

УДК 664.696.9

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-5-240-245

Василий Викторович Матюшев^{1✉}, Анна Сергеевна Миржигот²,
Александр Викторович Семенов³, Ирина Александровна Чаплыгина⁴

^{1,2,3,4}Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

¹matyushe@yandex.ru

²t.tasha@list.ru

³semenov02101960@mail.ru

⁴ledum_palustre@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТЕКСТУРИРОВАННОЙ МУКИ

Цель исследования – снижение энергетических затрат на производство текстурированной муки путем оптимизации технологии ее производства. Задачи: разработать конструктивно-технологическую схему производства текстурированной муки и оценить ее технико-экономическую эффективность. Объект исследования – технологическая линия производства текстурированной муки из зерна пшеницы. Исследования проводились в Инжиниринговом центре ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ. Производство муки осуществлялось по двум технологиям, отличающихся тем, что после очистки зерно либо экструдировали, либо предварительно увлажняли и отволаживали с использованием разработанного и запатентованного устройства для переработки зерна, а затем экструдировали. Полученные экструдаты измельчали до получения текстурированной муки. Ее анализ показал изменение пищевой ценности. Отмечено увеличение содержания белка, крахмала и жиров на 4,7 %, 1,4 и 29,4 % соответственно, снижение содержания сахаров – на 13,8 % и клетчатки – на 22,5 % при использовании предварительного отволаживания зерна. На основе оборудования, используемого в производстве, с учетом всех этапов переработки сырья был проведен анализ затрат энергии на производство текстурированной муки. Оценка энергетических потоков использовали для обоснования эффективности и целесообразности ее производства. Для оценки энергетической эффективности производства использовался показатель энергетического дохода E (МДж/кг), показывающий разницу между энергией, заключенной в полученном продукте, и суммарными затратами энергии, вложенной в производство текстурированной муки на этапах очистки зерна, увлажнения и отволаживания, экструдирования и измельчения. Затраты на производство текстурированной муки в технологии без предварительного увлажнения и отволаживания зерна составили 3,72 МДж/кг, с предварительным увлажнением и отволаживанием – 3,73 МДж/кг, вместе с тем энергетический доход в предлагаемой технологии увеличился и составил 8,81 МДж/кг, по сравнению с исходной – 8,34 МДж/кг.

Ключевые слова: текстурированная мука, зерно пшеницы, очистка, увлажнение, отволаживание, экструдирование, измельчение, энергетический доход

Для цитирования: Совершенствование технологии производства текстурированной муки / В.В. Матюшев [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 5. С. 240–245. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-5-240-245.

Vasily Viktorovich Matyushev^{1✉}, Anna Sergeevna Mirzhigot², Alexander Viktorovich Semenov³,
Irina Alexandrovna Chaplygina⁴

^{1,2,3,4}Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

¹matyushe@yandex.ru

²t.tasha@list.ru

³semenov02101960@mail.ru

⁴ledum_palustre@mail.ru

IMPROVEMENT OF TEXTURED FLOUR PRODUCTION TECHNOLOGY

The purpose of the study is to reduce energy costs for the production of textured flour by optimizing the technology of its production. Tasks: to develop a constructive and technological scheme for the production of textured flour and evaluate its technical and economic efficiency. The object of research is a technological line for the production of textured flour from wheat grain. Research was carried out at the Engineering Center of the FSBEI HE Krasnoyarsk State Agrarian University. Flour production was carried out according to two technologies, differing in that after cleaning, the grain was either extruded or pre-moistened and softened using a developed and patented grain processing device, and then extruded. The obtained extrudates were ground to obtain a textured flour. Its analysis showed a change in nutritional value. There was an increase in the content of protein, starch and fat by 4.7 %, 1.4 and 29.4 %, respectively, a decrease in the content of sugars – by 13.8 % and fiber – by 22.5 % when using preliminary grain conditioning. Based on the equipment used in production, taking into account all stages of processing of raw materials, an analysis of energy costs for the production of textured flour was carried out. The assessment of energy flows was used to justify the efficiency and feasibility of its production. To assess the energy efficiency of production, the energy income indicator E (MJ/kg) was used, showing the difference between the energy contained in the resulting product and the total energy costs invested in the production of textured flour at the stages of grain cleaning, moisturizing and tempering, extrusion and grinding. The cost of producing textured flour in the technology without pre-moistening and tempering of the grain amounted to 3.72 MJ/kg, with pre-moistening and tempering – 3.73 MJ/kg, at the same time, the energy income in the proposed technology increased and amounted to 8.81 MJ/kg. kg, compared with the original – 8.34 MJ/kg.

