

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО И РЕОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОЛБЯНОЙ МУКИ В ХЛЕБОПЕЧЕНИИ

Меркурьев Николай Владимирович, аспирант кафедры Технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: merkurevzoom@yandex.ru

Харитоновна Полина Сергеевна, ассистент кафедры Управления качеством и товароведения продукции, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: polina.kharitonova@rgau-msha.ru

Нугманов Альбер Хамед-Харисович, д-р техн. наук, профессор кафедры Технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: nugmanov@rgau-msha.ru

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Россия, Москва, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Аннотация: статья содержит результаты физико-химических и реологических исследований опытных и контрольных образцов хлеба.

Ключевые слова: полбяная мука, пшеничная мука, показатели влажности, титруемой кислотности, пористости и эластичности мякиша, пластическая деформация, упругая деформация.

Пшеница – наиболее широко потребляемое продовольственное зерно в мире [1-3]. Пшеничная мука является важнейшим ингредиентом домашней выпечки и основой почти всех промышленных хлебобулочных изделий за счет высокой способности к удержанию углекислого газа в среде вязкоупругого теста [4]. Однако известно, что белковые фракции проламинов и глютенинов пшеницы, представленные в муке пшеницы глиадинами и глютенинами, соответственно, способны вызывать как IgE-опосредованную, так и не IgE-опосредованную пищевую аллергию [1, 5-8]. Более здоровой альтернативой пшеничной муки с высокой пищевой ценностью является полбяная мука. Полбяная мука имеет высокое содержание белка ($15,17 \pm 1,13$), липидов ($5,3 \pm 0,45$) и благоприятный профиль различных пищевых веществ по сравнению с пшеницей [9-16].

Целью исследования является оценка физико-химических и реологических показателей хлеба в контрольных и опытных образцах.

Материалы и методы исследования. Все исследования проводились на кафедре Управления качеством и товароведения продукции ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.

Тимирязева».

Объектами исследования служили подовый пшеничный хлеб, подовый полбяной хлеб, изготовленные согласно ГОСТ 27669-88 «Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба», и опытные образцы – пшеничный хлеб с различными массовыми долями полбяной муки.

Показатели влажности определяли по ГОСТ 9404-88 «Мука и отруби. Метод определения влажности». Титруемую кислотность мякиша определяли по ускоренному методу, согласно ГОСТ 5670-96 «Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности». Пористость контрольного и опытных образцов – ГОСТ 5669-96 «Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости».

Для определения эластичности мякиша контрольных и опытных образцов была применена методика, разработанная д.т.н. Черных В.Я. – «Определение деформационных характеристик мякиша хлеба». Исследования проводили при следующих параметрах работы: температура образцов – $21,0 \pm 0,6$ °С, индентор – цилиндр 36 мм. Стадия перемещения индентора до контакта с пробой продукта: скорость – 0,5 мм/с; усилие – 7,0 г. Стадия внедрения: скорость перемещения сохранялась – 0,5 мм/с; максимальное усилие – 500,0 г. Стадия извлечение индентора осуществлялась с показателями равными значениями на стадии перемещения.

Обсуждение результатов исследования. С точки зрения использования муки полбы в хлебобулочных изделиях большой интерес представляет исследование реологических свойств теста. Утверждается, что мука из полбы образует тесто с меньшей стабильностью, меньшей эластичностью и более высокой растяжимостью, чем пшеничная мука. Это оправдано, поскольку в реологических свойствах клейковины полбы преобладают глиадины, а в клейковине мягкой пшеницы – глютенины, что приводит к формированию более липкой текстуры теста после замеса [15-18]. Кроме того, высокое содержание клетчатки оказывает отрицательное действие на реологические характеристики хлеба. В таблице 1 представлены рецептуры контрольных и опытных образцов.

Таблица 1

Рецептуры контрольных и опытных образцов подового хлеба

Наименование ингредиентов	Контроль 1	Контроль 2	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Мука пшеничная, г	1100,0	-	990,0	880,0	770,0	660,0	550,0
Мука полбяная, г	-	1469,0	110,0	220,0	330,0	440,0	550,0
Вода, г	594,0	1049,0	594,0	594,0	594,0	594,0	594,0
Дрожжи, г	30,0	35,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Соль, г	15,0	22,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0

На рисунках 1-7 представлены деформационные профили контроля 1 – рисунок 1, контроля 2 – рисунок 2, образец 1 – рисунок 3, образец 2 – рисунок 4, образец 3 – рисунок 5, образец 4 – рисунок 6, образец 5 – рисунок 7.

