

Биохимический и пищевой инжиниринг Biochemical and food engineering

Научная статья
УДК 664.951.65
DOI: 10.14529/food230307

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ РЫБОРАСТИТЕЛЬНОГО ПОЛУФАБРИКАТА С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ КЛЕТЧАТКИ

О.В. Агеев, *oleg.ageev@klgtu.ru*
И.М. Титова, *inna.titova@klgtu.ru*
Я.В. Бобков, *ddorakk@gmail.com*

Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

Аннотация. Целью данного исследования была разработка новой рецептуры рыборастительного полуфабриката с повышенным содержанием пищевых волокон, полученных из порошка шелухи подорожника (*Plantago Psyllium*). Разрабатываемая рецептура включает в себя минтай, корнеплоды (морковь и картофель), бобовые (белая фасоль) и в качестве связующих компонентов – перловая мука, а также псиллиум. В качестве основного сырья был выбран минтай, так как он достаточно распространён на рынке, имеет высокое содержание белка и имеет широкую популярность у потребителей. При выборе растительного сырья учитывались как его привычность и распространённость среди потребителей, так и функциональные качества содержащихся нутриентов. Предлагаемая продукция ориентирована на людей пожилого возраста, так как содержащийся в ней псиллиум способствует восстановлению и налаживанию работы желудочно-кишечного тракта. Кроме того, полуфабрикат позволит восполнять суточную норму в основных питательных веществах, таких как витамины, минералы и аминокислоты. Рецептуру рыборастительного полуфабриката оптимизировали методом математического моделирования для получения в продукте заданного количества пищевых волокон – 40 % от суточной нормы потребления и витамина В3 – 30 % . Оптимальные дозировки для введения в продукт пищевых волокон – 6 кг, витамина В3 – 4 кг и кунжутного масла – 5 кг на 100 кг готовой продукции. В ходе исследования было проведено исследование реологических свойств нового вида рыборастительного полуфабриката – котлет, с повышенным содержанием клетчатки и витамина В3. Исследовано влияние клетчатки, количества витамина В3, а также влияние кунжутного масла на структурно-механические и органолептические свойства полуфабриката. В лабораторных условиях определены физико-химические и органолептические показатели качества.

Ключевые слова: рыборастительный полуфабрикат, клетчатка, витамины, кунжутное масло, функциональный продукт, пищевые добавки

Для цитирования: Агеев О.В., Титова И.М., Бобков Я.В. Совершенствование рецептуры рыборастительного полуфабриката с повышенным содержанием клетчатки // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2023. Т. 11, № 3. С. 55–63. DOI: 10.14529/food230307

Original article
DOI: 10.14529/food230307

IMPROVING THE FORMULATION OF FISH-AND-VEGETABLE SEMI-FINISHED PRODUCT WITH A HIGH FIBER CONTENT

O.V. Ageev, oleg.ageev@klgtu.ru

I.M. Titova, inna.titova@klgtu.ru

Ya.V. Bobkov, ddopakk@gmail.com

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

Abstract. The purpose of this study was to develop a new formulation of a fish-and-vegetable semi-finished product with a high content of dietary fiber obtained from psyllium husk powder (*Plantago Psyllium*). The developed recipe includes pollock, root crops (carrots and potatoes), legumes (white beans) and barley flour as binders, as well as psyllium. Pollock was chosen as the main raw material, as it is quite common on the market, has a high protein content and is widely popular with consumers. When choosing vegetable raw materials, both its familiarity and prevalence among consumers, and the functional qualities of the contained nutrients were taken into account. The proposed products are aimed at the elderly, as the psyllium contained in it helps to restore and improve the functioning of the gastrointestinal tract. In addition, the semi-finished product will allow you to replenish the daily requirement in essential nutrients such as vitamins, minerals and amino acids. The recipe of the fish-and-vegetable semi-finished product was optimized by mathematical modeling to obtain a given amount of dietary fiber in the product – 40 % of the daily intake and vitamin B3 – 30 %. The optimal dosage for the introduction of dietary fiber into the product is 6 kg, vitamin B3 – 4 kg and sesame oil – 5 kg per 100 kg of finished products. In the course of the study, a study was made of the rheological properties of a new type of fish and vegetable semi-finished product – cutlets, with a high content of fiber and vitamin B3. The influence of fiber, the amount of vitamin B3, as well as the influence of sesame oil on the structural, mechanical and organoleptic properties of the semi-finished product were studied. Under laboratory conditions, physicochemical and organoleptic quality indicators are determined.

