

УДК 613.2:378.4-057.875

**ВЛИЯНИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ
БЕЛКА (ОВОЩЕЙ, ПОРОШКА СВЕРЧКОВ И
МИКРОВОДОРОСЛЕЙ) НА ТЕКСТУРНЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ СЫРЫХ ФРИКАДЕЛЕК**

¹*М.М. Момчилова: ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0328-6844>,*

²*Д.Н. Градинарска-Иванова: ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2373-4333>,*

¹*М.М. Рускова: ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7672-2614>,*

¹*Г.И. Живанович: ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3278-6119>*

¹Сельскохозяйственная академия, Институт консервирования и качества продуктов питания, факультет пищевых технологий,

²Университет пищевых технологий, технологический факультет, г. Пловдив, Республика Болгария

**EFFECT OF INCLUSION OF DIFFERENT PROTEIN
SOURCES (VEGETABLES, CRICKET POWDER AND
MICROALGAE) ON THE TEXTURAL CHARACTERISTICS
OF RAW MEATBALLS**

¹*M.M. Momchilova: ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0328-6844>,*

²*D.N. Gradinarska-Ivanova: ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2373-4333>,*

¹*M.M. Ruskova: ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7672-2614>,*

¹*G.I. Zsivanovits: ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3278-6119>*

¹Agricultural Academy, Institute of Food Preservation and Quality, Food Technology Division,

²University of Food Technologies, Technological Faculty, Department of Meat and Fish Technology, Plovdiv, Bulgaria

Реферат

Цель исследования: оценка потенциала соевой, гречневой, люпиновой муки, а также порошков из сверчков и водорослей в качестве альтернативных источников белка в сырых фрикадельках.

Материал и методы исследования. В настоящем исследовании оценивался потенциал соевой, гречневой,

люпиновой муки, а также сушеной спирулины и муки из сверчков в качестве альтернативных источников белка в сырых свиных фрикадельках. Для этого переформулированные образцы сравнивали с контрольным, содержащим только мясо. Было проанализировано влияние равного количества каждого источника белка на структурно-механические свойства сырых фрикаделек.

Результаты исследования. Результаты свидетельствуют о повышении показателей твердости, эластичности и липкости, которые оказались наиболее выраженными в образцах гречихи и сои. В то же время наблюдалось снижение однородности, прочности и разжевываемости по сравнению с контрольным образцом.

Выводы. Полученные экспериментально данные доказывают, что добавление к мясной массе сырых свиных фрикаделек всего 1% альтернативных источников белка приводит к существенным изменениям их текстурных характеристик.

Ключевые слова: мясные продукты, спирулина, соевая мука, гречневая мука, люпиновая мука, мука из сверчков, текстура.

Abstract

Objective: The aim of this study was to evaluate the potential of soybean, buckwheat, lupin, cricket and seaweed flours as alternative protein sources in raw meatballs.

Material and methods. In this study, the potential of soybean, buckwheat, lupin flour, as well as dried spirulina and cricket flour as alternative protein sources in raw pork meatballs was evaluated. For this purpose, the reformulated samples were compared with a control sample containing only meat. The influence of an equal amount of each protein source on the structural and mechanical properties of the raw meatballs was analyzed.

Results. The results showed an increase in hardness, elasticity and adhesiveness, most pronounced in the buckwheat and soybean samples. At the same time, a decrease in homogeneity, toughness and chewiness was observed compared to the control sample.

Conclusions. Experimentally obtained data prove that the addition of only 1% of alternative protein sources to the meat mass of raw pork meatballs leads to significant changes in their texture characteristics.

Keywords: meat products, spirulina, soy flour, buckwheat flour, lupin flour, cricket flour, texture.

Введение. Мясо и мясные пищевые продукты являются основными источниками разнообразных питательных веществ, включая липиды, белки, минералы и витамины, которые обладают высокой биологической ценностью и играют ключевую роль в рационе питания человека [18].

Однако в последние годы растет интерес потребителей к рационам питания, основанным на активном применении в пищевых продуктах растительных белков.

Эта тенденция обусловлена, с одной стороны, весьма высокой пищевой ценностью растительных белков и их потенциальной пользой для здоровья [24], а с другой стороны, – различными факторами, которые все более усложняют процессы производства животного белка, например, такими, как условия содержания животных и их воздействие на окружающую среду [20].