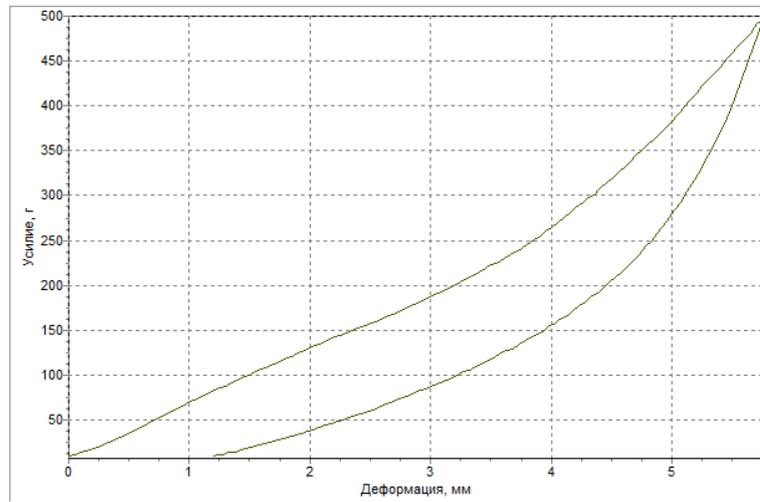


Рисунок 1 – Деформационный профиль контроля 1

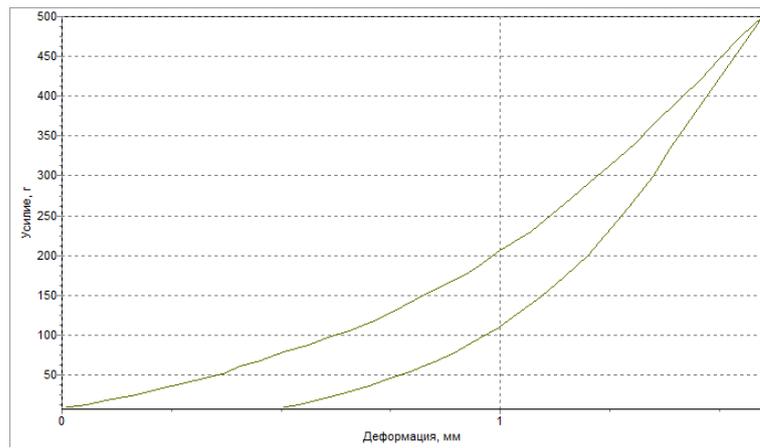


Рисунок 2 – Деформационный профиль контроля 2

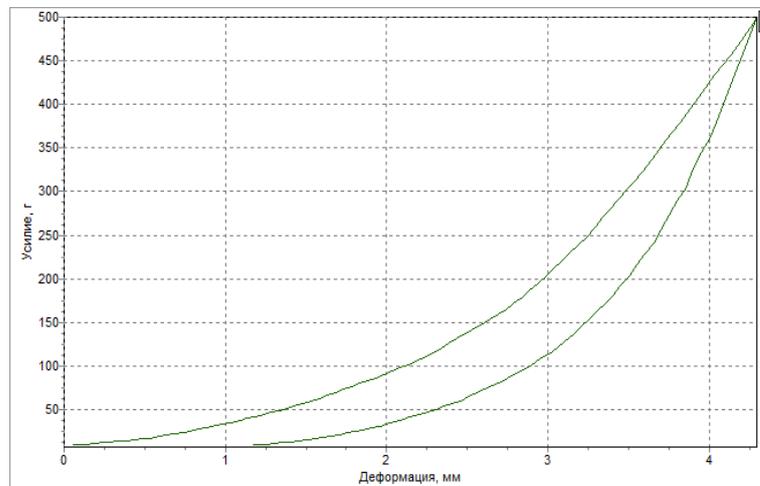


Рисунок 3 – Деформационный профиль образца 1

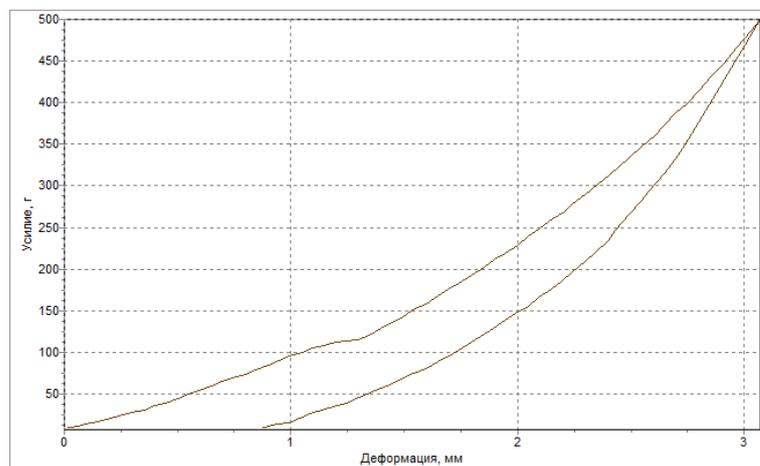


Рисунок 4 – Деформационный профиль образца 2

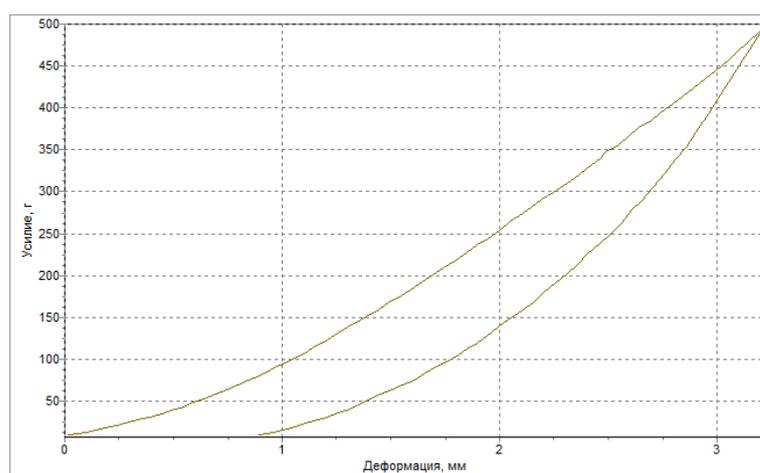