Keywords: fish and vegetable semi-finished product, fiber, vitamins, sesame oil, functional product, nutritional supplements

For citation: Ageev O.V., Titova I.M., Bobkov Ya.V. Improving the formulation of fish-and-vegetable semi-finished product with a high fiber content. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2023, vol. 11, no. 3, pp. 55–63. (In Russ.) DOI: 10.14529/food230307

Введение

Удовлетворение потребностей всех групп населения безопасными, полноценными и высококачественными продуктами питания является важнейшей задачей пищевой промышленности. По медицинским данным около 60 % людей нуждаются в специальных пищевых добавках из-за неблагоприятных условий окружающей среды [1]. Пищевая и биологическая ценность всех продуктов питания, в частности рыбных полуфабрикатов, может быть повышена за счет включения нетрадиционных ингредиентов растительного происхождения [2, 3, 4, 5].

Выбор нетрадиционных растительных компонентов основывается на их химических

и физических свойствах, а также на содержании аминокислот, витаминов и микроэлементов. Включение в состав рыбопродукта таких ингредиентов, как перловая, ячменная мука и псиллиум, позволяет повысить его пищевую ценность [6].

Ячмень – это зерно, богатое питательными веществами, которое к тому же имеет сбалансированный химический состав. Он содержит большое количество крахмала, белка, витаминов группы В и минералов. Кроме того, ячмень является хорошим источником водорастворимых соединений и пищевых волокон, помогающих пищеварению.

Одним из источников пищевых волокон является псиллиум (*psyllium*), полученный из

шелухи семян растения *Plantago ovata*. Он является богатым источником пищевых волокон, содержит более 80 % растворимой натуральной клетчатки и часто используется в медицинских учреждениях для лечения желудочно-кишечных расстройств [7–15].

Исследования, проведенные В.И. Чиркиным, И.А. Лазаревым, М.Д. Адацкой, Л.О. Минушкиной показали, что псиллиум обладает способностью усваивать жиры и желчные кислоты, восстанавливает регулярность работы кишечника и оказывает более сильное влияние на общий липидный обмен. Было установлено, что добавка легко переносится и может безопасно использоваться в течение длительного периода времени [9].

Целью исследований было повышение пищевой ценности рыборастворительного полуфабриката за счет совершенствования его рецептуры. Для достижения этой цели исследование было сосредоточено на двух основных задачах: оптимизация рецептуры полуфабриката посредством математического моделирования, а также изучение качественных характеристик и структурно-механических свойств конечного продукта.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования явились образцы рыбного полуфабриката. Для совершенствования была выбрана рецептура рыбных котлет, наиболее часто выпускаемых рыбоперерабатывающими предприятиями. Рецептура представлена в табл. 1.

Компоненты полуфабриката: фарш из филе минтая, картофель, морковь, белая фасоль, перловая мука, псиллиум, масло кунжута, пищевая соль и перец.

При отработке экспериментальных данных при моделировании и оптимизации результатов рыборастворительного полуфабриката применяли регрессионный анализ для трёх факторов:

- 1) количество клетчатки;
- 2) содержание витамина В3;
- 3) количество кунжутного масла.

В качестве экспериментальных моделей использовали полиномы третьего порядка. Коэффициенты эллиптических моделей определены методом наименьших квадратов.

Для определения структурно-механических свойств был использован анализатор текстуры (BROOKFIELD СТ3).