В связи с этим в последние годы в состав мясных пищевых продуктов все чаще стали включаться растительные белки. Однако этот процесс часто сталкивается с технологическими затруднениями ввиду различий функциональных характеристик растительных белков по сравнению с животными аналогами.

Так, одной из главных проблем с растительными белками является их текстура (консистенция), так как для эффективности производства мясных пищевых продуктов они должны обладать тремя основными технико-функциональными свойствами: способностью эмульгировать жиры, способностью удерживать воду в мясной матрице, а также участвовать в формировании структуры, вкуса и внешнего вида продукта, которую обычно создают мясные белки [1, 21], чего, однако, часто достичь не удается.

Вариантом выхода из сложившейся ситуации обычно является применение сои, являющейся важным источником растительных белков.

Именно соевые белковые продукты в последние десятилетия являются одними из наиболее широко используемых в пищевой промышленности, включая мясопереработку, благодаря своим превосходным влагоудерживающим и эмульгирующим свойствам [9, 15]. Кроме того, соевые ингредиенты оказывают положительное влияние на функционирование органов системы кровообращения и способствуют снижению уровня холестерина [11].

Однако, несмотря на все эти преимущества, соевый белок классифицируется как аллерген [26], что обуславливает необходимость поиска альтернативных источников для использования в мясных пищевых продуктах.

В связи с вышеизложенным в последние годы многочисленные гигиенические исследования оказались направленными на изучение функционального воздействия на организм различных зерновых культур и овощей при их добавлении в мясные пищевые продукты [3, 7, 8, 19].

При этом особый интерес исследований вызывает применение гречихи и люпина, которые все чаще используются в различных пищевых продуктах, в том числе и мясных, благодаря хорошим эмульгирующим и желирующим свойствам белков, содержащихся в их составе [5, 10, 12, 13], а также их высокой антиоксидантной активностью [6, 16].

Другими потенциальными источниками белка являются водоросли и насекомые, которые вызывают все больший научный интерес в связи с возможностью их применения в пищевой промышленности, в том числе и в мясных пищевых продуктах.

Эти альтернативы имеют потенциал не только как собственно источники белка, но и как носители иных ценных питательных веществ. Поэтому они могут способствовать производству пищевых продуктов со сбалансированным аминокислотным составом и стать решением проблемы недостатка белка в будущем.

Цель исследования: оценка потенциала соевой, гречневой, люпиновой муки, а также порошков, полученных из сверчков и водорослей, в качестве альтернативных источников белка в сырых фрикадельках.

Материал и методы исследования. Для проведения эксперимента было приготовлено 6 различных образцов сырых фрикаделек.

В качестве базовой формулы был использован следующий рецепт:

- нежирная свинина – 50%;
- мясо свиное полужирное – 50%;
- питьевая вода – 20%;
- хлорид натрия – 1,8%.

В 5 образцов были добавлены соответствующие альтернативные белковые ингредиенты, процентная доля которых составляла 1%.

В качестве таких ингредиентов использовались: соевая мука, гречневая мука, люпиновая мука, мука из сверчков и порошок спирулины.

Перед применением белковые добавки разбавлялись водой в соотношении 1 : 3 (w/v).

Схема приготовления сырых фрикаделек с добавлением различных источников белка представлена на рисунке.

Все белковые добавки закупались в розничной сети, а мясное сырье поставлялось мясоперерабатывающей компанией «Бони Холдинг», Болгария.

Подготовку образцов проводили в следующей технологической последовательности:

- мясо измельчали на мясорубке с диаметром решетки 6 мм и разделяли на 6 равных частей;
- в смесительной машине в каждую часть добавлялись необходимые солевые материалы, вода и, соответственно, белковая добавка, как указано на рисунке.