Keywords: textured flour, wheat grain, cleaning, moisturizing, softening, extruding, grinding, energy income

For citation: Improvement of textured flour production technology / V.V. Matyushev [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(5): 240–245. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-5-240-245.

Введение. Продукты питания, полученные в процессе переработки зерновых культур, являются основой питания человека. Около одной третьей части суточной нормы потребления пищи удовлетворяется хлебобулочными изделиями, крупами и другими продуктами, имеющими в своем составе зерновые компоненты [1]. Совершенствование существующих и поиск новых технологий переработки зерновых культур является актуальной задачей. Одним из способов направленного изменения физико-механических и биохимических свойств зерна является экструдирование [2, 3].

В настоящее время широкое распространение нашли две основные технологии получения экструдатов. Без предварительного кондиционирования зерна – «сухое» экструдирование – отличается простотой технологического процесса и экономичностью. Вторая технология предусматривает предварительную подготовку зерна к экструзии методом холодного или горячего кондиционирования, что позволяет более эффективно вести технологический процесс [4].

В производстве наибольшее распространение нашел второй способ, предусматривающий холодное кондиционирование. Недостатками,

снижающими эффективность кондиционирования, является значительная материалоемкость и продолжительность отволаживания зерна. В связи с этим актуальными являются исследования, направленные на снижение энергетических затрат за счет оптимизации машин и оборудования, входящих в технологическую линию производства текстурированной муки.

Цель исследования – снижение энергетических затрат на производство текстурированной муки путем оптимизации технологии ее производства.

Задачи: разработать конструктивно-технологическую схему производства текстурированной муки и оценить ее технико-экономическую эффективность.

Объект и методы. Объектом исследования является технология производства текстурированной муки из зерна пшеницы. Экспериментальные исследования проводились в ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ на базе Инжинирингового центра.

Текстурированную муку получали по двум технологиям: из нативной пшеницы влажностью 8,5–9 % (без предварительного увлажнения и отволаживания); из пшеницы, прошедшей пред-

варительное увлажнение и отволаживание (отлежку) до влажности 15–16,5 % в соответствии с рекомендациями [5, 6] с использованием устройства для переработки зерна [7].

Гидротермическую обработку зерна проводили способом холодного кондиционирования. Увлажняли зерно расчетным количеством воды с температурой 18–20 °С по методике, изложенной в [4]. Отбор проб зерна и текстурированной муки, анализ влажности проводили согласно действующей нормативной документации [8–10]. Биохимические показатели текстурированной муки, полученной по различным технологиям, определяли в научно-исследовательском испытательном центре Красноярского ГАУ. Для определения технико-экономической эффективности сравниваемых технологий за критерий оценки принят показатель энергетического дохода E (МДж/кг) показывающий разницу между энергией, содержащейся в муке, E_1 и энергией, вложенной в технологический процесс ее производства, E_2 за время работы t , ч [11]:

$$E = (E_1 - E_2)t. \quad (1)$$

Энергия, содержащаяся в текстурированной муке (E_1), рассчитывается исходя из ее биохимических показателей. Энергия, вложенная в технологический процесс производства текстурированной муки (E_2), рассчитывается как сумма затрат совокупной энергии переносимой основными средствами производства $Q_{o.c.n.}$, электрической энергии $Q_{э.э.}$, трудовыми ресурсами $Q_{т.р.}$, МДж/кг:

$$E_2 = Q_{o.c.n.} + Q_{э.э.} + Q_{т.р.} \quad (2)$$

Совокупную энергию, переносимую основными средствами производства, определяли по формуле

