germ stabilization by infrared radiation // Journal of Food Science and Technology. 2017. vol. 54. no. 1. pp. 71-81. doi: 10.1007/s13197-016-2437-z
- 18 Ling B., Ouyang S., Wang S. Radio-frequency treatment for stabilization of wheat germ: Storage stability and physicochemical properties. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2019. vol. 52. pp. 158-165. doi: 10.1016/j.ifset.2018.12.002
- 19 Barros J.C., Munkata P.E., de Carvalho F.A.L., Domínguez R. et al. Healthy beef burgers: Effect of animal fat replacement by algal and wheat germ oil emulsions. Meat Science. 2021. vol. 173. pp. 108396.
- 20 Özcan M.M., Rosa A., Dessi M.A., Marongiu B. et al. Quality of wheat germ oil obtained by cold pressing and supercritical carbon dioxide extraction. Czech Journal of Food Sciences. 2013. vol. 31. no. 3. pp. 236-240.

Сведения об авторах

Наталья С. Родионова д.т.н., профессор, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, rodionovast@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6940-7998>

Евгений С. Попов д.т.н., профессор, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, e_s_popov@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3303-3434>

Наталья А. Захарова к.т.н., ассистент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, pastukhova_na@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8127-6986>

Вадим С. Захаров студент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, zakharov_vs@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2389-9250>

Дмитрий М. Выродов студент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, notpp@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5335-3844>

Александр Л. Родионов студент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, alexandr1959-2011@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8773-7886>

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

Natalya S. Rodionova Dr. Sci. (Engin.), professor, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, rodionovast@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6940-7998>

Evgeny S. Popov Dr. Sci. (Engin.), professor, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, e_s_popov@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3303-3434>

Natalya A. Zakharova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, pastukhova_na@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8127-6986>

Vadim S. Zakharov student, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, zakharov_vs@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2389-9250>

Dmitry M. Vyrodov student, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, notpp@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5335-3844>

Alexander L. Rodionov student, service and restaurant business department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, alexandr1959-2011@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8773-7886>

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 17/01/2022	После редакции 08/02/2022	Принята в печать 01/03/2022
Received 17/01/2022	Accepted in revised 08/02/2022	Accepted 01/03/2022