

## ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МУКИ ИЗ ФАСОЛИ ОТДЕЛЬНЫХ СОРТОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ТЕХНОЛОГИИ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

*Л. В. Рукшан, Е. С. Новожилова*

*Могилёвский государственный университет продовольствия, Республика Беларусь*

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Рассмотрена классификация и пищевая ценность семян продовольственной фасоли. Изучен отечественный и зарубежный опыт использования продуктов переработки семян фасоли в хлебобулочных и мучных кондитерских изделиях. Обоснована актуальность исследования технологических свойств фасолевой муки применительно к процессам образования кондитерского теста для песочного и бисквитного полуфабрикатов.

**Материалы и методы.** Рассмотрены четыре сортообразца семян белой и красной продовольственной фасоли, распространенных в Республике Беларусь. При изучении органолептических и физико-химических показателей качества семян фасоли и фасолевой муки использованы стандартные и общепринятые методы анализа. Для характеристики технологических свойств фасолевой муки применены методы оценки ее тестообразующих, пенообразующих и эмульгирующих свойств.

**Результаты.** Установлено, что образцы белой продовольственной фасоли по органолептическим показателям, выполненности, выровненности, полноценности химического состава и пищевой ценности наиболее подходят для получения муки. Особенности анатомического строения и химического состава изучаемых семян фасоли позволили получить односортовую муку с выходом 80 %. Для улучшения органолептических показателей и инактивации антипитательных веществ фасолевой муки рекомендованы режимы гидротермической обработки семян перед помолом. Односортовая фасолевая мука отличается пониженной влажностью, повышенной ферментной активностью, увеличенной зольностью и кислотностью, а также отсутствием клейковины и преобладанием водорастворимых белков. Отмечено, что внесение фасолевой муки взамен 10–15 % пшеничной усиливает упругие свойства клейковины теста, а использование фасолевой муки вместо 25–50 % яйцепродуктов повышает стойкость пены и улучшает стабильность эмульсии. Рекомендовано применение односортовой фасолевой муки для изготовления бисквитного и песочного полуфабрикатов.

**Выводы.** Полученные результаты исследований расширяют и дополняют теоретические сведения и практические рекомендации по использованию фасолевой муки в технологии мучных кондитерских изделий.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *продовольственная фасоль, фасолевая мука, мучные кондитерские изделия, кондитерское тесто, бисквитный полуфабрикат, песочный полуфабрикат.*

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Рукшан, Л. В. Оценка технологических свойств муки из фасоли отдельных сортов применительно к технологии мучных кондитерских изделий / Л. В. Рукшан, Е. С. Новожилова // Вестник МГУП. – № 2 (27). – 2019. – С. 11–23.

## EVALUATION OF THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF CERTAIN VARIETIES OF BEAN FLOUR USED IN THE TECHNOLOGY OF FLOUR CONFECTIONERY GOODS

*L. V. Rukshan, A. S. Navazhylova*

*Mogilev State University of Food Technologies, Mogilev, Belarus*

### ABSTRACT

**Introduction.** Consideration is given to the classification and nutritional value of food beans. Domestic and foreign experience of the use of processed bean products in bakery and flour confectionery goods is studied. Relevance of the study of technological properties of bean flour to make pastry dough for short-paste and biscuit semi-finished products is substantiated.

**Materials and methods.** Four varieties of white and red food beans common in the Republic of Belarus are examined. Standard and generally accepted methods of analysis were used to study organoleptic and physi-

co-chemical indicators of the quality of beans and bean flour. To characterize the technological properties of bean flour there were applied the methods for assessing its dough and foam forming capacity as well as emulsifying properties.

**Results.** Samples of white food beans are found to be the best for producing flour in terms of organoleptic indicators, plumpness, evenness, full chemical composition and food value. Features of the anatomical structure and chemical composition of the studied beans allowed us to obtain single flour with an output of 80 %. To improve organoleptic characteristics and inactivate anti-nutrient substances of bean flour moisture-heat treatment of beans before grinding is recommended. Single bean flour is characterized by low humidity, high enzyme activity, increased ash and acid content, as well as the absence of gluten and the predominance of water-soluble proteins. It is shown that the introduction of bean flour instead of 10–25 % wheat flour increases the elastic properties of dough gluten, and the use of bean flour instead of 25–50 % egg products increases foam and emulsion stability. Single bean flour is recommended to be used for the manufacture of biscuit and short-paste semi-finished products.

**Conclusions.** The obtained results update theoretical information and practical recommendations on the use of bean flour in the technology of flour confectionery products.

**KEY WORDS:** *food beans, bean flour, flour confectionery goods, pastry dough, biscuit semi-finished product, short-paste semi-finished product.*

**FOR CITATION:** Rukshan L. V., Navazhylova A. S. Evaluation of the technological properties of certain varieties of bean flour used in the technology of flour confectionery goods. Bulletin of Mogilev State University of Food Technologies. 2019. No.1 (26). P.11–23. (in Russian).

## ВВЕДЕНИЕ

Фасоль обыкновенная (лат. *Phaseolus vulgaris*) является одной из ценнейших и наиболее популярных в мире продовольственных и кормовых культур семейства Бобовые (*Fabaceae*). Продовольственная фасоль попала в Беларусь из Польши в начале XVIII века, в настоящее время распространена в рационе питания белорусов и выращивается повсеместно.

Плоды фасоли представляют собой стручки длиной 5–25 см и толщиной 1–2,5 см. По строению их делят на три группы: луцильные – с грубым, толстым пергаментным слоем; полусахарные – со слабо развитым пергаментным слоем и спаржевые – без пергаментного слоя. Фасоль с луцильными стручками относят к зерновой, а с полусахарными и спаржевыми – к овощной разновидности.

Семена зерновой фасоли могут иметь самую разную форму, размеры и окраску. Количество семян в одном стручке также может быть разным – от трех до семи. В умеренных широтах Европы и засушливом климате Африки чаще всего выращиваются неприхотливые сорта с белыми семенами, а в Южной Америке и Азии предпочитают возделывать темноокрашенную фасоль.

По величине семян зерновую фасоль делят на три группы: мелкосеменная (масса 1000 зерен весит не более 200 г); среднесеменная (200–400 г) и крупнесеменная (более 400 г) [1, 2].

В зависимости от цвета и формы продовольственную фасоль подразделяют на три типа: I тип – белая (шести подтипов, отличающихся по форме); II тип – цветная однотонная (четыре подтипов – зеленая, коричневая или желтая, красная и другая однотонная разных оттенков); III тип – цветная пестрая (двух подтипов – светлая и темная) [3].