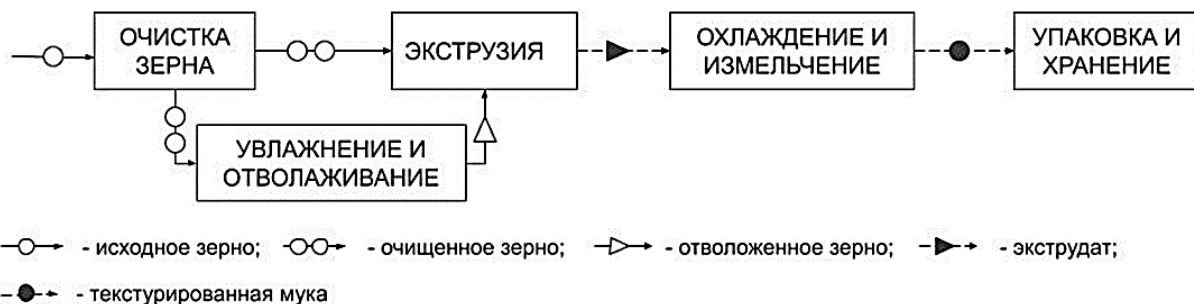


Рис. 1. Схема технологического процесса производства текстурированной муки

$$Q_{o.c.n.} = \sum L_i \cdot t \cdot m_i, \quad (3)$$

где L_i – энергетический эквивалент i машины, МДж/ч на 1 кг массы машины; t – время работы машины, ч; m_i – масса i машины (оборудования), кг.

Энергосодержание расходуемой электрической энергии определяли по формуле [12]

$$Q_{э.э.} = \Xi_{э(эл.э)} \cdot \Xi_э, \quad (4)$$

где $\Xi_{э(эл.э)}$ – энергетический эквивалент 1 кВт·ч электрической энергии, МДж/(кВт·ч); $\Xi_э$ – суммарное потребление электрической энергии технологической линией, кВт·ч.

$$\Xi_э = (\Pi \cdot N) \kappa, \quad (5)$$

где Π – количество машин в технологической линии, шт.; N – установленная мощность единичной машины, кВт; κ – коэффициент использования мощности, $\kappa = 0,8$.

Энергосодержание затрат трудовыми ресурсами определяли по формуле

$$Q_{т.р.} = \Xi_{э(т.р.)} \cdot t, \quad (6)$$

где $\Xi_{э(т.р.)}$ – энергетический эквивалент трудовых ресурсов, МДж/чел·ч; t – время работы технологической линии, ч.

Результаты и их обсуждение. Технология производства текстурированной муки включает этапы очистки зерна от примесей, увлажнения и отволаживания и экструдирования зерна, охлаждения и измельчения экструдата, фасовки и упаковки текстурированной муки (рис. 1).

Перечень и характеристики оборудования, используемого в линиях производства текстурированной муки без и с предварительным кондиционированием, представлены в таблице.

Перечень оборудования линии производства текстурированной муки

Этап производства	Наименование	Марка	Кол-во, ед.	Установленная мощность, кВт	Масса, кг
Очистка зерна	Нория	НЗ-3	3	1,1	280
	Бункер	БГП-5	2	–	400
	Дозатор	УРЗ-1	2	0,28	40
	Воздушный сепаратор	МС4/2 «Алмаз»	1	2,2	150
	Триер куколеотборник	АЗТБ07.800	1	2,2	506
	Триер овсюгоотборник	АЗТБ07.800	1	2,2	508
	Магнитный сепаратор	У1-БМЗ-01	1	–	5,2
	Обоечная машина	СИГ-3010	1	5,5	560
	Пневмосепарирующее устройство	УПС-06	1	1,35	450
Увлажнение и отволаживание зерна	Нория	НЗ-3	1	1,1	280
	Устройство для переработки зерна	Пат. 201660	1	1,5	260
Экструдирование, охлаждение, измельчение эктрудата, упаковка текстурированной муки	Шнековый транспортер	ЭШ-12/380	2	1,1	65
	Экструдер	ЭК-100	1	11,12	250
	Отсекатель стренга эктрудата	–	1	0,75	15
	Охладитель	СО-1	1	1,1	283
	Молотковая дробилка	«МОЛОТ 200»	1	1,1	30
	Машина фасовочно-упаковочная	МФДШ НОТИС-1,0	1	1,2	80
	Компрессор	ДК-1800/50	1	1,8	33

Используя технические характеристики оборудования представленного в таблице, в соответствии с методикой расчета энергии, затраченной на процесс производства текстурированной муки из нативной пшеницы без предварительного кондиционирования, затрачено 3,72 МДж/кг, с предварительным кондиционированием на разработанном и запатентованном устройстве для переработки зерна – 3,73 МДж/кг.

Химический состав и энергетическая ценность текстурированной муки из нативного и отволаженного зерна представлены на рисунке 2.

