

Разработка смесительного агрегата для получения мучных хлебопекарных смесей с повышенным содержанием белка

Д. М. Бородулин¹, Т. В. Зорина^{1,*}, Е. В. Невская², Д. В. Сухоруков¹,
Д. К. Черкашина¹



¹ ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

² ФГАНУ «Научно-исследовательский институт
хлебопекарной промышленности»,
107553, Россия, г. Москва, ул. Большая Черкизовская, 26А

Дата поступления в редакцию: 16.09.2019
Дата принятия в печать: 15.11.2019

*e-mail: tanya.kaznacheeva.92@mail.ru



© Д. М. Бородулин, Т. В. Зорина, Е. В. Невская, Д. В. Сухоруков, Д. К. Черкашина, 2019

Аннотация.

Введение. Одним из перспективных направлений здорового питания является приготовление мучных сыпучих смесей для производства высокобелковых хлебулочных изделий. Многокомпонентность смесей позволяет сбалансировать их состав и разрабатывать продукцию, оказывающую полезное всестороннее воздействие на организм человека и способствующую укреплению его защитных свойств. Поэтому целью представленной работы является разработка вибрационного смесителя непрерывного действия (СНД) для получения мучных хлебопекарных смесей с повышенным содержанием белка заданного качества.

Методы и объекты исследования. Предложена новая конструкция вибрационного смесителя непрерывного действия, проведены его опытно-промышленные испытания в составе технологической линии производства мучных хлебопекарных смесей с повышенным содержанием белка. Испытания включали в себя обработку на холостом ходу; проверку работоспособности под нагрузкой; определение качества получаемой мучной хлебопекарной смеси с повышенным содержанием белка, также проведены замеры уровней вибрации и шума. Биологическую ценность определили по результатам аминокислотного анализа образцов.

Результаты и их обсуждение. Испытания показали, что на новой конструкции смесительного агрегата среднее значение коэффициента неоднородности составило $V_c = 6,86\%$, что говорит о высоком качестве получаемых мучных хлебопекарных смесей с повышенным содержанием белка. Аминокислотный анализ показал, что в образце хлеба из смоделированной смеси содержание незаменимых аминокислот (454,6 мг/1 г белка) выросло, по сравнению с контрольным образцом (341,5 мг/1 г белка), на 33 %.

Выводы. Разработка смесительного агрегата вибрационного типа является актуальной задачей, так как он позволяет получать мучные смеси заданного качества при соотношении смешиваемых компонентов 1:60, а также характеризуется простотой конструкции и высокой степенью надежности.

Ключевые слова. Питание, хлеб, белок, процесс смесеприготовления, смеситель, биологическая ценность, аминокислоты

Финансирование. Работа выполнена на базе Федерального государственного автономного научного учреждения «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности», г. Москва.

Для цитирования: Разработка смесительного агрегата для получения мучных хлебопекарных смесей с повышенным содержанием белка / Д. М. Бородулин, Т. В. Зорина, Е. В. Невская [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 579–586. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-579-586>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

Mixing Unit for Production of Flour Baking Mixes with High Protein Content

D.M. Borodulin¹, T.V. Zorina^{1,*}, E.V. Nevskaya², D.V. Sukhorukov¹,
D.K. Cherkashina¹

¹ Kemerovo State University,
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

Received: September 16, 2019

Accepted: November 15, 2019

² Scientific Research Institute for the Baking Industry,
26A, Bol'shaya Cherkizovskaya Str., Moscow, 107553, Russia

*e-mail: tanya.kaznacheeva.92@mail.ru



© D.M. Borodulin, T.V. Zorina, E.V. Nevskaya, D.V. Sukhorukov, D.K. Cherkashina, 2019

Abstract.

Introduction. Semi-finished products help food industry enterprises to meet the population's need for high-quality and nutritious foods. Popular semi-products are loose mixes enriched with vitamins, minerals, and biologically active substances. The world is currently experiencing a shortage of food protein, and its deficiency is likely to continue in the coming decades. Therefore, loose high-protein baking mixes are one of the promising directions of healthy nutrition industry. Multicomponency of such mixes makes it possible to balance their composition and develop products that have a useful comprehensive effect on the human body and strengthen protective functions.