Рисунок 5 – Деформационный профиль образца 3

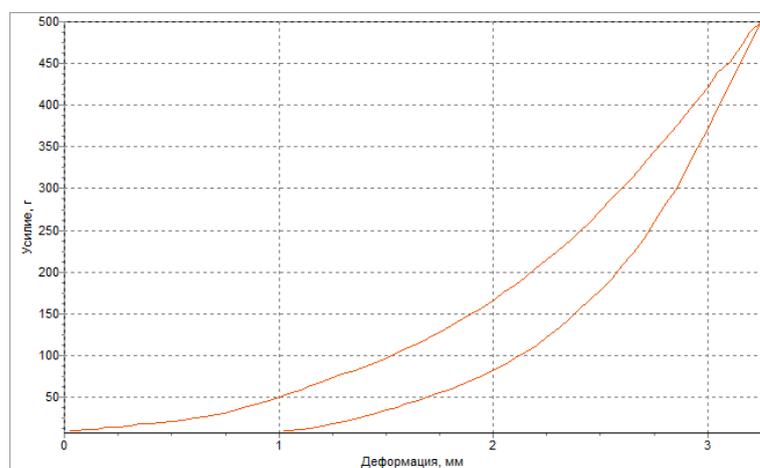


Рисунок 6 – Деформационный профиль образца 4

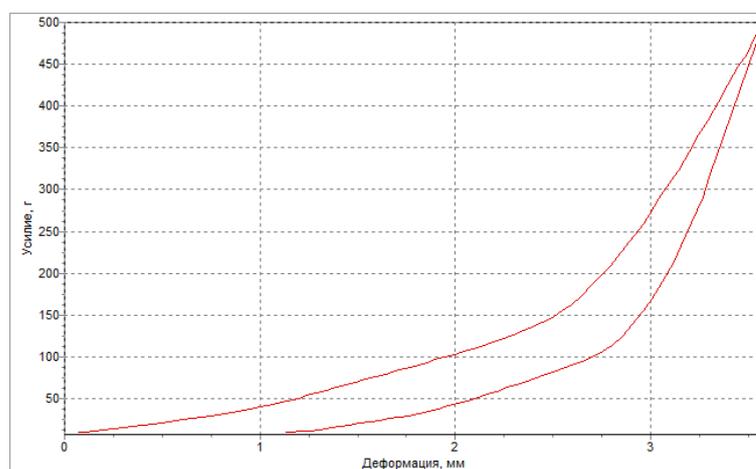


Рисунок 7 – Деформационный профиль образца 5

Исследование образцов подового хлеба осуществлялся на Структурометре СТ-2. В таблице 2 представлены результаты физико-химических и реологических исследований контрольных и опытных образцов хлеба.

