

С. В. Станкевич¹, к.с.-г.н., доцент, С. Б. Омельченко¹, к.техн.н.,
О. В. Котляр¹, к.техн.н. доцент, Мюшфік Панах огли Бакіров¹, к.техн.н.,
О. В. Жулінська², к.техн.н., Н. Л. Аштаєва³, викл.

ЗАЛЕЖНІСТЬ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕКСТРУДАТУ ВІД ХАРАКТЕРИСТИК СИРОВИНИ

¹Державний біотехнологічний університет, Харків

²Відокремлений структурний підрозділ «Житлово-комунальний фаховий коледж
Харківського національного університету міського господарства
імені О.М. Бекетова», Харків

³Відокремлений структурний підрозділ «Харківський торговельно-економічний фаховий
коледж Державного торговельно-економічного університету»

Ключові слова: екструдкування, білково-жирова система, шрот, крупа кукурудзяна, вміст вологи, вміст ліпідів, пористість.

Вступ

Пріоритетним завданням харчового виробництва, зокрема олієжирової промисловості залишається переробка і утилізація відходів [1]. Необхідно зазначити, що переробний потенціал та обсяги переробки олійної сировини щороку зростають, і, як наслідок, збільшується кількість відходів. Олієвидобувні підприємства виробляють у середньому понад 400 000 тонн за рік побічної продукції [2]. Найбільшу частку з зазначеного обсягу побічної продукції виробництва складають цінні білоквмісні продукти (шрот і макуха) [3]. Ці побічні продукти відрізняються багатокомпонентністю складу, який може суттєво змінюватись в результаті видобування рослинних олій різними способами [4], а також в залежності від режиму роботи підприємства. Переробка шротів та макухи олійного насіння на харчові цілі є екологічно, економічно та соціально вигідним процесом.

Сучасним способом переробки шротів і макухи в харчову продукцію можна назвати технології екструдкування, де сировина піддається короткочасній високотемпературній обробці під тиском. Вплив екструдкування на зміну фізико-хімічних властивостей сировини визначається насамперед її вихідним складом та режимами обробки. Основні ефекти від екструдкування включають [5]: руйнування нативної структури сировини; клейстеризацію і часткову декстринізацію крохмалю; денатурацію білка; стерилізацію сировини. Доцільним є розширення асортименту сировинних компонентів в технології екструдованих білково-жирових систем таких як хлібці, снеки, сухі сніданки, корми для тварин тощо за рахунок використання шротів різних олійних культур. Крім того, виявлення залежностей технологічних властивостей екструдованих білково-жирових систем від вмісту вологи та ліпідів в сировинних компонентах має сприяти раціоналізації виробництва, покращенню якості продуктів та розробці нових білково-жирових екструдованих систем.

Дослідження існуючих рішень проблеми

В дослідженні [6] розглянуто шляхи вирішення проблеми переробки відходів олієжирової промисловості, а саме шротів соняшникового та соєвого. Встановлено

пропорцію сировинних інгредієнтів екструдованої системи соняшниковий шрот – 0,40 мас. частки; соєвий шрот – 0,25 мас. частки; вівсяна крупа – 0,35 мас. частки. Розробка дозволяє регулювання пористості готової продукції в залежності від співвідношення компонентів задля змін характеристик продукту згідно вимог споживача.

В роботах [7–10] розроблено технології екструдатів з рослинної сировини, зокрема рисового екструдату з мікроінкапсульованими антоціанами [7], екструдату на основі сумішей кукурудзяної крупи і гречаного борошна [8], екструдату соєвого шроту [9] та екструдату макухи каноли [10]. В даних роботах дослідники обмежилися даними щодо впливу вологості сировинних компонентів на технологічні показники готової продукції і не враховували вміст ліпідів в сировині та його потенційний вплив на технологічні показники готових екструдатів.

В роботі [11], де описується раціоналізація умов екструдування для отримання харчових гранул (з використанням кукурудзи, знежиреного соєвого борошна, насіння кунжуту, м'якоті бананів), навпаки, відсутні відомості щодо вмісту вологості в сировині. Автори дослідження лише опосередковано фіксують вміст вологи в сировинних компонентах через варіації вмісту м'якоті бананів в суміші для екструдування.

В дослідженнях [12, 13] описується вплив на технологічні властивості екструдатів білково-жирових систем з крупи горохової та вівсяної [12] та білкових систем з насіння конопель і клітковини вівса [13] вологості та вмісту протеїну. Автори не брали до уваги вміст жирів, який в означеній сировині є досить високим (наприклад, в гороховій крупі зазвичай – 1...2 %, в вівсяній крупі – 5...7 %, в клітковині вівса – 6...8 %). Крім того, автори дослідили ступінь зволоження сировини, що близький до критичного, і виявили, що збільшення вмісту вологи призводить до зменшення щільності продукту, зміни текстури та погіршення зовнішнього вигляду [12]. Зі збільшенням вмісту вологи було виявлено, що показники твердості та міцності на різання зменшилися [13].