Study objects and methods. In order to ensure a balanced composition of mixes and high-quality food production, the authors propose a new design of a continuous action vibration mixer. Experimental and industrial tests were carried out as part of a technological line for production of baking mixes with increased protein content. Trials included idling and serviceability check under load, quality tests of the obtained high-protein baking mix, as well as vibration and noise level tests. The tests provided the following rational operation parameters: amplitude of vibration $A = 0.0045$ m; angle of vibration $\beta = 45^\circ$; frequency of vibration $f = 33.33$ Hz; number of revolutions $n = 4$; diameter of perforations $d = 0.007$ m. Biological value was determined according to the results of amino-acid analysis.

Results and discussion. The new mixing unit had the average value of the non-uniformity coefficient $V_c = 6.86\%$, which indicated the high quality of the obtained high-protein baking mixes. The biological value of the finished food product showed a higher nutritional value than in the control sample.

Conclusions. The new vibration type mixing unit made it possible to obtain baking mixes of specified quality at the ratio of mixed components 1:60. This simple but reliable device had relatively low material and energy costs.

Keywords. Food mix, bread, protein, mix preparation process, mixer, biological value, amino acids

Funding. The research was funded by the Federal State Autonomous Scientific Institution 'Scientific Research Institute for the Baking Industry', Moscow.

For citation: Borodulin DM, Zorina TV, Nevskaya EV, Sukhorukov DV, Cherkashina DK. Mixing Unit for Production of Flour Baking Mixes with High Protein Content. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):579–586. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-579-586>.

Введение

Одной из проблем современного мира являются значительные нарушения в структуре питания и дефицит жизненно важных нутриентов. Приоритетная роль питания в поддержании здоровья населения закреплена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 апреля 2012 г. № 559-р и в Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 г., где поднят вопрос о более полном удовлетворении потребности населения в биологически полноценной и конкурентоспособной отечественной продукции.

Белки являются главным компонентом пищевого рациона и определяют характер питания в целом. Сегодня в мире существует дефицит пищевого белка. Недостаток его в ближайшие десятилетия, вероятно, сохранится. На каждого жителя Земли приходится около 60 г белка в сутки при норме 75 г. По данным Института питания РАМН, начиная с 1992 г., в России потребление белковых продуктов снизилось на 25–35 % и увеличилось потребление углеводсодержащей пищи (картофеля, хлебопродуктов, макаронных изделий) [1–5].

Для приготовления качественных однородных сыпучих мучных композиций необходимо использовать специализированное смесительное оборудование. На данный момент существует огромное разнообразие видов и конструкций смесителей. Для производства хлебопекарных смесей с повышенным содержанием белка предложено использовать аппарат вибрационного типа, так как он, по сравнению с другими видами оборудования, позволяет получать мучные смеси заданного качества при соотношении смешиваемых компонентов 1:60, характеризуется относительно низкими материало- и энергозатратами, простотой конструкции и высокой степенью надежности [6–9]. Целью представленной работы является разработка вибрационного смесителя непрерывного действия (СНД) для получения мучных хлебопекарных смесей с повышенным содержанием белка заданного качества.

Объекты и методы исследования

В лаборатории кафедры технологического проектирования пищевых производств Кемеровского государственного университета был разработан вибрационный СНД для получения сыпучих смесей [10].

Таблица 1. Рецепттура мучной хлебопекарной смеси с повышенным содержанием белка

Table 1. Formulation of high protein baking mix

Наименование сырья	Расход сырья, кг
Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта	83,7
Соль пищевая	1,3
Сахар белый	1,6
Кунжутная мука	4,2
Изолят сывороточного белка	4,2
Изолят соевого белка	4,2
Клейковина сухая	0,8
Итого:	100,0

Объектом исследования являлась смоделированная в центре технологий, биохимических и микробиологических исследований ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности» мучная хлебопекарная смесь с высоким содержанием белка, рецепттура которой приведена в таблице 1 [11–15].

Рецептура и режим приготовления теста хлебобулочных изделий из мучной хлебопекарной смеси с повышенным содержанием белка приведены в таблице 2.

При проведении исследования выявлено, что существенное влияние на производительность смесителя оказывает скорость вибротранспортирования смеси по рабочему органу аппарата. Скорость вибротранспортирования зависит от угла β , амплитуды A и частоты f вибрации, а также от наличия перфорации на рабочем органе вибрационного смесителя.