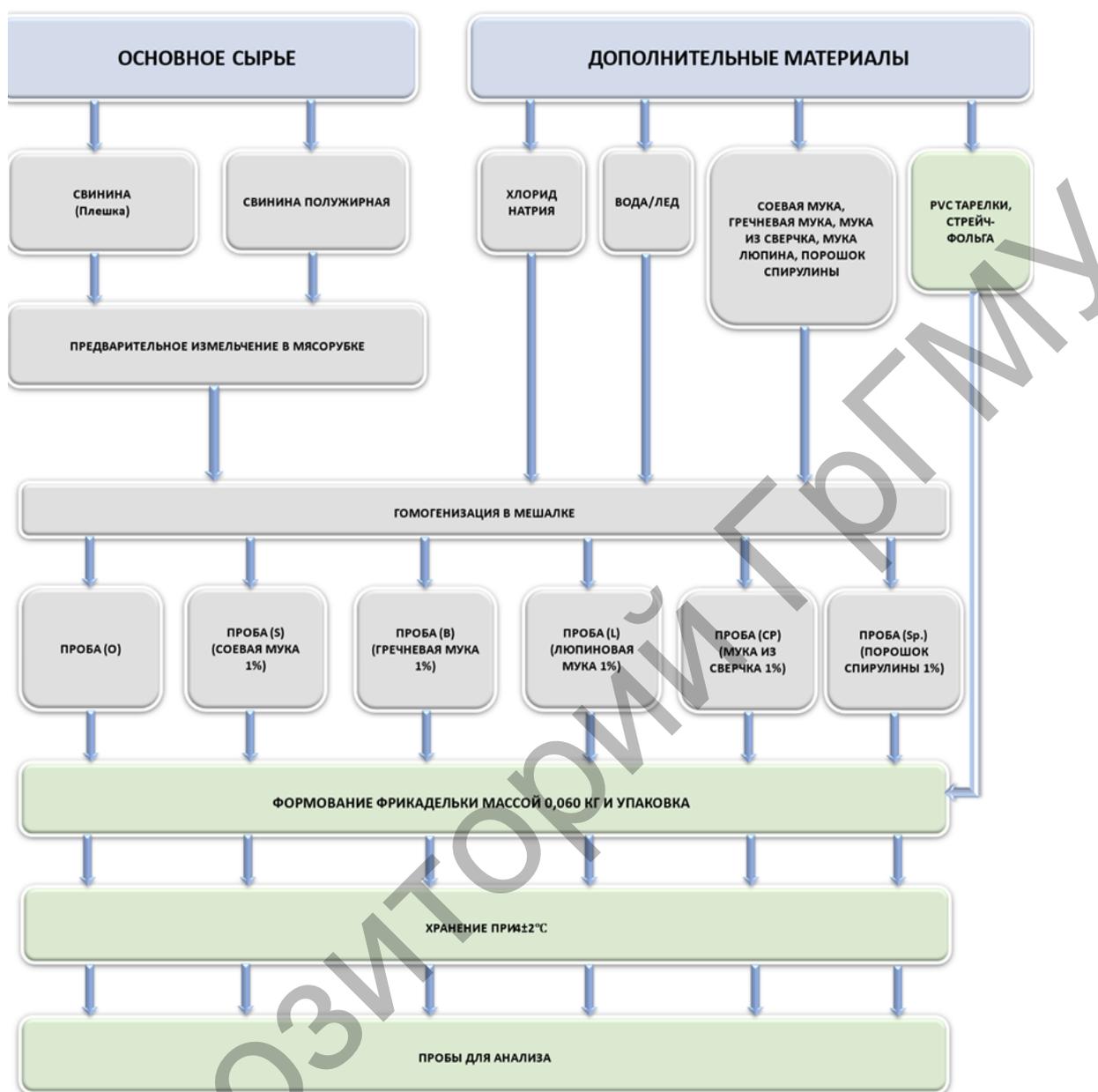


Рисунок – Схема приготовления сырых фрикаделек с добавлением различных источников белка

Полученную мясную массу формовали во фрикадельки массой 0,060 кг, упаковывали и хранили при температуре $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Для анализа профиля текстуры сырых полуфабрикатов (фрикаделек) использовался анализатор текстуры TA-XТ Plus (Stable Micro Systems, Surrey, GB) при следующих условиях измерений:

- размеры образца – диаметр: 40 ± 2 мм и высота: 25 ± 2 мм;
- диаметр компрессионного цилиндра - 50 мм;
- скорость компрессии – 2 мм/сек^{-1} ;
- степень деформации – 8 мм;
- время релаксации между двумя сжатиями – 5 сек.

На основании полученных данных были определены следующие текстурные параметры образцов: твердость, эластичность, однородность, вязкость, жевательность и липкость [14, 22, 25].

Результаты исследования и их обсуждение. Твердость, как один из основных параметров анализа текстуры, представляет собой максимальную силу, приложенную при первом сжатии, соответствующем первому перемалыванию испытуемого образца.

Полученные результаты свидетельствуют о существенных различиях между отдельными образцами (таблица).