В семенах продовольственной фасоли содержатся от 19 до 32 % белков, 1,7–2,0 % жиров, 50–54 % углеводов, 0,6 % органических кислот (яблочная, малоновая, лимонная). По белковой ценности семена такой фасоли приближаются к мясу (содержащему 20–22 % белка), превосходят рыбу (18–19 %) и особенно зерно таких злаковых культур, как пшеница (11–12 %), рожь, овес, ячмень (около 10 %). Белки фасоли, как и животные белки, содержат ряд незаменимых аминокислот: лизин, тирозин, лейцин, триптофан, фенилаланин, цистин, трионин, гистидин. Поскольку усвояемость белковых веществ фасоли в зависимости от кулинарной обработки достигает 85–89 %, ее справедливо называют «растительным мясом».

Прочие сухие вещества семян фасоли включают пектин (0,9 %), минеральные вещества (4,0 %), витамины, флавоноиды (кверцитуран), стерин и др.

Минеральные вещества семян фасоли представлены солями калия (1100 мг%), фосфора (541 мг%), кальция (150 мг%), магния (103 мг%), натрия (40 мг%), железа (12,4 мг%), йода

(3 мг%). По содержанию меди и цинка фасоль превосходит многие зерновые культуры и овощи.

В 100 г созревших семян фасоли находятся 0,02 мг каротина, 0,5 мг витамина В<sub>1</sub>, 0,18 мг витамина В<sub>2</sub>, 0,2 мг витамина В<sub>3</sub>, 0,16 мг витамина В<sub>6</sub>, 2,1 мг витамина РР, 0,29 мг витамина К и лишь следы витамина С [1, 2, 4–8].

Семена фасоли обладают сахароснижающим, мочегонным и противомикробным действием, а благодаря оптимальному соотношению натрия и калия (1:28) способствуют выведению жидкости из организма и оказывают разгрузочное действие на сердечнососудистую систему. Механизм гипогликемического действия фасоли окончательно не выяснен и, возможно, связан с наличием аргинина и биофлавоноидов, действующих аналогично инсулину. В некоторых сортах фасоли имеются агглютинины – соединения, принимающие участие в развитии иммунитета (невосприимчивости) к ряду инфекционных заболеваний (грипп, кишечные инфекции) [2, 6, 9].

Полноценный химический состав, высокая калорийность (336 ккал/100 г) делают фасоль незаменимым биологически активным продуктом питания и ценным сырьем не только для производства консервированной продукции, но и для получения мучных изделий.

Говоря о полезных веществах в составе фасоли, нельзя не отметить и те, которые не особо полезны для организма человека и могут ухудшать пищеварение и усвоение других питательных веществ. Это фитиновая кислота (снижает усвоение железа, цинка, кальция), сапонины (усиливают гемолиз эритроцитов крови), лектины (угнетают пищеварительные ферменты). Чтобы нейтрализовать отрицательное действие этих веществ, семена фасоли можно предварительно замачивать, проращивать, подвергать ферментации (квашению) или воздействию температуры выше 100 °С [1, 2, 9].

В зависимости от глубины переработки семян фасоли в качестве самостоятельных продуктов используют кормовую и пищевую муку, крупку, пюре, пасту, белковые изоляты. В основном продукты переработки семян фасоли используются в виде муки в новых ресурсосберегающих технологиях хлебобулочных изделий [10–17]. С учетом высокой кислотности и ферментной активности муки из фасоли рекомендовано ее использование в хлебобулочных изделиях в смеси с пшеничной мукой в ускоренных способах тестоведения, а при производстве ржано-пшеничных сортов хлеба – при приготовлении кислотообразующих полуфабрикатов в виде заварок и заквасок [18, 19].

Вместе с тем имеются немногочисленные разработки рецептур мучных кондитерских изделий улучшенного качества, повышенной пищевой ценности и более сбалансированного химического состава за счет добавления фасоли [20–23]. И лишь в единичных работах [22, 23] рассматриваются пенообразующие и эмульгирующие свойства фасоли, в то время как они важны при получении некоторых видов кондитерского теста, например, бисквитного, песочного и др. В основном перечисленные исследования проведены в России и основаны на изучении сортообразцов фасоли, выращиваемых или популярных в определенном регионе.

В то же время использование фасоли как перспективного источника растительного белка в продуктах питания взамен традиционного сырья рассматривается в качестве одного из актуальных направлений реализации Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы, включающей разработку новых ресурсосберегающих технологий производства пищевых продуктов с использованием местных сельскохозяйственных ресурсов.

Поэтому целью исследования являлось развитие технологий и ассортимента мучных кондитерских изделий повышенной пищевой ценности с использованием муки из продовольственной фасоли наиболее распространенных на белорусском рынке сортообразцов.

Научная задача исследований заключалась в оценке технологических свойств муки из семян продовольственной фасоли отдельных ее сортообразцов, популярных в Беларуси, применительно к технологии мучных кондитерских изделий из бисквитного и песочного теста.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами изучения являлись семена белой и красной продовольственной фасоли по ГОСТ 7758 [3]. При оценке качества семян фасоли использовали стандартные методы: цвет – по ГОСТ 10967; влажность – по ГОСТ 13586.5; крупность – по ГОСТ 30843; натуру – по ГОСТ 10840; массу 1000 семян – по ГОСТ 10842; зольность – по ГОСТ 27494.

Рассмотрение технологических аспектов использования фасоли предполагает изучение органолептических, физических, химических и функциональных свойств как самих семян фасоли, так и продукта их переработки в виде муки. Для сравнения рассматривали муку пшеничную хлебопекарную по СТБ 1666 как традиционную для мучных кондитерских изделий. Органолептические показатели качества муки определяли по ГОСТ 27558; влажность – по ГОСТ 9404; белизну – по ГОСТ 26361; крупность – по ГОСТ 27560; общую титруемую кислотность – по ГОСТ 27493; зольность – по ГОСТ 27494; содержание металломагнитной примеси – по ГОСТ 20239; количество и качество клейковины – по ГОСТ 17839; число падения – по ГОСТ 27676; автолитическую активность – по ГОСТ 27495; седиментационный осадок и щелочеудерживающую способность – по действующим методикам [1, 24].

Массовую долю белка в семенах и муке определяли по Кьельдалю, жира – методом Сокслета, крахмала – методом Эверса, моно- и дисахаридов – перманганатным методом, клетчатки – по Кюршнеру и Ганеку, органических кислот – методом титрования [24].