Руководствуясь следующей методикой, была определена производительность смесительного агрегата:

1. определяли среднюю длину пути перемещения компонентов мучной хлебопекарной смеси по рабочему органу смесительного агрегата по следующей формуле:

$$l_{\text{ср}i} = \frac{2 \cdot \pi \cdot (D_{\text{н}} + D_{\text{вн}})}{4 \cdot \cos \gamma} \quad (1)$$

где $l_{\text{ср}i}$ – средняя длина пути, м;

$D_{\text{н}}$ – наружный диаметр рабочего органа, м;

$D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр рабочего органа, м;

γ – угол наклона винтового рабочего органа;

2. устанавливали рациональные параметры работы смесительного агрегата и выводили его на стационарный режим;

3. вносили частицу-индикатор (подкрашенная крупица пищевой соли) в поток мучной хлебопекарной смеси с повышенным содержанием белка и измеряли время её прохождения по рабочему органу смесительного агрегата;

4. определяли скорость вибротранспортирования мучной хлебопекарной смеси с повышенным

Таблица 2. Рецепттура и режим приготовления теста хлебобулочных изделий из мучной хлебопекарной смеси с повышенным содержанием белка

Table 2. Formulation and mode of preparation of dough from the high protein baking mix

Наименование сырья	Расход сырья (в кг)
Мучная хлебопекарная смесь с высоким содержанием белка	100,0
Дрожжи хлебопекарные прессованные	2,0
Масло подсолнечное рафинированное дезодорированное	1,7
Вода	55,0
Влажность, %	42,0
Температура начальная, °С	27–30
Продолжительность брожения, мин	60
Кислотность теста конечная, град	4,0

содержанием белка по рабочему органу смесительного агрегата по формуле:

$$v_{\text{ср}i} = \frac{l_{\text{ср}i}}{t_{\text{л}i}} \quad (2)$$

где $v_{\text{ср}i}$ – скорость вибротранспортирования мучной хлебопекарной смеси по рабочему органу смесительного агрегата, м/с;

$t_{\text{л}i}$ – время прохождения частицы-индикатора по рабочему органу смесительного агрегата, с;

5. определяли площадь поверхности рабочего органасмесительного агрегата по формуле:

$$S = l \cdot b \cdot h \quad (3)$$

где S – площадь поверхности рабочего органа смесительного агрегата, м²;

l – длина рабочего органа смесительного агрегата, м;

b – ширина рабочего органа смесительного агрегата, м;

h – высота рабочего органа смесительного агрегата, м;

6. определяли производительность смесительного агрегата по формуле:

$$Q = v_{\text{ср}i} \cdot S \quad (4)$$

где Q – производительность смесительного агрегата, кг/ч.

Анализ наблюдений показал, что чем больше амплитуда A и частота f вибрации, тем выше производительность. Рациональные технологические параметры работы вибрационного смесителя были определены в результате проведения полнофакторного эксперимента с применением регрессионного анализа (амплитуда вибрации $A = 0,0045$ м, угол вибрации $\beta = 45^\circ$, частота вибрации $f = 33,33$ Гц, количество витков рабочего органа $n = 4$, диаметр отверстий перфорации $d = 0,007$ м) [16, 17].

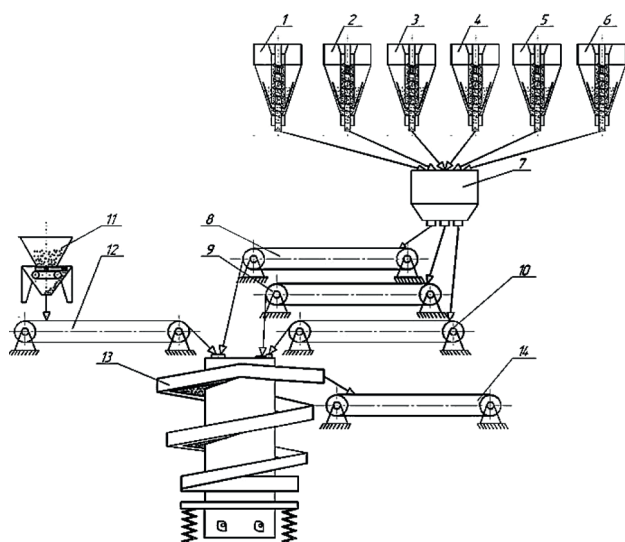


Рисунок 1. Технологическая схема производства мучной хлебопекарной смеси с высоким содержанием белка:

- 1 – шнековый дозатор VeltecoDOS для подачи муки пшеничной хлебопекарной первого сорта; 2 – шнековый дозатор VeltecoDOS для подачи сахара белого;
- 3 – шнековый дозатор VeltecoDOS для подачи кунжутной муки; 4 – шнековый дозатор VeltecoDOS для подачи изолята сывороточного белка; 5 – шнековый дозатор VeltecoDOS для подачи изолята соевого белка;
- 6 – шнековый дозатор VeltecoDOS для подачи клейковины сухой; 7 – объемный дозатор VeltecoDOS для подачи фонового компонента; 8, 9, 10 – ленточные конвейеры для подачи фонового компонента; 11 – порционный дозатор для подачи ключевого компонента (соль);
- 12 – ленточный конвейер для подачи ключевого компонента; 13 – вибрационный СНД; 14 – ленточный конвейер для выхода готового продукта

Figure 1. Process chart for the production of the high protein baking mix: 1 – VeltecoDOS screw feeder for first grade wheat flour; 2 – VeltecoDOS screw feeder for white sugar; 3 – VeltecoDOS screw feeder for sesame flour; 4 – VeltecoDOS screw feeder for whey protein isolate; 5 – VeltecoDOS screw feeder for soy protein isolate; 6 – VeltecoDOS screw feeder for dry gluten; 7 – VeltecoDOS volumetric feeder for background component; 8, 9, 10 – belt conveyors for feeding the background component; 11 – portioned feeder for the key component (salt); 12 – belt conveyor for the key component; 13 – vibration CM; 14 – belt conveyor for the output of the finished product

Были проведены опытно-промышленные испытания предложенного вибрационного аппарата в составе технологической линии производства мучных хлебопекарных смесей с повышенным содержанием белка на базе ФГАНУ НИИХП (г. Москва):

- обработка на холостом ходу для определения нормальной работы смесительного агрегата в целом;
- проверка работоспособности под нагрузкой;
- определение качества получаемой мучной хлебопекарной смеси с повышенным содержанием белка;
- замеры уровней вибрации и шума.

Качество смешивания определялось при помощи коэффициента неоднородности V_c по ключевому

компоненту (соль пищевая), концентрацию которого определяли химическим методом – титрованием [18–20]. Схема технологической линии изображена на рисунке 1.

Определяли биологическую ценность по результатам аминокислотного анализа образцов хлебопекарной смеси

Сырье соответствовало требованиям действующей нормативной документации, гигиеническим требованиям ГСЭН РФ к качеству и безопасности сырья и пищевых продуктов (СанПиН 2.3.2.1078-01¹). Подготовка сырья к производству осуществлялась в соответствии с действующими «Инструкцией по предупреждению попадания посторонних предметов в продукцию» и СП 2.3.4.3258-15 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям по производству хлеба, хлебобулочных и кондитерских изделий»².

Результаты и их обсуждение

При исследовании работы вибрационного смесителя непрерывного действия на холостом ходу в течение 2 часов установлено:

- средства электроснабжения работали без отказов (автотрансформатор).
- уровень шума и вибрации находились в пределах установленных норм безопасности ГОСТ 12.1.003-83.

Производительность смесителя при испытании составила 200 кг/ч.

Полученные результаты коэффициента неоднородности ключевого компонента не превышали 10%. Среднее значение составило 6,86%, что является правомочным для признания хорошего качества полученной мучной хлебопекарной смеси с повышенным содержанием белка.

Рецептура мучной хлебопекарной смеси предусматривает компоненты с высоким содержанием белка, поэтому был проведен анализ его содержания в белом хлебе, изготовленном по ГОСТ 28808-90, и хлебе, полученном из разработанной смеси. В результате анализа приготовленного хлеба массовая доля белка в испеченном образце из мучной хлебопекарной смеси составила 10,16%. Это свидетельствует о высоком содержании белка в продукте. При учете пищевой ценности любого продукта, особенно продукта такой первостепенной важности, как хлеб, необходимо учитывать не только общее содержание в нем белка, но также и его качественный состав, т. е. содержание в белке незаменимых аминокислот.

Аминокислоты в организме человека в функциональном отношении тесно связаны с пептидами,

¹ СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. – 18 с.

² СП 2.3.4.3258-15. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям по производству хлеба, хлебобулочных и кондитерских изделий. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2015. – 30 с.