В образцах, содержащих различные белковые добавки, было обнаружено увеличение плотности по сравнению с контрольным образцом (приготовленным только из мяса). Это, вероятнее всего, было связано с повышенным содержанием белка (результаты в данной статье не представлены), повышенным количеством воды и способностью белков образовывать большое количество межбелковых связей [4].

Самые высокие значения твердости были зафиксированы для образца с гречкой, за которым следовал образец, содержащий сою, однако при этом статистически значимой разницы между ними обнаружено не было ($p > 0,05$). Это согласуется, как с данными F.P. Vejosano и H. Corke (1998), в соответствии с которыми, белки гречихи, как и соевые белки, обладают способностью повышать твердость пищевых продуктов, так и с полученными нами результатами [24].

Таблица. – Текстурные показатели сырых образцов мясных полуфабрикатов (фрикаделек)

Образцы	Индикаторы						
	твёрдость (N)	эластичность	сплоченность	прочность	жевательность (N)	липкость (Nmm)	
O	1,41±0,09 ^a	0,75±0,04 ^a	1,1±0,27 ^b	1,35±0,19 ^c	1,14±0,16 ^c	-0,11±0,01 ^e	
S	5,27±0,55 ^d	0,96±0,03 ^b	0,17±0,01 ^a	0,66±0,04 ^a	0,64±0,04 ^a	-0,49±0,09 ^b	
B	6,55±0,63 ^d	0,98±0,0 ^b	0,018±0,0 ^a	0,91±0,01 ^b	0,86±0,01 ^b	-0,97±0,05 ^a	
L	3,22±0,29 ^b	0,95±0,02 ^b	0,2±0,02 ^a	0,58±0,05 ^a	0,56±0,06 ^a	-0,21±0,02 ^d	
CP	4,13±0,74 ^c	0,93±0,02 ^b	0,29±0,02 ^a	1,05±0,12 ^b	1,03±0,09 ^c	-0,34±0,02 ^c	
Sp	3,0±0,25 ^b	0,94±0,03 ^b	0,13±0,02 ^a	0,53±0,02 ^a	0,52±0,02 ^a	-0,44±0,05 ^b	

Примечания.

указанные значения являются средним арифметическим для соответствующей выборки из пяти измерений для данного показателя;

^{a-d} – значения в столбцах с одинаковыми буквенными обозначениями статистически неразличимы ($p>0,05$);

образцы: O – контрольная проба; пробы: S – с соевой мукой; B – с гречневой мукой; L – с люпиновой мукой; CP – с мукой из сверчков; Sp – с порошком спирулины.

Добавление спирулины к сырым фрикаделькам привело к более низким результатам твердости пищевого продукта по сравнению с другими образцами, но все же зафиксированные результаты ($3,0 \pm 0,25$) оказались выше, чем у контрольного образца, содержавшего только мясо ($1,41 \pm 0,09$, $p < 0,05$).

Анализ остальных текстурных показателей позволил установить, что образцы со спирулиной имели несколько более низкие, но все же статистически недостоверные различия ($p > 0,05$) по показателям эластичности, сплочённости, прочности, жевательности и липкости по сравнению с образцом, содержавшим сою.

В то же время в образцах спирулины по сравнению с контрольным образцом, содержавшим только мясо, были зафиксированы более низкие и статистически значимые различия ($p < 0,05$) по показателям сплоченности, прочности и жевательности.

Согласно данным, представленным в таблице, в сравнении с контролем образец с добавлением сверчков в состав исследованного пищевого продукта продемонстрировал более высокие значения твердости, эластичности и липкости, но более низкие значения сплоченности. Показатели прочности и жевательности этого образца также оказались несколько более низкими в сравнении с контролем, однако, все же без статистически значимой разницы. Эти результаты согласуются с результатами современных исследований колбас, в состав которых были включены личинки насекомых и куколки червей в качестве дополнительных новых источников белка [17, 27]. Причем, по мнению I. Но и соавт. (2022), изменения текстурных свойств мясных продуктов, в которых вместо постного мяса использовалась мука, полученная при перемалывании сверчков, обусловлены именно различиями в технологиях приготовления этих пищевых продуктов [25].

Выводы. Полученные экспериментально данные доказывают, что добавление к мясной массе сырых свиных фрикаделек всего 1% альтернативных источников белка приводит к существенным изменениям их текстурных характеристик.