Методики анализа технологических свойств фасолевой муки включали исследование структурно-механических свойств теста по количеству и качеству клейковины, пенообразующей способности и стойкости пены, стабильности и плотности эмульсии [25].

Пенообразующую способность оценивали по изменению объема сахара-яично-мучной смеси при взбивании и рассчитывали, как отношение

$$F = \frac{100 \cdot (V_1 - V_0)}{V_0}, \quad (1)$$

где  $V_0$  и  $V_1$  – объем смеси до и после взбивания соответственно,  $\text{см}^3$ .

Стойкость пены выражали в процентах через отношение объема пены после 1 ч выстаивания к первоначальному объему пены (сразу после взбивания).

Стабильность эмульсии определяли центрифугированием при скорости  $1500 \text{ мин}^{-1}$  и температуре  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение 3 мин. После 20 мин отстаивания измеряли объем отделившегося масла. Результат вычисляли как отношение объемов не расслоившейся части эмульсии после и до центрифугирования, выраженное в процентах.

Плотность эмульсии ( $\text{г}/\text{см}^3$ ) рассчитывали, как отношение ее массы к объему.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В начале исследований изучали внешний вид 4 сортообразцов продовольственной фасоли, отличающихся между собой по цвету, форме, размерам.

Образец 1 – фасоль Купеческая (бренд Ракан, страна происхождения – Кыргызстан) представляла собой гладкие семена белой окраски, средних размеров, удлиненной, цилиндрической формы, слегка изогнутые с округленными концами (тип I, подтип 4 по ГОСТ 7758).

Образец 2 – фасоль Лима (бренд Мистраль, Россия) – крупные (одни из самых больших по размеру) масляные семена белого цвета, немного приплюснутой почковидно-плоской формы (тип I, подтип 6).

Образец 3 – семена фасоли Белая (бренд Бабушкина кухня, страна происхождения – Эфиопия) были мелкими белыми, округлой формы, внешне похожими на горошины (тип I, подтип 2).

Образец 4 – фасоль цветная (бренд Агрокультура, Кыргызстан) выглядела как средние по размеру семена удлиненной цилиндрической формы с однотонной красновато-фиолетовой окраской (тип II, подтип 3).

Далее в работе изучаемые семена фасоли рассматривали как 4 сортообразца с условными названиями Купеческая, Лима, Белая и Агрокультура.

Показатели, характеризующие крупность и величину семян фасоли, показаны на рис. 1. Наибольшей величиной природы (749 г/л) обладали образцы фасоли Агрокультура, а наименьшей (690 г/л) – Лима. Самая большая масса 1000 семян (1229 г) и максимальный объем семянки (1000 мм<sup>3</sup>) отмечены у фасоли Лима, а минимальные значения этих показателей (267 г и 211 мм<sup>3</sup> соответственно) – у образца Белая, который был отнесен к группе среднесеменной фасоли, в то время как три остальных образца – к крупносеменной. Между массой 1000 семян (Y) и объемом семянки (X) установлена тесная корреляционная связь, которая описывается уравнением  $Y = 40,26 + 0,79 \cdot X$  при коэффициенте корреляции  $R = 0,99$ .

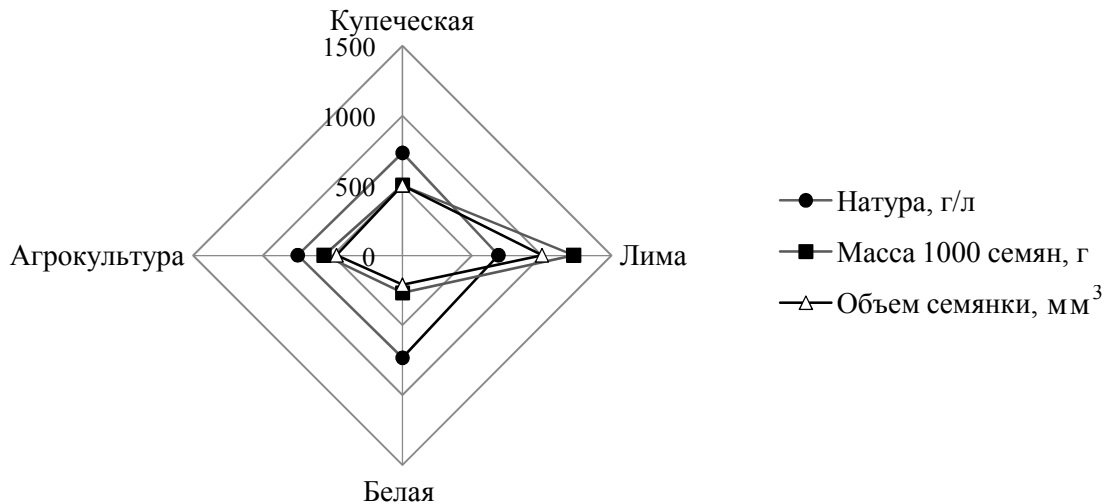


Рис. 1. Показатели крупности семян фасоли

Fig. 1. Indices of bean sizes

Для дальнейшей переработки семян, в частности в муку, важен показатель их выровненности. В качестве примера приведен гранулометрический состав семян фасоли Купеческая и Белая (рис. 2), из которого видно, что более выровнены по крупности семена фасоли Купеческая, так как сход с сита с диаметром отверстий 7,5 мм максимальный и равен 97,7 %.

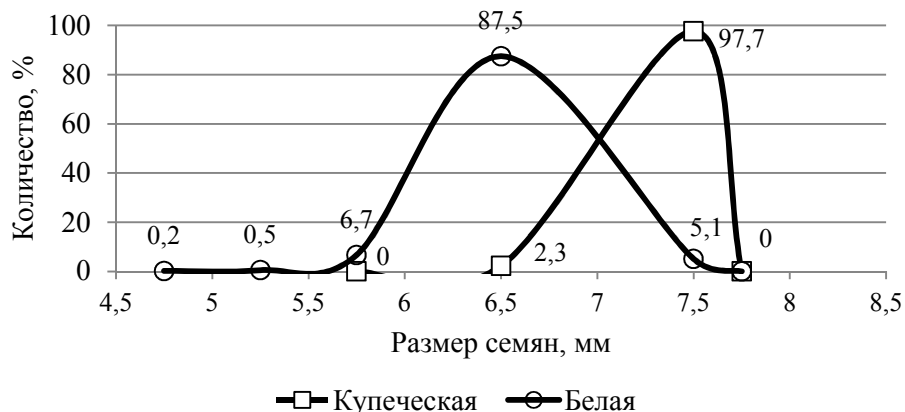


Рис. 2. Гранулометрический состав семян фасоли

Fig. 2. Granulometric composition of beans

При анализе органолептических свойств фасоли отмечено, что вкус и запах семян всех исследуемых сортообразцов были свойственными, без посторонних привкусов, без затхлого, плесневелого и других посторонних запахов. Семена были здоровыми, в негреющемся со-

стоянии.