Результати аналітичних досліджень свідчать, що вміст вологи та ліпідів в сировині істотно впливає на процес екструдування. Якщо сировина має низький вміст вологи та ліпідів, вона може бути жорсткою, що буде ускладнювати екструдування. Високий вміст вологи та ліпідів також негативно впливає на технологічні показники екструдатів, зокрема їхню вологість і пористість. Необхідно зазначити, що під час екструдування різної сировини раціональний рівень вологи та ліпідів може відрізнятись, він залежить від властивостей сировини, цільових характеристик продукту та параметрів екструдування.

Існує певний брак даних щодо ефектів сумісного впливу вмісту вологи та ліпідів в сировинних компонентах екструдованих білково-жирових систем, зокрема в шротах таких олійних культур як соя, ріпак і конопля, на технологічні параметри готової продукції. Зважаючи на це, доцільним слід вважати дослідження, присвячене виявленню впливу вмісту вологи та ліпідів в шротах означених олійних культур та крохмалевмісній сировині на технологічні властивості екструдованої білково-жирової системи, зокрема пористості та вмісту вологи. Це дозволить раціоналізувати склад та покращити текстуру інноваційних екструдованих продуктів на базі означеної сировини.

Мета та основні задачі дослідження

Метою дослідження є виявлення впливу вмісту вологи та ліпідів на технологічні властивості екструдованої білково-жирової системи на основі шротів олійних культур

та зернової сировини. Це дасть можливість визначити раціональний склад сировини екструдованої білково-жирової системи для покращення таких технологічних показників готового продукту як пористість і вологість.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі задачі:

- дослідити сумісний вплив вмісту води і ліпідів в модельних зразках сировини на пористість і вологість екструдованої білково-жирової системи;
- порівняти хімічний склад, технологічні та економічні показники екструдованої білково-жирової системи з існуючим аналогічним продуктом.

Матеріали та методи досліджень

Під час досліджень використано такі матеріали:

- шрот соєвий подрібнений (виробництво Україна), згідно з CAS 68308-36-1;
- шрот ріпаковий подрібнений (виробництво Україна), згідно з CAS 8002-13-9;
- шрот конопляний подрібнений (виробництво Україна), згідно з CAS 9000-70-8;
- крупа кукурудзяна подрібнена (виробництво Україна), згідно з CAS 68525-86-0;
- олія соняшникова рафінована (виробництво Україна), згідно з CAS 8001-21-6;
- олія кукурудзяна рафінована (виробництво Україна), згідно з CAS 8001-30-7;
- олеїн пальмовий рафінований (виробництво Малайзія), згідно з CAS 93334-39-5.

З метою дослідження впливу вмісту води і ліпідів в сировині на пористість і вологість екструдованої білково-жирової системи створено ряд модельних зразків суміші сировинних компонентів, що містять різну кількість ліпідів та води. Вміст води у вихідній суміші сировинних компонентів змінювали шляхом додавання дистильованої води, вміст ліпідів – шляхом додавання олії соняшникової рафінованої. Тривалість відволожування, тобто експозиції зволоженої і збагаченої олією сировини після гомогенізації складала 10 хвилин.

Екструдуювання сировини проведено на прес-екструдері ПЕ-20, який призначено для отримання спучених екструдованих продуктів. Температура сировини в передматричній зоні не перевищує 135 °С. Швидкість обертання шнека становить 250 обертів на хвилину.

В зразках сировини та екструдованих продуктів визначено: масову частку води та летких речовин – гравіметричним методом згідно ДСТУ 7621; масову частку білку – за методом К'ельдаля згідно ДСТУ 7169; масову частку ліпідів і клітковини – методом спектроскопії в ближній інфрачервоній зоні згідно ДСТУ 7491.

Визначення пористості здійснювалося за допомогою покриття зразків екструдованого матеріалу водостійким лаком. Після висихання зразки поміщали у мірну ємність, наповнену водою. Враховували масу витісненої з циліндра води обробленими екструдованим матеріалом, щоб визначити об'єм зразку екструдованого матеріалу з порами. Зразок екструдату піддавали пресуванню, після чого визначали його об'єм.

Період індукції ліпідної складової екструдованого продукту проведено прискореним методом «активного кисню» згідно з ДСТУ ISO 6886.

Для планування експерименту і обробки даних застосовано математичні методи з використанням програмного пакету Stat Soft Statistica v 6.0 (США). Статистичну модель залежності визначено через апроксимацію експериментальних даних за допомогою побудови лінії тренду. Дослідження проведено в трикратному повторенні.