В образцах с добавлением гречихи и сои по сравнению с контрольным образцом зарегистрировано выраженное увеличение твердости, эластичности и липкости пищевых продуктов, однако их однородность, прочность и жевательность снизились.

Полученные результаты как свидетельствуют о наличии определенного потенциала исследованных мясных пищевых продуктов, в состав которых были включены альтернативные белки, так и указывают на то, что их включение должно быть тщательно оптимизировано для сохранения желаемых текстурных характеристик.

Будущие исследования могут быть направлены на совершенствование технологических процессов и комбинирование различных источников белка для улучшения функциональных и сенсорных качеств мясных пищевых продуктов.

Благодарность. Исследования проводились в рамках проекта ТН 15, ССА, задача 1 с названием «Исследование возможностей использования различных источников белков в мясных полуфабрикатах. Влияние на качественные характеристики и технологические свойства».

Исследователи также выражают благодарность за предоставление мясного сырья компании Boni Holding, Болгария.

Литература

1. Basic chemical composition and bioactive compounds content in selected cultivars of buckwheat whole seeds, dehulled seeds and hulls / K. Dziadek [et al.] // J. Cereal Sci. – 2016. – Vol. 69. – P. 1–8.
2. Bejosano, F. P. Amaranthus and buckwheat protein concentrate effects on an emulsion-type meat product / F. P. Bejosano, H. Corke // Meat Sci. – 1998. – Vol. 50. – P. 343–53.
3. Bourne, M. C. Food texture and viscosity: concept and measurement (2nd ed.) / M. C. Bourne. – New York: Academic Press, 2002. – 427 p.
4. Bourne, M. C. Texture profile analysis / M. C. Bourne // Food Technol. – 1978. – Vol. 32. – P. 62–6.
5. Carcass characteristics, meat quality and nutritional value of horsemeat: A review / J. M. Lorenzo [et al.] // Meat. Sci. – 2014. – Vol. 96, – P. 1478–88.

6. Danowska-Oziewicz, M. Physicochemical properties, lipid oxidation and sensory attributes of pork patties with lupin protein concentrate stored in vacuum, modified atmosphere and frozen state / M. Danowska-Oziewicz, L. Kurp // *Meat Sci.* – 2017. – Vol. 131. – P. 158–65.

7. Detection of allergenic additives in processed meat products / A. Szychaj [et al.] // *J. Sci. Food Agricult.* – 2018. – Vol. 98 (13). – P. 4807–15.

8. Effect of hot air dried kimchi powder on the quality characteristics of low-fat sausage / M. A. Lee [et al.] // *Korean J. Food Sci. An.* – 2008. – Vol. 28. – P. 146–53.

9. Effect of House Cricket (*Acheta Domesticus*) Flour Addition on Physicochemical and Textural Properties of Meat Emulsion Under Various Formulations / H. W. Kim [et al.] // *J. Food Sci.* – 2017. – Vol. 82. – P. 2787–93.

10. Effect of soy on metabolic syndrome and cardiovascular risk factors: A randomized controlled trial / M. Ruscica [et al.] // *Eur. J. Nutr.* – 2018. – Vol. 57. – P. 499–511.

11. Flavonoids in common and tartary buckwheat hull extracts and antioxidant activity of the extracts against lipids in mayonnaise / B. I. Park [et al.] // *J. Food. Sci. Technol.* – 2019. – Vol. 56. – P. 2712–20.

12. Hong, S. Physicochemical and functional properties of texturized vegetable proteins and cooked patty textures: Comprehensive characterization and correlation analysis / S. Hong, Y. Shen, Y. Li // *Foods.* – 2022. – Vol. 11 (17). – P. 2619.

13. Improving functional value of meat products / W. Zhang [et al.] // *Meat Sci.* – 2010. – Vol. 86 (1). – P. 15–31.

14. Kim, C. S. Physicochemical properties of emulsion-type sausage added red yeast rice powder / C. S. Kim, H. Y. Kim // *Korean J. Food Sci. Technol.* – 2017. – Vol. 49. – P. 396–400.

15. Kim, D. W. Quality characteristic of sausage added red yeast rice / D.W. Kim // *Korean J. Food Preserv.* – 2013. – Vol. 20. – P. 805–9.

16. Maningat, C.C. Textured wheat and pea proteins for meat alternative applications / C.C. Maningat, T. Jeradechachai, M.R. Buttshaw // *Cereal Chem.* – 2022. – Vol. 99. – P. 37–66.