Таблица 3. Аминокислотный состав контрольного хлеба

Table 3. Amino acid composition of the control bread sample

Наименование аминокислот	Эталон белка по ФАО/ВОЗ, мг/1 г белка	Хлеб пшеничный из муки в/с, мг/1 г белка	Аминокислотный скор, %
Изолейцин	40,0	42,5	106,2
Лейцин	70,0	77,9	111,3
Валин	50,0	46,1	92,2
Лизин	55,0	26,5	48,2
Метионин + цистин	35,0	34,0	97,1
Фенилаланин + тирозин	60,0	73,6	122,7
Треонин	40,0	31,1	77,7
Триптофан	10,0	9,8	98,0
Сумма незаменимых аминокислот (НАК)	360,0	341,5	

обладающими гормональной активностью, анальгетическим эффектом, регулирующими пищеварительные процессы, тонус сосудов и артериальное давление, осуществляющих регулирование аппетита, принимающими участие в регулировании высшей нервной деятельности и в работе иммунной системы. Незаменимые аминокислоты не синтезируются в организме человека, но необходимы для нормальной жизнедеятельности человека. Отсутствие даже одной из них ведет к отрицательному азотистому балансу, нарушению пищеварения, развитию жировой дистрофии печени и другим нарушениям, которые несовместимы с жизнью. Незаменимыми аминокислотами являются валин, лейцин, изолейцин, лизин, треонин, метионин, фенилаланин, триптофан. Все эти аминокислоты человек получает только с пищей. Для нормального питания необходимо определенное количество незаменимых и заменимых

Таблица 4. Аминокислотный состав хлеба из мучной хлебопекарной смеси с повышенным содержанием белка

Table 4. Amino acid composition of bread from the high protein baking mix

Наименование аминокислот	Эталон белка по ФАО/ВОЗ, мг/1 г белка	Хлеб из мучной хлебопекарной смеси с высоким содержанием белка, мг/1 г белка	Аминокислотный скор, %
Изолейцин	40,0	62,0	155,0
Лейцин	70,0	108,3	154,7
Валин	50,0	62,0	124,0
Лизин	55,0	46,2	84,0
Метионин + цистин	35,0	24,6	70,3
Фенилаланин + тирозин	60,0	85,6	142,7
Треонин	40,0	50,2	125,5
Триптофан	10,0	15,7	157,0
Сумма НАК	360,0	454,6	

аминокислот. Незаменимые аминокислоты в сумме (с учетом также цистина и тирозина) должны составлять примерно 36 % от суммы аминокислот в питании взрослых.

Для определения качественного состава белка в продукте изучили биологическую ценность пробных партий хлеба из предлагаемой мучной смеси. При определении биологической ценности в качестве контрольного образца был взят хлеб, приготовленный из муки высшего сорта без добавок. Аминокислотный состав контрольного хлеба и хлеба из мучной хлебопекарной смеси с высоким содержанием белка представлены в таблицах 3 и 4.

Сравнительный аминокислотный анализ представлен на рисунке 2.

По сравнению с контрольным образцом в хлебе, приготовленном из мучной хлебопекарной смеси,