Анализаторы текстуры СТ3 были созданы с целью измерения силы, прилагаемой зондами при сжатии или растяжении испытуемого образца, а также определения высоты зондов для оценки физических и механических свойств, таких как эластичность, твердость и адгезия. Эти анализаторы текстуры используются в различных отраслях промышленности, включая продукты питания, косметику, медицинские препараты и другие материалы.

Результаты и обсуждение

Рецептуры рыборастворительных котлет представлены в достаточно большом ассортименте. Наиболее часто растительное сырье используют с целью снижения себестоимости продукции, при этом уменьшается количество рыбного компонента и, как следствие, снижается биологическая ценность продукта. С другой стороны, получаем широкий ассортимент продукции с различными оттенками вкуса на основе рыбного фарша. При анализе имеющихся тенденций в части совершенствования

Таблица 1

Базовая рецептура рыбных котлет

№	Компонент	Содержание на 100 кг готового продукта
1	Фарш рыбный	76,0
2	Хлеб пшеничный	16,4
3	Вода	6,8
4	Масло растительное	1,1
5	Лук репчатый	3,2
6	Соль пищевая	1,1
7	Перец черный	0,03
8	Перец душистый	0,03

рецептур рыбных полуфабрикатов наиболее интересным, с точки зрения современной нутрициологии, является обогащение пищевыми волокнами. Пищевые волокна, кроме пребиотического эффекта, также обладают высокими технологическими характеристиками в части влияния на формуемость рыбного полуфабриката.

В качестве измеряемых факторов были выбраны дозировки клетчатки, витамина В3 и количество кунжутного масла.

Для оптимизации математической модели был использован безразмерный обобщенный параметр оптимизации y . Этот параметр объединяет три частных отклика: органолептическую оценку качества продукта (O , балл), количество белка (B , г) и твердость (T , N). Совокупность данных частных откликов позволяет получить наиболее сбалансированную композицию разрабатываемого продукта. Результаты экспериментов обобщены в табл. 2.

В табл. 2 обозначены: M_k – количество клетчатки, M_b – количество витамина В3; M_m – количество кунжутного масла; T – твердость; B – количество белка; O – баллы органолептической оценки. Образцы котлет оценивались на предмет их органолептического качества по специально созданной 15-балльной шкале. При оценке учитывались коэффициенты значимости определенных показателей качества. Критериями оценки органолептических свойств котлет выступали: запах, внешний вид, структура, вкус, консистенция и цвет.

Анализ табл. 2 показал, что оптимальное количество клетчатки, витамина В3 и кунжутного масла для рыбоборастительных котлет составляет 6; 4 и 5 г соответственно. Совокупность наиболее благоприятных значений частных откликов отразилась в минимальной величине обобщенного параметра оптимизации – 0,0036.

Результаты измерений структурных свойств полуфабриката, снятых с анализатора структуры «Brookfield СТ3», для оптимальной рецептуры изображены на рис. 1.

Далее приведены графики зависимостей плана эксперимента от частных безразмерных откликов (рис. 2–4) [14, 15].

Регрессионная модель (см. рис. 2) выглядит следующим образом:

$$y = -6,04 * 10^{-4} * x^3 + 0,0259 * x^2 - 0,2441 * x + 0,6604.$$

Регрессионная модель (см. рис. 3) выглядит следующим образом:

$$y = -2,152 * 10^{-3} * x^3 + 0,1062 * x^2 - 0,7300 * x + 1,3783.$$

Регрессионная модель (см. рис. 4) выглядит следующим образом:

$$y = 5,7621 * 10^{-5} * x^3 + 7,0062 * 10^{-4} * x^2 - 0,0123 * x + 0,0460.$$

Оптимальное количество клетчатки (5,94 г), витамина В3 (3,9 г) и кунжутного масла (5,31 г) определено расчётным путём и наглядно отображено на графиках (рис. 2–4).