17. Mansour, E. H. Characteristics of low-fat beef burgers as influenced by various types of wheat fibers / E. H. Mansour, A. H. Khalil // *Food Res Int.* – 1997. – Vol. 3. – P. 199–205.

18. Nonmeat protein alternatives as meat extenders and meat analogs / M. A. Asgar [et al.] // *Comp. Rev. Food Sci. Food Saf.* – 2010. – Vol. 9. – P. 513–29.

19. Othman, S.A.A.E.-S. Preparation of Functional Ice Milk Supplemented With Lupine Flour / S. A. A. E.-S. Othman, S. M. El-Sayed, M. N.-E. F. Hamad // *Egypt. J. Food Sci.* – 2020. – Vol. 48. – P. 337–50.

20. Predicting the sensory texture of cereal snack bars using instrumental measurements / E. J. Kim [et al.] // *J. Text. Stud.* – 2009. – Vol. 40 (4). – P. 457–81.

21. Pre-treated mealworm larvae and silkworm pupae as a novel protein ingredient in emulsion sausages / H. W. Kim [et al.] // *In. Food Sci. Emer. Technol.* – 2016. – Vol. 38. – P. 116–23.

22. Proteins of amaranth (*Amaranthus* spp.), buckwheat (*Fagopyrum* spp.), and quinoa (*Chenopodium* spp.): A food science and technology perspective / F. Janssen [et al.] // *Comp. Rev. Food Sci. Food Safety.* – 2007. – Vol. 16. – P. 39–58.

23. Samard, S. Physicochemical and functional characteristics of plant protein-based meat analogs / S. Samard, G.H. Ryu // *J. Food Process. Preserv.* – 2019. – Vol. 43. – P. 14123.

24. Tusso, P. A plant-based diet, atherogenesis, and coronary artery disease prevention / P. Tusso, S.R. Stoll, W.W. Li // *Perm. J.* – 2015. – Vol. 19. – P. 62.

25. Will it cricket? Product development and evaluation of cricket (*Acheta domesticus*) powder replacement in sausage, pasta, and brownies / I. Ho [et al.] // *Foods.* – 2022. – Vol. 11 (19). – P. 3128.

26. Yang, J. Influence of acid treatment on flavonoid content and biological activity in tartary buckwheat grains and its application for noodles / J. Yang, J. Lee, J. Sung // *LWT.* – 2021. – Vol. 145. – P. 111488.

27. Youssef, M. K. Effects of two types of soy protein isolates, native and preheated whey protein isolates on emulsified meat batters prepared at different protein levels / M. K. Youssef, S. Barbut // *Meat Sci.* – 2011. – Vol. 87 (1). – P. 54–60.

References

1. Dziadek K, Kopeć A, Pastucha E, Piatkowska E, Leszczyńska T, Pisulewska E, Witkowicz R, Francik R. (2016). Basic chemical composition and bioactive compounds content in selected cultivars of buckwheat whole seeds, dehulled seeds and hulls. *The Journal of Cereal Science*:69;1–8 (in English).

2. Bejosano FP, Corke H. (1998). Amaranthus and buckwheat protein concentrate effects on an emulsion-type meat product. *Meat Science*:50;343–353 (in English).

3. Bourne MC. *Ed* (2002). Food texture and viscosity: concept and measurement. New York:Academic Press:1–427 (in English).

4. Bourne MC. (1978) Texture profile analysis. *Food Technology*:32;62–66 (in English).

5. Lorenzo JM., Sarriés MV, Tateo A, Polidori P, Franco D, Lanza M. (2014). Carcass characteristics, meat quality and nutritional value of horsemeat: A review. *Meat Science*:96;1478–1488 (in English).

6. Danowska-Oziewicz M, Kurp L. (2017). Physicochemical properties, lipid oxidation and sensory attributes of pork patties with lupin protein

concentrate stored in vacuum, modified atmosphere and frozen state. *Meat Science*:131;158–165 (in English).

7. Spychaj A, Pospiech E, Iwańska E, Montowska M. (2018). Detection of allergenic additives in processed meat products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*:98(13);4807–4815 (in English).

8. Lee MA, Han DJ, Choi JH, Choi YS, Kim HY, Jeong JY, Paik HD, Kim CJ. (2008). Effect of hot air dried kimchi powder on the quality characteristics of low-fat sausage. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*:28;146-153 (in English).