При изучении физико-химических характеристик фасоли (табл. 1) установлено, что влажность исследуемых семян фасоли, как решающий фактор в сохранности семян и поведении их в процессе переработки в муку, находилась в пределах  $(13,7 \pm 0,9) \%$  и соответствовала стандартному значению (не более  $15,0 \%$ ). Это позволило образцы Купеческая, Лима и Агрокультура отнести к категории «сухое зерно», а образец Белая – к «средней сухости» [24]. Вследствие этого семена всех изучаемых сортообразцов были относительно сыпучими, поскольку угол естественного откоса для семян Лима и Агрокультура составлял 23 град, для фасоли Купеческая и Белая – 30 град при норме для семян бобовых культур 24–33 град [1].

**Табл. 1.** Показатели качества семян фасоли

**Table 1.** Quality indices of beans

Показатели	Образец фасоли			
	Купеческая	Лима	Белая	Агрокультура
Влажность, %	12,8	13,6	14,5	13,4
Всхожесть, %	92	90	98	90
Энергия прорастания, %	58	60	82	100
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,40	1,30	1,30	1,10
Твердозерность, %	24	37	34	36
Седиментационный осадок, мл	58	57	58	63

Энергия прорастания и всхожесть считаются важными показателями не только посевных свойств семян (одновременность роста и развития растений), а также созревания и налива зерна, что улучшает его качество и облегчает переработку. По полученным результатам видно, что наибольшей всхожестью обладали семена фасоли Белая, что связано с более южным регионом их произрастания.

При оценке зрелости и выполненности семян замечено, что образец Купеческая имел самую большую плотность и наименьшую твердозерность, что, по-видимому, обусловлено особенностями микроструктуры семян, и это следует учитывать при разработке режимов их измельчения.

Как видно из результатов табл. 2, семена фасоли всех образцов отличались достаточно высоким содержанием белковых веществ и углеводов при незначительном количестве жира. При этом качество белка, оцениваемое в данном случае седиментационным осадком (табл. 1), среди всех исследуемых образцов семян фасоли практически одинаково. Этот показатель, характеризующий способность белковых веществ набухать в слабых растворах органических кислот и образовывать осадок, чуть выше у красной фасоли Агрокультура.

По химическому составу исследуемых семян (табл. 2) можно судить и об их энергетической ценности: наиболее низкой у фасоли Белая и самой высокой – у образца Лима.

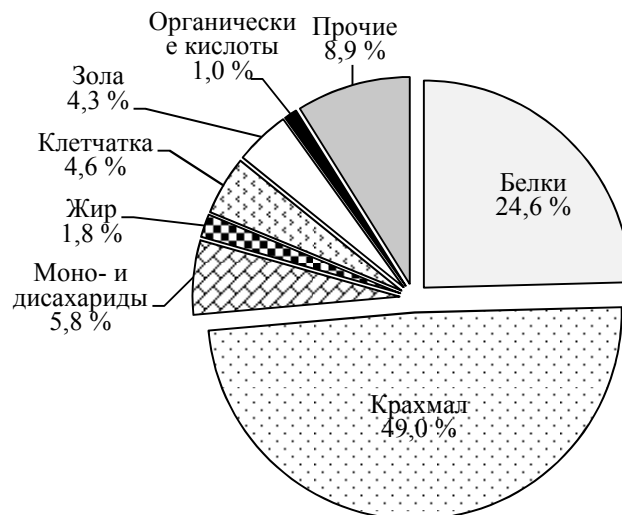
**Табл. 2.** Пищевая ценность 100 г семян фасоли

**Table 2.** Food value per 100 g of beans

Показатели	Образец фасоли			
	Купеческая	Лима	Белая	Агрокультура
Белки, г	22,3	22,8	22,0	21,0
Жир, г	1,7	2,0	1,2	1,0
Углеводы (усвояемые), г	54,9	56,7	52,6	55,8
Энергетическая ценность, ккал	324	331	309	325

Более углубленное изучение химического состава семян, который приведен на рис. 3 на

примере образца фасоли Купеческая, показало соответствие полученных значений литературным данным [1, 2, 4–8].



**Рис. 3.** Химический состав (в пересчете на сухие вещества) семян фасоли Купеческая

**Fig. 3.** Chemical composition (in terms of solids) of «beans Kupecheskaya»

Таким образом, по результатам органолептической оценки, изучения физических показателей качества и химического состава семян фасоли наиболее подходящими для получения муки признаны образцы семян белой фасоли Купеческая и Белая.

На следующем этапе исследований изучали режимы переработки семян фасоли Купеческая в муку. Процесс получения пищевой фасолевой муки проходил по разработанной нами технологии [18, 26] в несколько этапов:

- подготовка семян к помолу;
- обрушивание семян на лабораторной семенорушке;
- отделение оболочек от основной обрушенной массы;
- измельчение очищенной от оболочек массы на мельнице МРП-1;
- просеивание и разделение полученной муки на фракции.

Особое внимание уделялось этапу подготовки семян, предусматривающему гидротермическую обработку с целью инактивации антипитательных веществ. В дальнейшем для полной нейтрализации лектинов рекомендуется использование фасолевого муки в мучных полуфабрикатах, подвергаемых термообработке (выпечке, сушке) не менее 10 мин [1].

После обрушивания семян полученную массу просеивали на зерновых ситах № 3,8; № 3,6 и № 3,4. Сходы с сит № 3,8 и № 3,6 вручную отделяли от оставшихся оболочек. Далее очищенную от оболочек массу измельчали на мельнице, после чего разделяли на фракции с помощью сит №№ 21, 23, 27, 29, 35. Сходы с сит № 21, 23, 27 повторно измельчали.