Таблица 2

Показатели качества подового хлеба с различными концентрациями полбяной муки

Наименование	Влажность мякиша, %	Титруемая кислотность мякиша, град	Пористость мякиша, %	Эластичность мякиша, %
Хлеб пшеничный	42,35±0,05	0,32±0,02	74,02±0,01	80,5±0,1
Образец 1	43,21±0,05	0,46±0,04	71,86±0,03	75,4±0,3
Образец 2	43,35±0,02	0,66±0,02	71,76±0,02	73,2±0,2
Образец 3	43,55±0,03	0,7±0,02	69,15±0,04	72,6±0,4
Образец 4	43,6±0,04	0,73±0,01	66,53±0,02	70,0±0,2
Образец 5	43,82±0,05	0,75±0,01	65,58±0,02	69,9±0,2
Хлеб полбяной	45,59±0,04	0,78±0,02	61,76±0,03	69,3±0,3

Установлено, что показатели эластичности мякиша хлеба из полбяной муки сравнительно ниже показателей эластичности мякиша хлеба из пшеничной муки. Несмотря на достаточно противоречивые литературные данные и данные, полученные экспериментальным путем, а именно: показатели влажности хлеба полбяного отличаются на 3,24 % в сравнении с пшеничным, такую зависимость можно объяснить высоким содержанием гидрофильных групп белков в муке полбы, в опытных образцах изменение влажности не существенно – среднее отклонение влажности по пяти образцам составляет 0,61±0,01 %; титруемая кислотность мякиша полбяного хлеба отличается от пшеничного на 0,46 градусов – подобный эффект возникает за счет большего содержания отрубянистых частиц в полбяной муке, в опытных образцах среднее отклонение составляет 0,14±0,01 градусов; пористость мякиша хлеба из полбяной муки

ниже, чем из пшеничной на 12,26 %, среднее отклонение опытных образцов составило $3,46 \pm 0,01$ %. Эластичность мякиша полбяного хлеба ниже по сравнению с пшеничным на 11,2 %, среднее отклонение по исследуемым образцам – $2,9 \pm 0,08$ %. Можно предположить, что использование полбяной муки позволит производить более здоровую и сбалансированную пищу. Ее использование в хлебопекарной промышленности предполагает внесение в технологические процессы некоторых изменений, например, уменьшение времени замеса, снижение массовой доли воды или увеличение времени расстойки, но за счет богатого химического состава, отличием распределения фракций белка, по сравнению с пшеничной мукой, особенно проламинов, позволит расширить ассортимент хлебобулочных изделий для людей с гиперчувствительностью к глютену.

Исследование реологических свойств теста показало, что пшеничная мука придает объем и высокую эластичность теста и готового продукта. В целом, хлеб из полбы характеризуется меньшим удельным объемом, более темный цветом мякиша и корочки (рисунок 8).



Рисунок 8 – Внешний вид на разрезе хлеба из пшеничной и полбяной муки

Выводы. Авторами была проведена оценка физико-химических и реологических показателей хлеба в контрольных и опытных образцах. Были получены следующие данные: показатели влажности хлеба полбяного отличаются на 3,24 % в сравнении с пшеничным, в опытных образцах изменение влажности незначительно. Титруемая кислотность отличается на 0,46 градусов, в опытных образцах среднее отклонение составляет $0,14 \pm 0,01$ градусов. Пористость мякиша хлеба из полбяной муки ниже, чем у пшеничной на 12,26 %, среднее отклонение опытных образцов составило $3,46 \pm 0,01$ %. Эластичность мякиша полбяного хлеба ниже по сравнению с пшеничным на 11,2 %, среднее отклонение по исследуемым образцам – $2,9 \pm 0,08$ %.