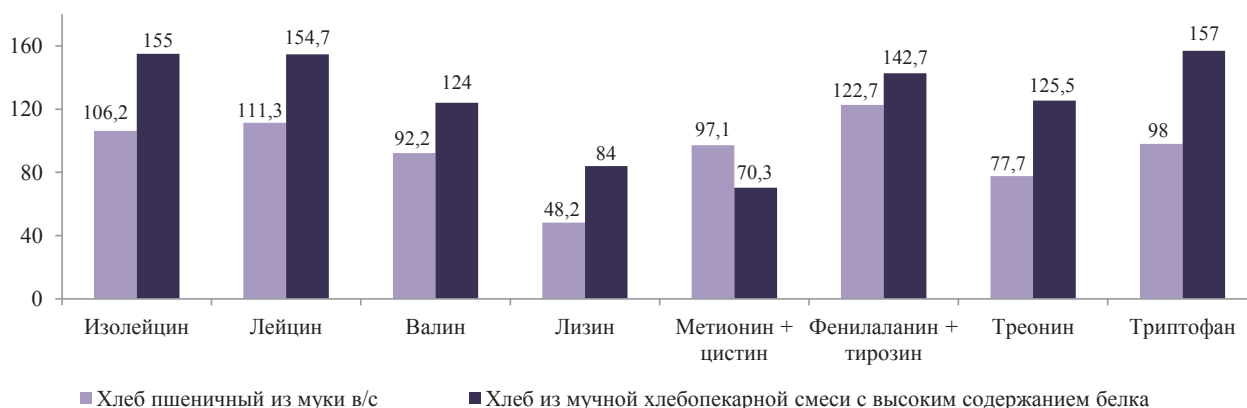


Рисунок 2. Сравнительный аминокислотный анализ

Figure 2. Comparative amino acid analysis

аминокислотный скор изолейцина увеличился на 46,0 %, лейцина – на 39,0 %, валина – на 34,0 %, лизина – на 74 %, фенилаланина + тирозина – на 16,0 %. Лимитирующими аминокислотами в хлебе пшеничном из муки высшего сорта являются валин, лизин, метионин + цистин, треонин и триптофан. Лимитирующими аминокислотами в хлебе с высоким содержанием белка являются лизин и метионин + цистин.

Выводы

Для получения высококачественной мучной хлебопекарной смеси с высоким содержанием белка разработана конструкция вибрационного СНД. С целью определения его работоспособности и безопасности проведены опытно-промышленные испытания в составе технологической линии производства мучных высокобелковых хлебопекарных смесей на базе ФГАНУ «Научно-исследовательского института хлебопекарной промышленности» (г. Москва). Испытания показали, что конструкция и основные технологические параметры работы вибрационного СНД обеспечивают получение качественной мучной хлебопекарной смеси с повышенным содержанием белка.

В результате проведенных исследований на предложенной конструкции вибрационного смесителя, входящего в состав смесительного агрегата, получили 2 образца хлеба. Аминокислотный анализ этих образцов показал, что в образце хлеба из предложенной мучной хлебопекарной смеси

содержание незаменимых аминокислот (454,6 мг/1 г белка) выросло, по сравнению с контрольным образцом (341,5 мг/1 г белка), на 33 %. Это свидетельствует о повышении биологической ценности продукта.

Критерии авторства

Д. М. Бородулин руководил проектом, корректировал статью до подачи в редакцию. Т. В. Зорина написала рукопись. Е. В. Невская консультировала в ходе исследования, корректировал статью до подачи в редакцию. Д. В. Сухоруков проводил экспериментальные исследования, корректировал статью до подачи в редакцию. Д. К. Черкашина проводила экспериментальные исследования.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

D.M. Borodulin managed the project and proofread the text before submission. T.V. Zorina wrote the manuscript. E.V. Nevskaya was the project consultant and proofread the article. D.V. Sukhorukov conducted the experimental research and proofread the article. D.K. Cherkashin conducted the experimental studies.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Список литературы

1. Ловкис, З. В. Здоровье нации в здоровом питании / З. В. Ловкис Е. П. Франко // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2014. – Т. 24, № 2. – С. 3–8.
2. Герасименко, Н. Ф. Здоровое питание и его роль в обеспечении качества жизни / Н. Ф. Герасименко, В. М. Позняковский, Н. Г. Челнакова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2016. – Т. 12, № 4. – С. 52–57.
3. Богатырев, А. Н. Натуральные продукты питания – здоровье нации / А. Н. Богатырев, Н. С. Пряничникова, И. А. Макеева // Пищевая промышленность. – 2017. – № 8. – С. 26–29.
4. Роль основных минеральных веществ в питании детей / Л. М. Панасенко, Т. В. Карцева, Ж. В. Нефедова [и др.] // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2018. – Т. 63, № 1. – С. 122–127. DOI: <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2018-63-1-122-127>.
5. Могильный, М. П. Роль функциональных свойств белков в специальных видах питания / М. П. Могильный // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2009. – Т. 307, № 1. – С. 51–54.
6. Уваров, В. А. Анализ оборудования непрерывного действия для смешивания сухих многокомпонентных смесей / В. А. Уваров, Т. Н. Орехова, В. В. Краснов // Научный альманах. – 2016. – Т. 24, № 10–3. – С. 313–315. DOI: <https://doi.org/10.17117/na.2016.10.03.313>.
7. Орехова, Т. Н. Современные технические средства, применяемые для смешения сухих многокомпонентных смесей / Т. Н. Орехова, В. А. Уваров, В. В. Краснов // Научный альманах. – 2016. – Т. 24, № 10–3. – С. 232–235. DOI: <https://doi.org/10.17117/na.2016.10.03.232>.
8. Власова, О. В. Обзор и анализ вибрационных устройств для смешивания сыпучих кормов / О. В. Власова, Н. В. Гучева // Молодой исследователь Дона. – 2017. – Т. 8, № 5. – С. 30–36.
9. Intensification of bulk material mixing in new designs of drum, vibratory and centrifugal mixers / V. N. Ivanets, D. M. Borodulin, A. B. Shushpannikov [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2015. – Vol. 3, № 1. – P. 62–69. DOI: <https://doi.org/10.12737/11239>.