Таблица 2

План эксперимента по моделированию и оптимизации рецептуры рыбоборастительного полуфабриката с добавлением перловой муки и псиллиума и результаты его реализации

№ опыта	План эксперимента			Частные отклики			Частные безразмерные отклики		
	M_k , г	M_b , мг	M_m , г	T , N	B , г	O , баллы	S_T^2	S_B^2	S_O^2
1	4	2	0	6,02	5,77	12	0,0557	0,3093	0,0400
2	4,5	2,5	1,25	6,53	7,01	12,2	0,0294	0,2123	0,0348
3	5	3	2,5	6,97	9,18	12,5	0,0133	0,0863	0,0278
4	5,5	3,5	3,75	7,34	10,75	13,4	0,0047	0,0300	0,0114
5	6	4	5	7,67	12,4	14,6	0,0007	0,0021	0,0007
6	6,5	4,5	6,25	8,19	15,74	13,9	0,0015	0,0444	0,0054
7	7	5	7,5	8,76	17,08	12,7	0,0125	0,0985	0,0235
8	7,5	5,5	8,75	9,04	19,7	12,1	0,0217	0,2656	0,0374
9	8	6	10	9,38	20,51	11,8	0,0362	0,3337	0,0455

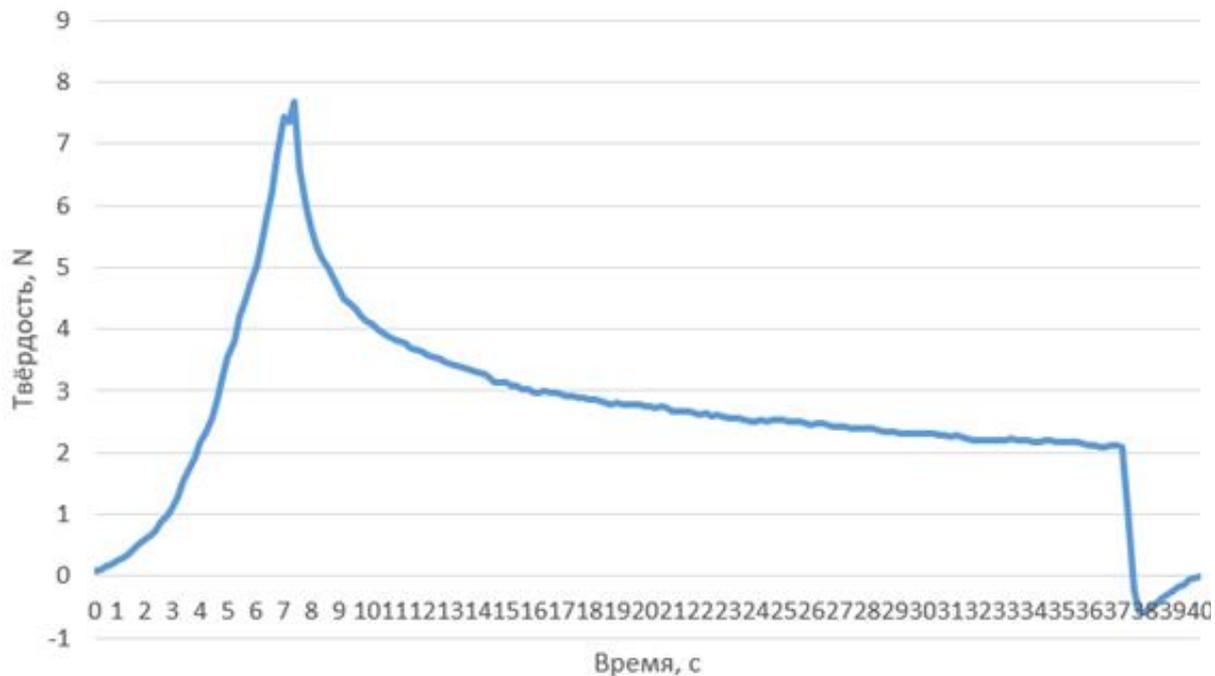


Рис 1. Результаты измерений структурных свойств полуфабриката

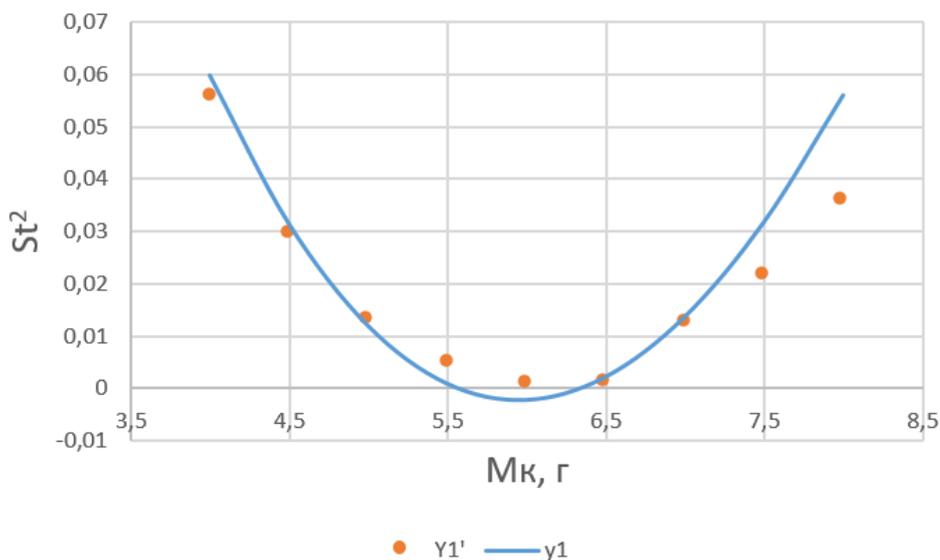


Рис. 2. График зависимости твёрдости от количества клетчатки, в виде полинома третьего порядка (M_k – количество клетчатки, г; S_t^2 – частный безразмерный отклик твёрдости; точки – результаты измерений; кривая – регрессионная модель)

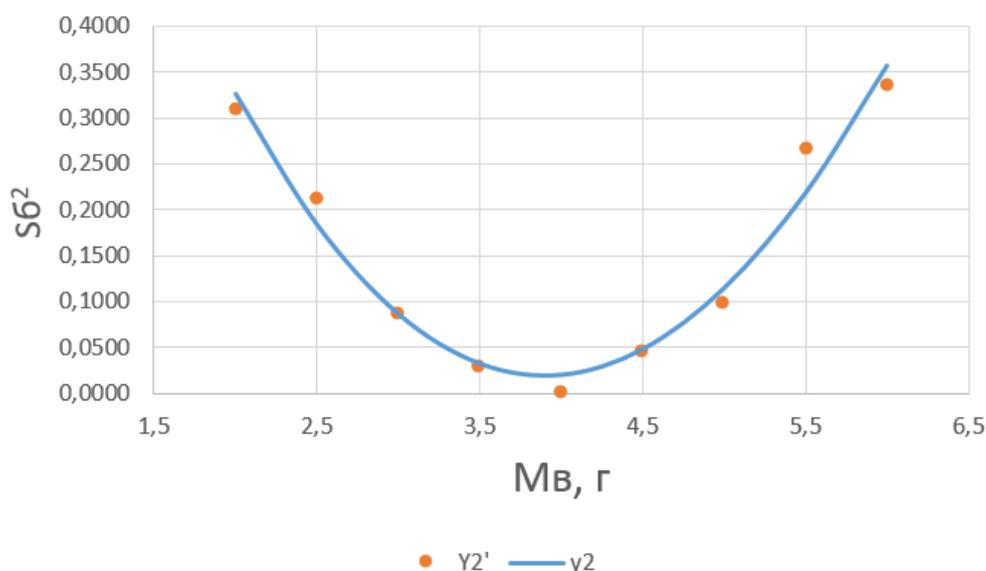


Рис. 3. График зависимости содержания витамина В3 от количества белка, в виде полинома третьего порядка (Мв – количество витамина В3, мг; Sб² – частный безразмерный отклик количества белка; точки – результаты измерений; кривая – регрессионная модель)