9. Kim HW, Setyabrata D, Lee YJ, Jones OG, Kim YHB. (2017). Effect of House Cricket (*Acheta Domesticus*) Flour Addition on Physicochemical and Textural Properties of Meat Emulsion Under Various Formulations. *The Journal of Food Science*:82;2787–2793 (in English).

10. Ruscica M, Pavanello C, Gandini S, Gomaraschi M, Vitali C, Macchi C. (2018). Effect of soy on metabolic syndrome and cardiovascular risk factors: A randomized controlled trial. *European Journal of Nutrition*: 57;499–511 (in English).

11. Park BI, Kim J, Lee K, Lim T, Hwang KT. (2019). Flavonoids in common and tartary buckwheat hull extracts and antioxidant activity of the extracts against lipids in mayonnaise. *The Journal of Food Science and Technology*:56;2712–2720 (in English).

12. Hong S, Shen Y, Li Y. (2022). Physicochemical and functional properties of texturized vegetable proteins and cooked patty textures: Comprehensive characterization and correlation analysis. *Foods*:11(17);2619 (in English).

13. Zhang W, Xiao S, Samaraweera H, Lee EJ, Ahn DU. (2010). Improving functional value of meat products. *Meat Science*:86(1);15–31 (in English).

14. Kim CS, Kim HY. (2017). Physicochemical properties of emulsion-type sausage added red yeast rice powder. *Korean Journal of Food Science and Technology*:49;396–400 (in English).

15. Kim DW. (2013). Quality characteristic of sausage added red yeast rice. *Korean Journal of Food Preservation*:20;805–809 (in English).

16. Maningat CC, Jeradechachai T, Buttshaw MR. (2022). Textured wheat and pea proteins for meat alternative applications. *Cereal Chemistry*: 99;37–66 (in English).

17. Mansour EH, Khalil AH. (1997). Characteristics of low-fat beef burgers as influenced by various types of wheat fibers. *Food Research International*:3;199–205 (in English).

18. Asgar MA, Fazilah A, Huda N, Bhat R, Karim AA. (2010). Nonmeat protein alternatives as meat extenders and meat analogs. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*:9;513–529 (in English).

19. Othman SAAE.-S, El-Sayed SM, Hamad MN.-EF. (2020). Preparation of Functional Ice Milk Supplemented With Lupine Flour. *The Egyptian Journal of Food Science*:48;337–350 (in English).

20. Kim EJ, Corrigan VK, Hedderley DI, Motoi L, Wilson AJ, Morgenstern MP. (2009). Predicting the sensory texture of cereal snack bars using instrumental measurements. *Journal of Texture Studies*:40(4);457–481 (in English).

21. Kim HW, Setyabrata D, Lee YJ, Jones OG, Kim YHB. (2016). Pre-treated mealworm larvae and silkworm pupae as a novel protein ingredient in emulsion sausages. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*:38;116–123 (in English).

22. Janssen F, Pauly A, Rombouts I, Jansens KJA, Deleu LJ, Delcou JA. (2007). Proteins of amaranth (*Amaranthus* spp.), buckwheat (*Fagopyrum* spp.), and quinoa (*Chenopodium* spp.): A food science and technology perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*:16;39–58 (in English).

23. Samard S, Ryu GH. (2019). Physicochemical and functional characteristics of plant protein-based meat analogs. *Journal of Food Processing and Preservation*:43;14123 (in English).

24. Tusso P, Stoll SR, Li WW. (2015). A plant-based diet, atherogenesis, and coronary artery disease prevention. *The Permanente Journal*:19;62 (in English).

25. Ho I, Peterson A, Madden J, Huang E, Amin S, Lammert A. (2022). Will it cricket? Product development and evaluation of cricket (*Acheta domesticus*) powder replacement in sausage, pasta, and brownies. *Foods*:11(19);3128 (in English).

26. Yang J, Lee J, Sung J. (2021). Influence of acid treatment on flavonoid content and biological activity in tartary buckwheat grains and its application for noodles. *LWT – Food Science and Technology*:145;111488 (in English).

27. Youssef MK, Barbut S. (2011). Effects of two types of soy protein isolates, native and preheated whey protein isolates on emulsified meat batters prepared at different protein levels. *Meat Science*:87(1);54–60 (in English).

Поступила 17.05.2025.

Адрес для корреспонденции: g_zivanov@abv.bg