Фасолевою муку, которую использовали при выполнении данной работы, получали, объединив сходы с сит № 29 и № 35, а также проход сита № 35. При объединении данных фракций муки руководствовались тем, что сход муки с сита № 35 и проход сита № 35 имеют наименьший размер частиц (на уровне высшего сорта пшеничной муки). Но в связи с тем, что с уменьшением выхода муки уменьшается количество полезных веществ в ней, включили в эту смесь фракций еще и сход с сита № 29.

Особенности анатомического строения и измельчения фасоли на лабораторной мельнице позволили получить только односортовую муку, выход которой в лабораторных условиях составил около 80 %. Следует отметить, что авторская технология гидротермической обработки и измельчения семян фасоли позволила улучшить вкус и запах, сохранить цвет и пищевую ценность исходного сырья.

Отмечено, что более половины (54 %) частиц фасолевого муки имели размеры 200–220 мкм (табл. 3), что соответствует размеру частиц муки пшеничной второго сорта или пшеничной

обойной. Вместе с тем для кондитерского теста с вязко-пластичными свойствами предпочтительнее мука более крупного помола [25], а традиционная пшеничная мука высших сортов по этому критерию не всегда подходит, так как является хлебопекарной по назначению. С учетом этого обстоятельства по гранулометрическому составу односортовую фасолевую муку рекомендовали в первую очередь для кондитерского производства.

**Табл. 3.** Гранулометрический состав односортовой фасолевой муки

**Table 3.** Granulometric composition of single bean flour

№ сита	Размеры частиц, мкм	Проход через сито, %
21	300	27,5
23	270	10,7
27	220	25,8
29	200	28,2
35	180	7,8

При оценке органолептических показателей отмечено, что за счет гидротермической обработки семян фасоли перед помолом у полученной муки не был выражен свойственный бобовым культурам вкус и запах. По цвету фасолевая мука почти не отличалась от пшеничной муки, выделяясь лишь более сероватым оттенком, чаще характерным для пшеничной муки второго сорта.

Наибольший интерес для прогнозирования перспектив использования фасолевой муки представляли физико-химические показатели, приведенные в табл. 4 в сравнении с пшеничной мукой высшего сорта (по СТБ 1666), традиционной для кондитерского производства.

**Табл. 4.** Физико-химические показатели пшеничной и фасолевой муки

**Table 4.** Physical and chemical indices of wheat and bean flours

Наименование показателя	Вид и сорт муки	
	пшеничная высшего сорта	фасолевая односортовая
Влажность, %	не более 15,0	11,2±0,2
Зольность, %	не более 0,55	3,80±0,05
Белизна, ед. прибора РЗ-БПЛ	не менее 54	41±1
Количество сырой клейковины	23–28	не отмывается
Качество сырой клейковины, ед. прибора ИДК (группа)	35–100 (не ниже 2 группы)	–
Число падения, с	не менее 185	165±5
Металломагнитная примесь, мг/кг	не более 3,0	1,2±0,1
Кислотность титруемая, град (в % в пересчете на яблочную кислоту)	3,0±0,2 (0,2±0,0)	13,6±0,2 (0,9±0,1)
Седиментационный осадок, см <sup>3</sup>	52±2	16±2
Щелочеудерживающая способность, %	129±2	240±5

Отмечено, что влажность фасолевой муки была несколько ниже, а зольность выше, чем у пшеничной муки, что связано с особенностями химического состава и измельчения семян фасоли. В целом эти показатели соответствовали стандартным значениям влажности (не более 15,0 %) и зольности (не менее чем на 0,07 % ниже зольности семян до очистки).

Белизна фасолевой муки ниже, чем пшеничной высшего сорта, но сопоставима с белизной муки пшеничной первого сорта (не менее 36 ед. прибора РЗ-БПЛ), из чего можно предположить, что добавление фасолевой муки не будет оказывать существенного влияния на цвет мучных изделий.

По ферментной активности, оцениваемой по величине числа падения, фасолевая мука соответствовала муке пшеничной второго сорта (не менее 160 с).

Содержание металломагнитной примеси в односортовой фасолевой муке не превышало нор-



мируемых значений.

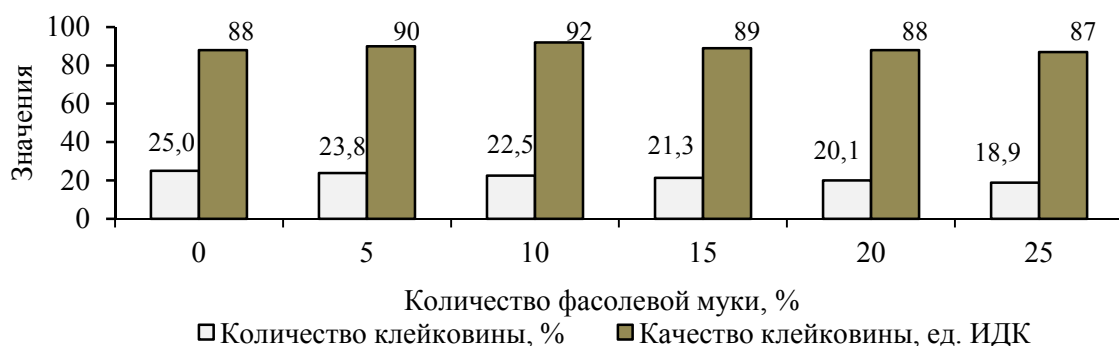
Хотя кислотность муки не регламентируется стандартами, этот показатель имеет существенное значение для характеристики свежести муки и технологических особенностей ее использования в мучных полуфабрикатах, особенно при химическом способе их разрыхления. Так, для фасолевой муки выявлена достаточно высокая кислотность ( $13,6 \pm 0,2$ ) град, которая в 4,5 раза превышала значение аналогичного показателя пшеничной муки высшего сорта. Такая кислотность бобовой муки обусловлена значительным содержанием аминокислот, органических кислот (яблочной, малоновой, лимонной), кислых солей и, скорее всего, потребует корректировки количества химических разрыхлителей при замесе теста.

Несмотря на более высокое содержание белка в фасоли по сравнению с зерном пшеницы, клейковина из фасолевой муки не отмывалась. Однако бобовая мука содержит больше водорастворимых белков, за счет чего обладает повышенной щелочеудерживающей способностью и более низким значением седиментационного осадка по сравнению с пшеничной мукой, что положительно повлияет на образование кондитерского теста вязко-пластичной и жидкой консистенции.