Библиографический список

1. Julia Zimmermann, Philipp Hubel, Jens Pfannstiel, Muhammad Afzal, C. Friedrich H. Longin, Bernd Hitzmann, Herbert Götz, Stephan C. Bischoff, Comprehensive proteome analysis of bread deciphering the allergenic potential of bread wheat, spelt and rye, Journal of Proteomics, Volume 247, 2021, 104318, ISSN 1874-3919, <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2021.104318>

2. N. I. Dunchenko, V. S. Yankovskaya, E. S. Voloshina, M. A. Ginzburg, A. S. Kupriy. Quality designing and food safety provisioning based on qualimetric forecasting, *Food Science and Technology (Brazil)*, 42, e112021, 2022
3. Sumina, S. R. Analysis and comparative characteristics of the quality of spelt flour from different manufacturers / S. R. Sumina, N. V. Merkuryev // *Safety and quality of agricultural raw materials and food-2023 : materials of the All-Russian Scientific and practical conference, Moscow, November 22-23, 2023. – Moscow: LLC "Sam Polygraphist", 2023. – pp. 507-511.*
4. Kharitonova, P. S. The use of spelt flour in the technology of pastry / P. S. Kharitonova, N. V. Merkuryev, K. V. Mikhailova // *Safety and quality of agricultural raw materials and food-2023 : materials of the All-Russian Scientific and practical conference, Moscow, November 22-23, 2023. – Moscow: Sam Polygraphist LLC, 2023. – pp. 611-616.*
5. Scherf KA, Brockow K, Biedermann T, Koehler P, Wieser H. Wheat-dependent exercise-induced anaphylaxis. *Clin Exp Allergy*. 2016 Jan;46(1):10-20. doi: 10.1111/cea.12640. PMID: 26381478
6. Jefferson, Akilah & Davidson, Lauren & Scurlock, Amy & Stern, Jessica. (2024). Food Insecurity and Health Inequities in Food Allergy. *Current Allergy and Asthma Reports*. 24. 1-6. 10.1007/s11882-024-01134-0
7. Development and research of the nutritional and biological value and consumer properties of a fermented dairy product with gluten-free flour / O. B. Fedotova, D. V. Makarkin, O. V. Sokolova, N. I. Dunchenko // *Nutrition issues. – 2019. – Vol. 88, No. 2. – pp. 101-110. – DOI 10.24411/0042-8833-2019-10023.*
8. Afzal, M., Sielaff, M., Distler, U. et al. Reference proteomes of five wheat species as starting point for future design of cultivars with lower allergenic potential. *npj Sci Food* 7, 9 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41538-023-00188-0>
9. FAO. 2021. Food allergies – Leaving no one behind. Food safety technical toolkit for Asia and the Pacific No. 4. Bangkok.
10. Frakolaki, Georgia & Giannou, Virginia & Topakas, Evangelos & Tzia, Constantina. (2017). Chemical characterization and breadmaking potential of spelt versus wheat flour. *Journal of Cereal Science*. 79. 10.1016/j.jcs.2017.08.023.
11. Mencin, Marjeta & Markanovič, Nika & Mikulic-Petkovsek, Maja & Veberic, Robert & Terpinč, Petra. (2023). Bioprocessed Wholegrain Spelt Flour Improves the Quality and Physicochemical Characteristics of Wheat Bread. *Molecules*. 28. 3428. 10.3390/molecules28083428
12. Bodor, K., Szilágyi, J., Salamon, B. et al. Physical–chemical analysis of different types of flours available in the Romanian market. *Sci Rep* 14, 881 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-49535-x>
13. Di Renzo T, Cascone G, Crescente G, Reale A, Menga V, D’Apolito M, Nazzaro S, Volpe MG, Moccia S. Ancient Grain Flours with Different Degrees of Sifting: Advances in Knowledge of Nutritional, Technological, and Microbiological Aspects. *Foods*. 2023; 12(22):4096. <https://doi.org/10.3390/foods12224096>
14. Kopus, M. & Ionova, E. & Marchenko, D.. (2019). Prolamins of wheat grain – from biochemistry to genetics and breeding. *Grain Economy of Russia*. 54-60. 10.31367/2079-8725-2019-64-4-54-60.