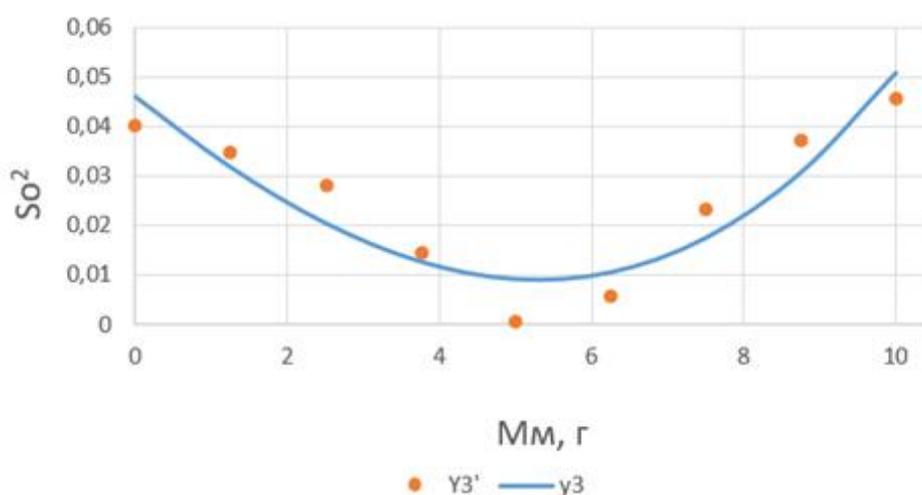


Рис. 4. График зависимости органолептики от количества кунжутного масла в виде полинома третьего порядка (Мм – количество кунжутного масла, г; So² – частный безразмерный отклик органолептики; точки – результаты измерений; кривая – регрессионная модель)

Исследования по оптимизации рецептур позволили получить следующий вариант, который был оценен по органолептическим показателям и представлен в табл. 3.

Рыборастительный полуфабрикат, обогащенный пищевыми волокнами, является сбалансированным продуктом с высокой биологической ценностью. Благодаря добавлению

обогащающих компонентов рыборастительные котлеты можно считать функциональным продуктом, так как ежедневное потребление 100 г этого продукта может удовлетворить 40 % суточной потребности организма в пищевых волокнах (исходя из адекватного уровня потребления) и 30 % суточной потребности в витамине В3.

Таблица 3
Рецептура рыборастворительных котлет,
обогащенных псиллиумом

№	Компонент	Содержание на 100 кг готового продукта
1	Фарш рыбный (минтай)	60,0
2	Морковь	10,0
3	Картофель	5,0
4	Мука перловая	5,0
5	Псиллиум	5,0
6	Фасоль белая	11,0
7	Кунжутное масло	3,0
8	Перец черный	0,03
9	Соль пищевая	1,0

В результате проведенных исследований были сделаны следующие выводы.

1. Установлены оптимальные количества вносимых клетчатки (Мк = 6 кг на 100 кг готовой продукции), витамина В3 (Мв = 4 кг на 100 кг готовой продукции) и кунжутного масла (Мм = 5 кг на 100 кг готовой продукции) в рыборастворительный полуфабрикат и влияние данных компонентов на твердость готовой продукции, количество белка и органолептические показатели.

2. Проведена оценка структурно-механических свойств (твердости) рыборастворительного полуфабриката, на которые напрямую влияет правильно подобранное количество клетчатки и фарша минтая. Исследование включало анализ качества готовой продукции, а также физико-химические и органолептические показатели рыборастворительной котлеты. Полученные результаты соответствуют техническим условиям, разработанным для данного продукта.