Таким образом, при анализе органолептических и физико-химических свойств исследуемой односортной фасолевой муки выявлено, что она отличается пониженной влажностью, повышенной зольностью, кислотностью и ферментной активностью, а также отсутствием клейковины и преобладанием водорастворимых белков, что и предопределяет особенности ее использования в мучных кондитерских изделиях из вязко-пластичного и слабоструктурированного теста. Следует отметить, что снижение ферментной активности фасолевой муки при производстве мучных кондитерских изделий даже и не требуется, так как это может положительно повлиять на пластичность или текучесть некоторых видов кондитерского теста, например, песочного или бисквитного.

Для характеристики пищевой ценности 100 г односортной фасолевой муки установлено содержание в ней белков в количестве 21,8 г, жиров – 0,7 г, усвояемых углеводов – 58,0 г. Энергетическая ценность полученной фасолевой муки – 326 ккал (1364 кДж) на 100 г продукта, что на 2,5 % ниже калорийности пшеничной муки высшего сорта (334 ккал) и сопоставимо с мукой пшеничной второго сорта (324 ккал).

Поскольку, как рассматривалось выше, измельчение фасоли не позволяет получить сортовую муку, а односортная мука содержит большое количество оболочек, что впоследствии может сказаться на свойствах теста и качестве мучных изделий из него, далее нами был изучен процесс взаимодействия фасолевой муки с водой. Для этого из теста, приготовленного из смеси муки пшеничной высшего сорта М54-28 и односортной фасолевой муки, отмывали клейковину и измеряли ее сопротивляемость деформации сжатия на приборе ИДК (рис. 4). Количество фасолевой муки в смеси изменялось от 0 до 25 % с интервалом 5 %.



**Рис. 4.** Влияние фасолевой муки на количество и качество клейковины пшеничного теста

**Fig.4.** Influence of bean flour on the quantity and quality of wheat dough gluten

Отмечено, что упругие свойства клейковины пшеничного теста, приготовленного с добавлением фасолевой муки, существенно не изменялись, а содержание клейковины в тесте со-

кратилось в 1,3 раза при внесении 25 % бобовой муки. Этот эффект также подходит для получения вязко-пластичного (например, песочного) или слабоструктурированного (бисквитного) теста.

При исследовании влияния фасолевого муки на автолитическую активность мучных смесей (рис. 5) выявлено, что количество фасолевого муки в смеси с пшеничной не должно превышать 25 %, чтобы количество водорастворимых веществ не превышало нормируемого значения, в частности, не более 30 % для пшеничной муки [23].

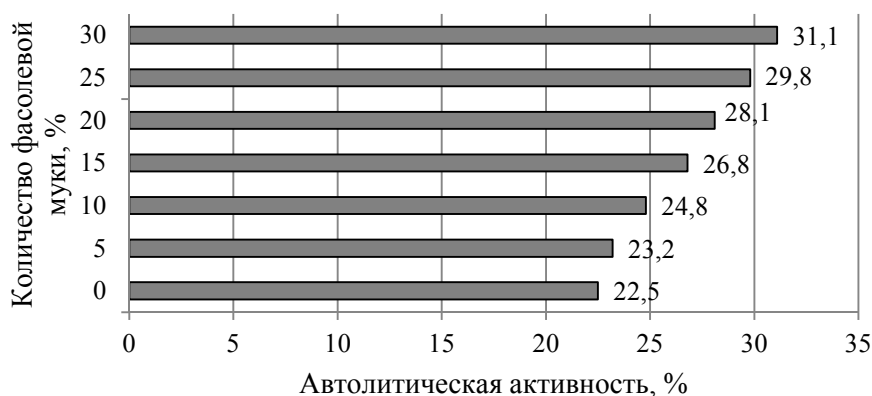


Рис. 5. Влияние фасолевого муки на автолитическую активность мучных смесей

Fig. 5. Influence of bean flour on autolytic activity of flour mixtures

Дальнейшее исследование технологических свойств фасолевого муки проводили в направлении изучения ее пенообразующих (рис. 6) и эмульгирующих свойств (рис. 7).

Пену получали взбиванием сахара и яйца (в соотношении 1:1), а эмульсию – интенсивным перемешиванием 70 %-ного сахарного раствора, растительного масла и яйца, взятых в равных количествах, до однородной нерасслаивающейся массы. Фасоловую муку вносили в пену или в эмульсию взамен 0–100 % яйца (по сухим веществам) с интервалом 25 %. Разность влажности яйца и фасолевого муки компенсировали внесением расчетного количества воды.

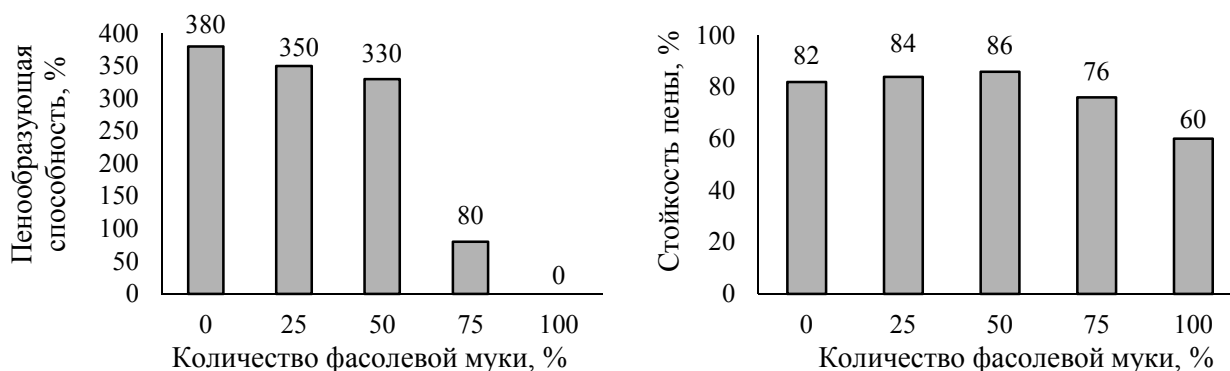
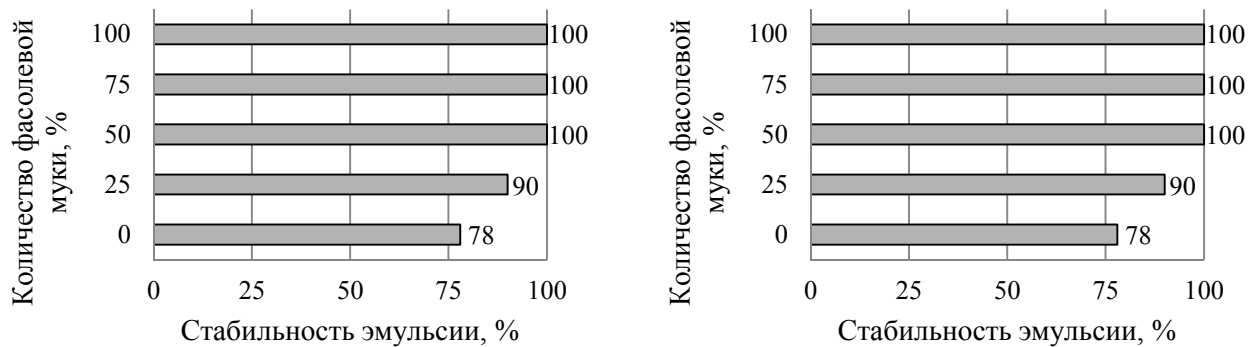