Из данных, представленных на рисунке 2, видно, что в текстурированной муке, полученной

из зерна, прошедшего предварительное отволаживание, по сравнению с нативным количество белка увеличилось с 12,03 до 12,59 %; крахмала – с 62,40 до 63,24; жира – с 0,92 до 1,19 %; одновременно количество клетчатки снизилось с 2,93 до 2,27 %, сахара – с 1,59 до 1,37 %. Энергетическая ценность продукта возросла с 12,26 до 12,54 МДж/кг.

Несмотря на увеличение затрат на производство в технологии с отволаживанием зерна по сравнению с технологией без отволаживания с 3,72 до 3,73 МДж/кг, энергетический доход увеличился с 8,54 до 8,81 МДж/кг.

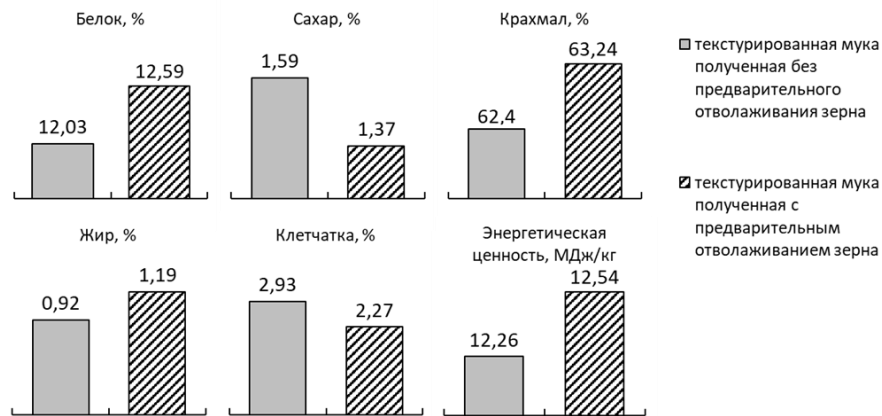


Рис. 2. Химический состав и энергетическая ценность текстурированной муки из нативного и отволаженного зерна

Заключение. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о качественном изменении химического состава текстурированной муки, произведенной из зерна пшеницы, прошедшего предварительное увлажнение и отволаживание. Содержание белка в текстурированной муке при использовании отволаживания возросло на 4,7 %; крахмала – на 1,4; жира – на 29,4 %, вместе с тем содержание клетчатки снизилось на 22,5 %, сахара – на 13,8 %.

Энергетический доход в технологии с отволаживанием зерна по сравнению с технологией без отволаживания увеличился с 8,54 до 8,81 МДж/кг.

Список источников

1. Филатов О.К. Гуманитас. Humanitas. Т. 3. История российской пищевой промышленности. М.: МГУТУ, 2006. 272 с.
2. Чаплыгина И.А., Матюшев В.В. Совершенствование технологии производства муки из экструдата // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2019. С. 166–168.
3. Чаплыгина И.А., Матюшев В.В. Совершенствование технологии получения хлеба с использованием муки из экструдата // Проблемы современной аграрной науки: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2018. С. 200–202.
4. Демский А.Б., Веденьев В.Ф. Оборудование для производства муки, крупы и комбикормов: справочник. М.: ДеЛипринт, 2005. 760 с.
5. Личко Н.М. Технология переработки продукции растениеводства. М.: Колос, 2000. 552 с.
6. Исследование влияния влажности зерна на процесс экструзии и качество готовой продукции / В.В. Матюшев [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2022. № 7. С. 228–234.
7. Пат. 201660 Российская Федерация, МПК В02В 1/04. Устройство для переработки зерна / В.В. Матюшев, А.В. Семенов, И.А. Чаплыгина, А.С. Миржигот, Н.В. Мясов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ (RU). № 2020114261; заявл. 07.04.20; опубл. 28.12.2020, Бюл. № 1. 6 с.
8. ГОСТ 13586.3-2015. Зерно. Правила приемки и методы отбора проб. Введ. 01.07.2016. М.: Стандартинформ, 2019. 14 с.
9. ГОСТ 27668-88 Мука и отруби. Приемка и методы отбора проб Введ. 30.06.1989. М.: Стандартинформ, 2019. 5 с.
10. ГОСТ 13586.5-2015. Зерно. Методы определения влажности. Введ. 01.07.2016. М.: Стандартинформ, 2019. 17 с.
11. Матюшев В.В. Энергосберегающая технология и технические средства производства растительных, экологически безопасных кормов в условиях Красноярского края: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Красноярск: 2005. 36 с.
12. Солонщиков П.Н. Оценка биоэнергетической эффективности разработанной установки для приготовления жидких кормовых смесей // Вестник КГИЭИ. 2021. № 8 (123). С. 33–43.