Список литературы

1. Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. 72 с.
2. Алексеева Е.В. Взаимосвязь качества пищевой продукции с концепцией качества жизни // Пищевая промышленность. 2007. № 10. С. 78–79.
3. Амирханов К.Ж., Асенова Б.К., Нургазезова А.Н., Касымов С.К., Байтуkenова Ш.Б. Современное состояние и перспективы развития производства мясных продуктов функционального назначения: монография. Семей: СГУ имени Шакарима, 2013. С. 90–96.
4. Беляев Е.Н. Современные экологические проблемы питания // Здоровье населения и среда обитания. 2001. № 7. С. 32–33.
5. Жаринов А.И. Пищевые волокна: состав, свойства, особенности технологического использования // Мясные технологии. 2018. № 7(187). С. 51–53.
6. Аксентьева В.В., Мозжерина И.В., Попов В.Г. Анализ технологий рыбной продукции функционального назначения // Пищевая промышленность. 2021. № 11. С. 26–29.
7. Головенко О.В., Михайлова Т.Л., Головенко А.О. Применение пищевых волокон из семян подорожника (псиллиум) в гастроэнтерологии и колопроктологии: пособие для врачей. М., 2010. 28 с. ISBN 978-5-903274-48-2.
8. Кароматов И.Д., Саидова К.О. Лекарственное растение подорожник блошный // Биология и интегративная медицина. 2018. № 11(28). С. 226–235.
9. Полевая Е.В., Вахитов Т.Я., Ситкин С.И. Энтеросорбционные свойства псиллиума (Мукофалька) и возможные механизмы его действия при кишечных инфекциях // Клинические перспективы гастроэнтерологии, гепатологии. 2012. № 2. С. 35–39.
10. Эффективность препарата пищевых волокон псиллиума у больных метаболическим синдромом / В.И. Чиркин, И.А. Лазарев, М.Д. Ардатская, Л.О. Минушкина // Российский медицинский журнал. 2012. № 3. С. 37–41.
11. Пищевые волокна как функциональные ингредиенты / И.В. Максимов, В.И. Манжесов, Е.Е. Курчаева, И.Д. Веселева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2, № 4-3(9-3). С. 465–468.

12. Reihane Khorasaniha, Hana Olof, Athalia Voisin, Keith Armstrong, Eytan Wine, Thava Vasanthan, Heather Armstrong, Diversity of fibers in common foods: Key to advancing dietary research // *Food Hydrocolloids*. 2023. Vol. 139. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2023.108495.

13. Poutanen K., Fiszman S., Marsaux C, Pentikäinen S., Steinert R, Mela D., Recommendations for characterization and reporting of dietary fibers in nutrition research, *The American Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 108, iss. 3, 2018. P. 437–444. DOI: 10.1093/ajcn/nqy095.

14. Математическое моделирование сил сопротивления при резании рыбы дисковым ножом / О.В. Агеев, Н.В. Самойлова, В.А. Наумов и др. // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств*. 2021. № 4(50). С. 46–58. DOI: 10.17586/2310-1164-2021-14-4-46-58

15. Агеев О.В., Наумов В.А., Фатыхов Ю.А. Математическое моделирование процесса разрушения волокон мышечной ткани при резании рыбы // *Известия КГТУ*. 2021. № 60. С. 57–73.

References

1. *Normy fiziologicheskikh potrebnostej v jenergii i pishhevyyh veshhestvah dlja razlichnyh grupp naselenija Rossijskoj Federacii* [Methodological recommendations MP 2.3.1.0253-21 “Norms of physiological needs for energy and nutrients for various population groups of the Russian Federation”]. Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare. 2021, p. 72.

2. Alekseeva E.V. The relationship of food quality with the concept of quality of life. *Food industry*, 2007, no. 10, pp. 78–79. (In Russ.)

3. Amirkhanov K.Zh., Asenova B.K., Nurgazezova A.N., Kasymov S.K., Baytukenova Sh.B. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya proizvodstva myasnykh produktov funktsional'nogo naznacheniya* [The current state and prospects for the development of the production of functional meat products]. Semey, 2013, pp. 90–96.