Рис. 6. Влияние фасолевого муки на процесс пенообразования

Fig. 6. Influence of bean flour on the foaming process

Как видно из рис. 6, внесение фасолевого муки в количестве от 0 до 50 % незначительно снижало объем пены (в 1,15 раза) и одновременно увеличивало ее стойкость (в 1,05 раза). Это объясняется образованием белково-полисахаридных комплексов, упрочняющих оболочки пузырьков пены, что приводит к более продолжительной фиксации пены [25–29]. Увеличение доли фасолевого муки более 50 % взамен яйца ухудшало процесс пенообразования из-за резкого повышения вязкости смеси.



**Рис. 7.** Влияние фасолевой муки на процесс эмульгирования

**Fig. 7.** Influence of bean flour on the emulsification process

Добавление фасолевой муки в эмульсию (рис. 7) привело к улучшению стабильности полуфабриката, что, по-видимому, связано со способностью белковых веществ и пищевых волокон фасоли адсорбировать жир. Но вместе с тем нарастание плотности эмульсии ограничило количество добавляемой фасолевой муки до 50 % взамен яйца, лецитин которого выполняет функцию природного эмульгатора.

На основании изучения тестообразующих, пенообразующих и эмульгирующих свойств фасолевой муки, обусловленных высоким содержанием водорастворимых белков и сапонинов, рекомендовано ее использование в мучных кондитерских изделиях как крупнопористой (например, бисквиты), так и мелкопористой структуры (кекс, песочный полуфабрикат).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате исследования органолептических, физико-химических и функциональных свойств семян продовольственной фасоли различных сортов образцов и продукта их переработки в виде фасолевой муки выявлено, что:

- семена фасоли Купеческая (страна происхождения – Кыргызстан) и Белая (Эфиопия) по органолептическим показателям, крупности, выполненности и выровненности семян, полноценности химического состава и пищевой ценности наиболее подходят для получения муки;
- особенности анатомического строения и химического состава изучаемых семян фасоли позволяют получить только односортовую муку с выходом 80 %;
- для улучшения органолептических показателей и инактивации антипитательных веществ фасоли рекомендованы режимы гидротермической обработки семян перед помолом;
- фасолевая мука, полученная по разработанной технологии, отличается пониженной влажностью, повышенной зольностью, крупностью, кислотностью и ферментной активностью, а также отсутствием клейковины и преобладанием водорастворимых белков, что подходит для получения кондитерского теста вязко-пластичной и жидкой консистенции;
- белки и пищевые волокна фасолевой муки положительно влияют на упруго-пластичные свойства кондитерского теста, а также улучшают устойчивость пены и стабильность эмульсии, что может быть использовано при получении бисквитного и песочного теста;
- рекомендовано использование фасолевой муки взамен 10–25 % пшеничной муки и 25–50 % яйцепродуктов (по сухим веществам) при изготовлении песочного и бисквитного полуфабрикатов;
- полученные результаты исследований расширяют и дополняют имеющиеся в литературе [4–17, 20–23] теоретические сведения и практические рекомендации по использованию фасолевой муки в технологии мучных кондитерских изделий.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Казаков, Е. Д. *Зерноведение с основами растениеводства*. – М.: Колос, 1983. – 352 с.
- 2 Кевра, М. К. *Растения против радиации*. Минск: Вышэйшая школа, 1993. – 350 с.
- 3 Фасоль продовольственная. Технические условия: ГОСТ 7758–75. – Введ. 01.01.76. – М.: Стандарт-информ, 2010. – 8 с.
- 4 Химический состав и энергетическая ценность зерна различных сортообразцов фасоли обыкновенной / Н. О. Костикова, М. П. Мирошникова // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2018. – № 4 (28). – С. 38–42.
- 5 Сериккызы, М. С. Изучение пищевых и химических составов бобовых продуктов: горох, фасоль, соя / М. С. Сериккызы, К. Кызыр // *Инновации в науке*. – 2016. – № 7 (56). – С. 110–114.
- 6 Асадова, А. И. Бобовые как альтернативный источник белка в повседневном рационе человека / А. И. Асадова // *Знание*. – 2016. – № 6–1 (35). – С. 30–36.
- 7 Шпаар, Д. *Зернобобовые культуры* / Д. Шпаар, Ф. Эллмер, А. Постников, Г. Тарануха. – Минск.: ФУАинформ, 2000. – 312 с.
- 8 Михеева, Ю. Д. Фасоль: производство, классификация, пищевая ценность / Ю. Д. Михеева, Е. Н. Молчанова // *Инновационные технологии в общественном питании: научно-практическая конференция, Москва, 01 ноября 2015 г.* – М.: ФГБОУ ВПО «МГУПП», 2015. – С. 152–157.
- 9 Койилова, М. Д. Фасоль как лечебное средство (обзор литературы) / М. Д. Койилова, И. Д. Кароматов // *Биология и интегративная медицина*. – 2017. – № 8. – С. 114–133.
- 10 Ерашова, Л. Д. Продукты питания на основе зерновой фасоли / Л. Д. Ерашова, Г. Н. Павлова, К.К. Кашкарова // *Пищевая промышленность*. – 2010. – № 2. – С. 48–49.
- 11 Рукшан, Л. В. Перспективы использования галеги и фасоли в крупяной промышленности / Л. В. Рукшан, Д. А. Кудин // *Технология крупяных продуктов вчера, сегодня, завтра: научно-практическая конференция, Москва, ГОУИПО «МГУПП», 18-20 декабря 2007 г.* – М.: Издательский комплекс МГУПП, 2007. – С. 54–56.
- 12 Корячкина, С. Я. Применение муки из семян бобовых культур для повышения пищевой ценности хлеба из пшеничной муки / С. Я. Корячкина, Р. С. Музалевская, Н. А. Батурина // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2005. – № 12. – С. 56–57.
- 13 Кириева, Т. Г. Натуральные добавки в технологии хлеба / Т. Г. Кириева, Н. Н. Гатько // *Известия вузов. Пищевая технология*. – 2008. – № 4. – С. 59–61.
- 14 Чижикова, О. Г. Возможность повышения биологической ценности пшеничного хлеба с помощью использования семян фасоли / О. Г. Чижикова, Т. К. Каленик, Е. С. Смертина, О. В. Павлова // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2009. – № 5. – С. 67–69.
- 15 Русина, И. М. О возможности применения муки из фасоли и гороха в хлебопечении / И. М. Русина, А. Ф. Макаричков, Т. П. Троцкая, Ю. В. Мистюк, С. С. Ковалевская // *Пищевая промышленность: наука и технологии*. – 2012. – № 4 (18). – С. 22–27.
- 16 Батурина, Н. А. Влияние добавок муки бобовых культур на формирование качества хлеба из пшеничной муки: автореф. дисс. канд.техн.наук. – СПб, 2006. – 20 с.
- 17 Горбатовская, Н. А. Влияние добавок муки бобовых культур на физические свойства пшеничного теста / Н. А. Горбатовская, Н. Ж. Муслимов, Г. Б. Джумабекова // *Молодой ученый*. – 2015. – № 6. – С. 141–143.
- 18 Рукшан, Л. В. Мука из зернобобовых культур – перспективное сырье для мучных изделий // *Перспективы развития кондитерской промышленности: материалы IV Республиканского научно-практического семинара, 27–28 ноября 2014 г., Могилев / Могилевский государственный университет продовольствия; редкол.: Е.С. Новожилова (отв.ред.) [и др.]. – Могилев: МГУП, 2014. – 60 с. – С. 48–51.*
- 19 Кудин, Д. А. Инновационные технологии производства хлебобулочных изделий с использованием бобовых культур / Д. А. Кудин, Л. В. Рукшан, Е. С. Новожилова // *Наука – главный фактор инновационного прорыва в пищевой промышленности: Сборник научных трудов юбилейного форума, посвященного 85-летию со дня основания ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности» (23–24 ноября 2017 г.)*. / Отв. ред. д.т.н. Мартиросян В.В. – М.: Издательский комплекс «Буки веда». – 2017. – 280 с. – С. 109–111.
- 20 Молчанова, Е. Н. Перспективы использования семян бобовых культур в технологии полуфабрикатов для мучных кондитерских изделий / Е. Н. Молчанова, М. Г. Шипарева // *Вопросы питания*. – 2016. – Т. 85, № 52. – С. 206.
- 21 Молчанова, Е. Н. Анализ вкусовых достоинств мучных кондитерских изделий, обогащенных ингредиентами из зернобобовых культур / Е. Н. Молчанова, И. Д. Щеголева // *Кондитерское производство*. – 2017. – № 2. – С. 6–9.
- 22 Шамкова, Н. Т. Влияние комбинированных добавок на реологические свойства фасолевого пюре / Н.Т. Шамкова, Н. Г. Колесникова // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2010. – № 9. – С. 38–39.
- 23 Царева, Н. И. Бобовые в технологии продуктов питания со взбивной структурой [Использование гороховой и фасолевого муки в качестве пенообразователей]: монография / Н. И. Царева, Е. Н. Артомова. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», 2014. – 132 с.
- 24 Лабораторный практикум по общей технологии пищевых производств: учебное пособие для студентов-технологов пищевых вузов / под ред. Л.П. Ковальской. – М.: Агропромиздат, 1991. – 335 с.
- 25 Зубченко, А. В. *Физико-химические основы технологии кондитерских изделий*. – Воронеж, Воронеж. гос. техн. академия, 1997. – 416 с.