References

1. *Filatov O.K.* Gumanitas. Humanitas. T. 3. Istoriya rossijskoj pischevoj promyshlennosti. M.: MGUTU, 2006. 272 s.
2. *Chaplygina I.A., Matyushev V.V.* Sovershenstvovanie tehnologii proizvodstva muki iz `ekstrudata // Nauka i obrazovanie: opyt, problemy, perspektivy razvitiya: mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2019. S. 166–168.
3. *Chaplygina I.A., Matyushev V.V.* Sovershenstvovanie tehnologii polucheniya hleba s ispol'zovaniem muki iz `ekstrudata // Problemy sovremennoj agrarnoy nauki: mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2018. S. 200–202.
4. *Demskij A.B., Veden'ev V.F.* Oborudovanie dlya proizvodstva muki, krupy i kombikormov: spravochnik. M.: DeLiprint, 2005. 760 s.
5. *Lichko N.M.* Tehnologiya pererabotki produkci rastenievodstva. M.: Kolos, 2000. 552 s.
6. Issledovanie vliyaniya vlazhnosti zerna na process `ekstruzii i kachestvo gotovoy produkci / *V.V. Matyushev* [i dr.] // Vestnik KrasGAU. 2022. № 7. S. 228–234.
7. Pat. 201660 Rossijskaya Federaciya, MPK V02V 1/04. Ustrojstvo dlya pererabotki zerna / *V.V. Matyushev, A.V. Semenov, I.A. Chaplygina, A.S. Mirzhigot, N.V. Myasov*; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO Krasnoyarskij GAU (RU). № 2020114261; zayavl. 07.04.20; opubl. 28.12.2020, Byul. № 1. 6 s.
8. GOST 13586.3-2015. Zerno. Pravila priemki i metody otbora prob. Vved. 01.07.2016. M.: Standartinform, 2019. 14 s.
9. GOST 27668-88 Muka i otrubi. Priemka i metody otbora prob Vved. 30.06.1989. M.: Standartinform, 2019. 5 s.
10. GOST 13586.5-2015. Zerno. Metody opredeleniya vlazhnosti. Vved. 01.07.2016. M.: Standartinform, 2019. 17 s.
11. *Matyushev V.V.* `Energoberegayuschaya tehnologiya i tehicheskie sredstva proizvodstva rastitel'nyh, `ekologicheski bezopasnyh kormov v usloviyah Krasnoyarskogo kraja: avtoref. dis. ... d-ra tehn. nauk. Krasnoyarsk: 2005. 36 s.
12. *Solonschikov P.N.* Ocenka bio`energeticheskoy `effektivnosti razrabotannoy ustanovki dlya prigotovleniya zhidkih kormovyh smesej // Vestnik KGI`EI. 2021. № 8 (123). S. 33–43.

Статья принята к публикации 24.03.2023 / The article accepted for publication 24.03.2023.

Информация об авторах:

Василий Викторович Матюшев¹, заведующий кафедрой товароведения и управления качеством продукции АПК, доктор технических наук, профессор

Анна Сергеевна Миржигот², аспирант кафедры товароведения и управления качеством продукции АПК

Александр Викторович Семенов³, доцент кафедры механизации и технического сервиса в АПК, кандидат технических наук,

Ирина Александровна Чаплыгина⁴, доцент кафедры товароведения и управления качеством продукции АПК, кандидат биологических наук, доцент

Information about the authors:

Vasily Viktorovich Matyushev¹, Head of the Department of Commodity Research and Quality Management of Agricultural Products, Doctor of Technical Sciences, Professor

Anna Sergeevna Mirzhigot², Postgraduate Student at the Department of Commodity Science and Quality Management of Agricultural Products

Alexander Viktorovich Semenov³, Associate Professor at the Department of Mechanization and Technical Service in the Agroindustrial Complex, Candidate of Technical Sciences,

Irina Alexandrovna Chaplygina⁴, Associate Professor at the Department of Commodity Science and Product Quality Management of the Agroindustrial Complex, Candidate of Biological Sciences, Docent