4. Beljaev E.N. Modern ecological problems of nutrition. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya* [Public Health and Habitat], 2001, no. 7, pp. 32–33. (In Russ.)

5. Zharinov A. I. Dietary fiber: composition, properties, features of technological use. *Mjasnye tehnologii* [Meat technologies], 2018, no. 7(187), pp. 51–53. (In Russ.)

6. Aksent'eva V.V., Mozzherina I.V., Popov V.G. Analysis of technologies for functional fish products. *Food industry*, 2021, no. 11, pp. 26–29. (In Russ.)

7. Golovenko O.V., Mikhaylova T.L., Golovenko A.O. *Primenenie pishchevykh volokon iz semyan podorozhnika (psyllium) v gastroenterologii i koloproktologii* [The use of dietary fiber from psyllium seeds in gastroenterology and coloproctology]. Moscow, 2010, p. 28.

8. Karomatov I. D., Saidova K. O. Medicinal plant plantain. *Biology and Integrative Medicine*, 2018, no. 11(28), pp 226–235. (In Russ.)

9. Polevaja E.V., Vahitov T.Ja., Sitkin S.I. Enterosorption properties of psyllium (Mucofalk) and possible mechanisms of its action in intestinal infections. *Klinicheskie perspektivy gastroenterologii, gepatologii* [Clinical perspectives of gastroenterology, hepatology], 2012, no. 2, pp. 35–39 (In Russ.)

10. Chirkin V.I., Lazarev I.A., Ardatskaja M.D., Minushkina L.O. Efficacy of psyllium dietary fiber preparation in patients with metabolic syndrome. *Russian medical journal*, 2012. no. 3. pp. 37–41. (In Russ.)

11. Maksimov I. V., Manzhesov V. I., Kurchaeva E. E., Veseleva I. D. Dietary fiber as functional ingredients . *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice], 2014, vol. 2, no. 4-3(9-3), pp. 465–468. (In Russ.)

12. Reihane Khorasaniha, Hana Olof, Athalia Voisin, Keith Armstrong, Eytan Wine, Thava Vasanthan, Heather Armstrong, Diversity of fibers in common foods: Key to advancing dietary research. *Food Hydrocolloids*, 2023, vol. 139. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2023.108495

13. Poutanen K., Fiszman S., Marsaux C, Pentikäinen S., Steinert R, Mela D., Recommendations for characterization and reporting of dietary fibers in nutrition research. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2018, vol. 108, iss. 3, pp. 437–444. DOI: 10.1093/ajcn/nqy095

14. Ageev O.V., Samojlova N.V., Naumov V.A., Fatyhov Ju.A., Zubkov O.A. Mathematical modeling of resistance forces when cutting fish with a circular knife. *Processes and Food Production Equipment*, 2021, no. 4(50), pp. 46–58. (In Russ.) DOI: 10.17586/2310-1164-2021-14-4-46-58

15. Ageev O.V., Naumov V.A., Fatyhov Ju.A. Mathematical modeling of the process of destruction of muscle tissue fibers when cutting fish. *Izvestiya KGTU* [News of KSTU], 2021, no. 60. pp. 57–73. (In Russ.)

Информация об авторах

Агеев Олег Вячеславович, доктор технических наук, профессор кафедры инжиниринга технологического оборудования, ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, oleg.ageev@klgtu.ru

Титова Инна Марковна, кандидат технических наук, заведующая кафедрой технологии продуктов питания, ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, inna.titova@klgtu.ru

Бобков Ярослав Валерьевич, инженер-исследователь, ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, ddopak@gmail.com

Information about the authors

Oleg V. Ageev, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Process Equipment Engineering, Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, oleg.ageev@klgtu.ru

Inna M. Titova, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Food Technology, Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Kaliningrad State Technical University", Kaliningrad, Russia, inna.titova@klgtu.ru

Yaroslav V. Bobkov, research engineer, Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, ddopak@gmail.com

Статья поступила в редакцию 08.04.2023

The article was submitted 08.04.2023