15. Ermoshin, Alexander & Kiseleva, Irina. (2022). Fractional composition of grain proteins in wheat species with different genomes and ploidy. *14*. 243 - 247. 10.31301/2221-6197.bmcs.2022-20
16. Proteomic Characterization of Wheat Protein Fractions Taken at Different Baking Conditions Tanja Miriam Schirmer, Christina Ludwig, and Katharina Anne Scherf *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2023 71 (34), 12899-12909 DOI: 10.1021/acs.jafc.3c02100
17. Kulathunga, Jayani & Simsek, Senay. (2020). Baking and nutritional quality of bread made from whole-grain hulled wheat
18. Kulathunga, Jayani & Simsek, Senay. (2023). Pasting properties, baking quality and starch digestibility of einkorn, emmer, spelt and hard red spring wheat. *Cereal Chemistry*. 100. 10.1002/cche.10644
19. Алтайулы, С. ПОЛУЧЕНИЕ ПИЩЕВЫХ ЛЕЦИТИНОВ из сафлоровых масел / С. Алтайулы, И. Ж. Темирова // *Механика и технологии*. – 2018. – № 1(59). – С. 65-67.
20. Мясищева, Н. В. Желирующая способность пектинов свежих и замороженных ягод красной смородины / Н. В. Мясищева, Е. Н. Артемова, М. А. Макаркина // *Техника и технология пищевых производств*. – 2017. – № 2(45). – С. 62-68.
21. Биологическая и пищевая ценность мяса гусят линдовской породы / Ал Али Гина, С. А. Грикшас, П. А. Кореневская, Р. В. Сычев // *Мясная индустрия*. – 2023. – № 1. – С. 36-39. – DOI 10.37861/2618-8252-2023-01-36-39

STUDY OF PHYSICAL-CHEMICAL AND RHEOLOGICAL POTENTIAL OF USING SPELLED FLOUR IN BREAD BAKERY

Merkuryev Nikolay Vladimirovich, postgraduate student of the Department of Technologies for Storage and Processing of Fruits, Vegetables and Plant Growing Products, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, e-mail: merkurevzoom@yandex.ru

Kharitonova Polina Sergeevna, assistant of the Department of Quality Management and Product Marketing, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, e-mail: polina.kharitonova@rgau-msha.ru

Nugmanov Alber Khamed-Kharisovich, Doctor of Engineering. Sciences, Professor of the Department of Technologies for Storage and Processing of Fruits, Vegetables and Plant Growing Products, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, e-mail: nugmanov@rgau-msha.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Russia, Moscow, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Abstract: *the article contains the results of physico-chemical and rheological studies of experimental and control bread samples.*

Key words: spelled flour, wheat flour, moisture content, titratable acidity, crumb porosity and elasticity, plastic deformation, elastic deformation.

УДК 665.939.14

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОДУКТОВ, ОБОГАЩЕННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫМ БЕЛКОМ

Мусяенко Денис Михайлович, магистрант кафедры Мехатроники и автоматизации технологических систем,, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», e-mail: arrayden@gmail.com

Иванов Павел Петрович, канд. техн. наук, доцент кафедры Мехатроники и автоматизации технологических систем, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», e-mail: ipp7@yandex.ru

Попов Анатолий Михайлович, д-р техн. наук, профессор кафедры Мехатроники и автоматизации технологических систем, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», e-mail: popov4116@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
Россия, Кемерово, e-mail: rector@kemsu.ru

Аннотация: в статье рассматривается актуальность развития обогащения продуктов питания растительным белком, рассмотрены аспекты, позволяющие заменить животный белок на растительный, выделены примеры стабилизации аминокислотного состава путем синтезирования различных источников белка.

Ключевые слова: растительный белок, животный белок, экстрагирование, обогащение, пищевая промышленность, аминокислотный состав, питание.

В связи с постоянно растущим популяционным ростом человечества все чаще акцентируется внимание на формирование рационального подхода к своему здоровью, прежде всего через питание. Благодаря таким тенденциям растет интерес к употреблению продуктов, обогащенных растительным белком. Замена животных белков на растительные происходит в связи с тем, что последние имеют значительное преимущество, которое выражается в отсутствии жиров, и наличии клетчатки, способствующей улучшению пищеварения и выводу из организма продуктов метаболизма [1], а также следует учитывать то, что их физико-химический состав, близок к животным белкам по количеству и аминокислотному составу [2]. Важным фактором является и себестоимость продукции, содержащей растительный белок, которая кратно-меньше аналогичной продукции, произведенной с использованием животного белка. Кроме того, значительная доступность сырьевой и технологической базы во многих частях мира делает растительные белки важнейшим компонентом продовольственной безопасности как отдельной страны, так и всего мира.