10. Патент 2626415С1, Российская Федерация, В01F 3/18, В01F11/00. Вибрационный смеситель / Шушпанников А. Б., Зорина Т. В., Шушпанников Е. А., Шушпанникова А. С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)» – № 2016149970; заявл. 19.12.2016; опубл. 27.07.2017; Бюл. № 21.
11. Колмаков, Ю. В. Хлеб из композитных мучных смесей / Ю. В. Колмаков, Л. А. Зелова, И. В. Пахотина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 126, № 4. – С. 133–136.
12. Колмаков, Ю. В. Мучные кондитерские изделия повышенной белковости / Ю. В. Колмаков, Л. А. Зелова, И. В. Пахотина // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 103, № 4. – С. 45–47.
13. О перспективах использования муки из пшеницы при производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий / И. М. Русина, А. Ф. Макаричев, К. Ю. Чекан [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2014. – Т. 24, № 2. – С. 39–45.
14. Хатко, З. Н. Хлебопекарные дрожжи: характеристика и способы их активации / З. Н. Хатко, А. А. Стойкина // Новые технологии. – 2016. – № 2. – С. 39–44.
15. Development of integrated technology and assortment of long-life rye-wheat bakery products / E. V. Nevskaya, D. M. Borodulin, V. L. Potekha [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2018. – Vol. 6, № 1. – P. 99–109. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-99-109>.
16. Определение ключевых параметров работы вибрационного смесителя при получении мучных хлебопекарных смесей / Д. М. Бородулин, Т. В. Зорина, В. Н. Иванец [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 77–83. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-77-84>.
17. Шилов, А. В. Выбор рациональных параметров процесса приготовления мучных композитных смесей / А. В. Шилов, Д. В. Сухоруков, И. А. Бакин // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – Т. 19, № 4. – С. 72–76.
18. Евсеев, А. В. Новый критерий оценки качества смесей сыпучих материалов / А. В. Евсеев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2015. – № 11–1. – С. 139–147.
19. Метод определения коэффициента неоднородности смеси при взаимодействии разреженных потоков / А. Е. Лебедев, А. И. Зайцев, А. Б. Петров [и др.] // Известия высших учебных заведений. Серия: химия и химическая технология. – 2012. – Т. 55, № 11. – С. 119–121.
20. Методы анализа смесей сыпучих материалов / И. Н. Шубин, Н. С. Потемкин, Т. В. Гурова [и др.] // Ученые записки Тамбовского отделения РСОМУ. – 2014. – № 2. – С. 283–287.


References

1. Lovkis ZV, Franko EP. Nation health in a healthy food. Food Industry: Science and Technology. 2014;24(2):3–8. (In Russ.).
2. Gerasimenko NF, Poznyakovskiy VM, Chelnokova NG. Healthy eating and its role in ensuring the quality of life. Technologies of food and processing industry of AIC – healthy food. 2016;12(4):52–57. (In Russ.).
3. Bogatyrev AN, Pryanichnikova NS, Makeeva IA. Natural food – health of the nation. Food Industry. 2017;(8):26–29. (In Russ.).
4. Panasenko LM, Kartseva TV, Nefedova ZhV, Zadorina-Khutornaya EV. Role of the main mineral substances in the child nutrition. Russian Bulletin of perinatology and pediatrics. 2018;63(1):122–127. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2018-63-1-122-127>.
5. Mogilnyi MP. Significance of proteins functional properties in special kinds of diet. News institutes of higher Education. Food technology. 2009;307(1):51–54. (In Russ.).
6. Uvarov VA, Orehova TN, Krasnov VV. Analysis of continuous mixing equipment dry multicomponent mixtures. Science Almanac. 2016;24(10–3):313–315. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17117/na.2016.10.03.313>.
7. Orehova TN, Uvarov VA, Krasnov VV. Modern technical equipment used for the mixing of dry multicomponent mixtures. Science Almanac. 2016;24(10–3):232–235. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17117/na.2016.10.03.232>.
8. Vlasova OV, Gucheva NV. Review and analysis of vibration devices for loose food mixing. Young Don Researcher. 2017;8(5):30–36. (In Russ.).
9. Ivanets VN, Borodulin DM, Shushpannikov AB, Sukhorukov DV. Intensification of bulk material mixing in new designs of drum, vibratory and centrifugal mixers. Foods and Raw Materials. 2015;3(1):62–69. DOI: <https://doi.org/10.12737/11239>.
10. Shushpannikov AB, Zorina TV, Shushpannikov EA, Shushpannikova AS. Vibration mixer. Russia patent RU 2626415С1. 2016.
11. Kolmakov YuV, Zelova LA, Pakhotina IV. Bread baked of composite flour mixes. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2015;126(4):133–136. (In Russ.).
12. Kolmakov YuV, Zelova LA, Pakhotina IV. Wads with the enhanced protein content. Bulletin of KSAU. 2015;103(4):45–47. (In Russ.).
13. Rusina IM, Makarchikov AF, Trotskaya TP, Chekan KYu. Prospects of millet flour use for bread and flour confectionery production. Food Industry: Science and Technology. 2014;24(2):39–45. (In Russ.).