- 26 Новожилова, Е.С. Использование фасоли в отрасли хлебопродуктов / Е.С. Новожилова, Л.В. Рукшан // Юбилейная научная конференция с международным участием «Хранительная наука, техника и технологии 2013», Пловдив, 18–19 октября, 2013, Университет по хранительным технологиям; редкол.: К. Динков (отв. ред.), П. Денев [и др.]. – Пловдив: Полиграфюг, 2013. – Том LX (60). – Св.1. – 187 с. – С. 80–83.
- 27 Поддубская, В. Н. Качественная характеристика фасоли / В.Н. Поддубская, Л.В. Рукшан // Материалы XV междунар. науч.-практ. конф. (г. Гродно, 16 мая 2014 г.); редкол.: В.В. Пешко (отв. ред.) [и др.] – Гродно: Издательско-полиграфический центр УО «ГГАУ», 2014. – 178 с. – С. 109–111.
- 28 Рукшан, Л. В. Технологические свойства семян зернобобовых культур как сырья для мучных кондитерских изделий / Л.В. Рукшан, Е.С. Новожилова, Д.А. Кудин // Вестник МГУП. – № 2 (23). – 2017. – С. 38–43.
- 29 Новожилова, Е. С. Исследование возможности использования фасоловой муки в производстве бисквитного полуфабриката / Е.С. Новожилова, Л.В. Рукшан // Инновационное развитие пищевой, легкой промышленности и индустрии гостеприимства: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 55-летию Алматинского технологического университета (12–13 октября 2012 г.); редкол.: Т.К. Кулажанов (отв. ред.) [и др.]. – Алматы: АТУ, 2012. – 628 с. – С. 299–301.

*Поступила в редакцию 03.06.2019 г.*

#### **ОБ АВТОРАХ:**

**Людмила Викторовна Рукшан**, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры технологии хлебопродуктов, Могилевский государственный университет продовольствия, e-mail: rukshanludmila@mgup.by

**Елена Сергеевна Новожилова**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии хлебопродуктов, Могилевский государственный университет продовольствия, Могилев, Беларусь, e-mail: novojilova@mgup.by

#### **ABOUT AUTHORS:**

**Lyudmila V. Rukshan**, PhD (Engineering), Associate Professor, Professor of the Department of Grain Products Technology, Mogilev State University of Food Technologies, e-mail: rukshanludmila@mgup.by

**Alena S. Navazhylava**, PhD (Engineering), Associate Professor of the Department of Grain Products Technology, Mogilev State University of Food Technologies, e-mail: novojilova@mgup.by