14. Khatko ZN, Stoykina AA. Bakery yeast: characteristics and methods for its activation. *New Technologies*. 2016;(2):39–44. (In Russ.).
15. Nevskaya EV, Borodulin DM, Potekha VL, Nevskiy AA, Lobasenko BA, Shulbaeva MT. Development of integrated technology and assortment of long-life rye-wheat bakery products. *Foods and Raw Materials*. 2018;6(1):99–109. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-99-109>.
16. Borodulin DM, Zorina TV, Ivanets VN, Nevskaya EV, Turina OE, Borisova AE. Key operation parameters of the vibration mixer in the production of flour baking mixes. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(1):77–83. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-77-84>.
17. Shilov AV, Sukhorukov DV, Bakin IA. Choice of rational parameters of flour composite mixes preparation. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2010;19(4):72–76. (In Russ.).
18. Evseev AV. A new criterion of quality assessment of bulk materials mixtures. *Izvestiya Tula State University*. 2015;(11–1):139–147. (In Russ.).
19. Lebedev AE, Zayitsev AI, Petrov AA, Kapranova AB. Determination method of coefficient of heterogeneity of mixture at interaction of rarefied flows. *Russian Journal of Chemistry and Chemical Technology*. 2012;55(11):119–121. (In Russ.).
20. Shubin IN, Potemkin NS, Gurova TV, Kondratiev VYu. Methods of analysis mixture of bulk materials. *Scientific notes of the Tambov branch of the RUYS*. 2014;(2):283–287. (In Russ.).

Сведения об авторах


Бородулин Дмитрий Михайлович

д-р. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-80, e-mail: borodulin_dmitri@list.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-3035-0354>


Зорина Татьяна Владимировна

аспирант кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (908) 941-82-58, e-mail: tanya.kaznacheeva.92@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-0521-0950>

Невская Екатерина Владимировна

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности», 107553, Россия, г. Москва, ул. Большая Черкизовская, 26А, тел.: +7 (916) 701-94-92, e-mail: katerinarose@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-5310-3412>

Сухоруков Дмитрий Викторович


канд. техн. наук, доцент кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (950) 272-59-94, e-mail: pioner_dias@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-7995-3813>

Черкашина Диана Константиновна


магистрант Института инженерных технологий, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (961) 720-96-60, e-mail: dianka.cherkashina.97@mail.ru

Information about the authors


Dmitry M. Borodulin

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Technological Design of Food Productions, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-80, e-mail: borodulin_dmitri@list.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-3035-0354>


Tatyana V. Zorina

Postgraduate Student of the Department of Technological Design of Food Productions, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (908) 941-82-58, e-mail: tanya.kaznacheeva.92@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-0521-0950>

Ekaterina V. Nevskaya

Cand.Sci.(Eng.), Leading Researcher, Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, Bol'shaya Cherkizovskaya Str., Moscow, 107553, Russia, phone: +7 (916) 701-94-92, e-mail: katerinarose@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-5310-3412>

Dmitrij V. Sukhorukov

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technological Design of Food Productions, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (950) 272-59-94, e-mail: pioner_dias@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-7995-3813>

Diana K. Cherkashina

Undergraduate of the Institute of Engineering Technologies, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (961) 720-96-60, e-mail: dianka.cherkashina.97@mail.ru