Результати дослідження

Як сировину для екструдованої білково-жирової системи обрано побічні продукти олієжирових виробництв – подрібнені шроти сої, ріпаку і коноплі, а також крупу кукурудзяну. Досліджено вміст ліпідів, вологи та летких речовин, сирого протеїну і клітковини зразків сировини для екструдованої білково-жирової системи (табл. 1).

Таблиця 1 – Хімічний склад зразків сировини для екструдованої білково-жирової системи

Вид сировини	Вміст, %							
	ліпіди		волога та леткі речовини		сирий протеїн		клітковина	
	Експеримент	Норма	Експеримент	Норма	Експеримент	Норма	Експеримент	Норма
Шрот соєвий	1,4	не більше 1,5	7,2	8,5...10,0	41,5	не менше 40,0	4,9	не більше 5,0
Шрот ріпаковий	1,8	не більше 3,0	7,8	8,0...12,0	38,0	не менше 37,0	14,2	не більше 16,0
Шрот конопляний	1,2	не більше 1,5	6,5	7,5...9,0	33,5	не менше 32,0	32,0	не більше 35,0
Крупа кукурудзяна	1,1	не нормується	14,0	не більше 14,0	8,5	не нормується	5,0	не нормується

Отримані результати досліджень свідчать, що зразки сировини для екструдованої білково-жирової системи відповідають вимогам відповідної нормативної документації. Єдиний показник, що відрізняється, це вологість шротів олійної сировини.

Спираючись на результати досліджень щодо раціонального співвідношення білковмісної і крохмалевмісної сировини, описані в роботі [6], проведено екструдування суміші сировинних компонентів наступного складу: шрот соєвий – 25 %; шрот ріпаковий – 25 %; шрот конопляний – 25 %; крупа кукурудзяна – 25 %. В результаті отримано екструдований продукт, що має наступний хімічний склад: вміст ліпідів – 1,32 %; вміст вологи та летких речовин – 7,20 %; вміст сирого протеїну – 29,90 %; вміст клітковини – 14,40 %. Показники складу свідчать, що в результаті екструдування за зазначених умов (п. п. 4. 3) в отриманому продукті зменшилися: вміст вологи та летких речовин (на 20,0 %); вміст ліпідів (на 4,3 %); вміст сирого протеїну (на 1,6 %). Пористість отриманого екструдованого продукту становить 68 %.

Визначено вплив вмісту вологи (c_w) і ліпідів (c_f) в сировині в співвідношенні 1:1:1:1 на пористість ($P(c_w, c_f)$) і вологість ($M(c_w, c_f)$) екструдованого продукту. Вміст вологи в сировині варіювали в інтервалі 9,0...13,5 % з кроком 1,5 %. Вміст ліпідів в сировині варіювали в інтервалі 2,0...6,0 % з кроком 2,0 %. Отримані значення пористості екструдованої білково-жирової системи знаходилися в межах 68...135 %; вологості екструдованої білково-жирової системи – в межах 7,2...12,7 %. Поверхні отриманих залежностей представлено на рис. 1. У вигляді рівнянь (2) і (3) представлено апроксимаційні залежності технологічних параметрів екструдованої білково-жирової системи, а саме: пористості ($P(c_w, c_f)$); вологості ($M(c_w, c_f)$) від факторів: вмісту вологи (c_w) в сировині; вмісту ліпідів (c_f) в сировині.

$$P(c_w, c_f) = -702,34 + 135,28 \cdot c_w + 13,66 \cdot c_f - 5,82 \cdot c_w^2 + 0,42 \cdot c_w \cdot c_f - 1,91 \cdot c_f^2; \quad (2)$$

$$M(c_w, c_f) = 7,99 - 0,54 \cdot c_w + 0,11 \cdot c_f + 0,0407 \cdot c_w^2 + 0,02 \cdot c_w \cdot c_f. \quad (3)$$

Базуючись на отриманих результатах експериментів та їхній статистичній обробці, скориговано вміст води і ліпідів в обраній сировині для екструдуювання. Окреслено раціональний діапазон досліджених факторів для отримання екструдованої білково-жирової системи задовільної пористості і вологості, а саме: величини вмісту води в сировині – 10,5...12,5 %; величини вмісту ліпідів в сировині – 3,5...5,0 %, за яких технологічні показники продукції в процесі екструдуювання підвищилися, а саме: пористість – 112...135 %; вологість – 8,0...9,2 %. Базуючись на результатах проведених досліджень (рис. 1, 2) і залежностях (2) і (3), отримано експериментальний зразок екструдованої білково-жирової системи. Сировиною є суміш шротів соєвого, ріпакового, конопляного та крупи кукурудзяної в співвідношенні 1:1:1:1 з додаванням олеїну пальмового рафінованого у кількості 3,2 %. Склад дослідженого зразку екструдованої білково-жирової системи порівняно з існуючим аналогом і наведено в табл. 2 (розрахункове значення вологості екструдованої білково-жирової системи запропонованого складу склало 8,8 %).

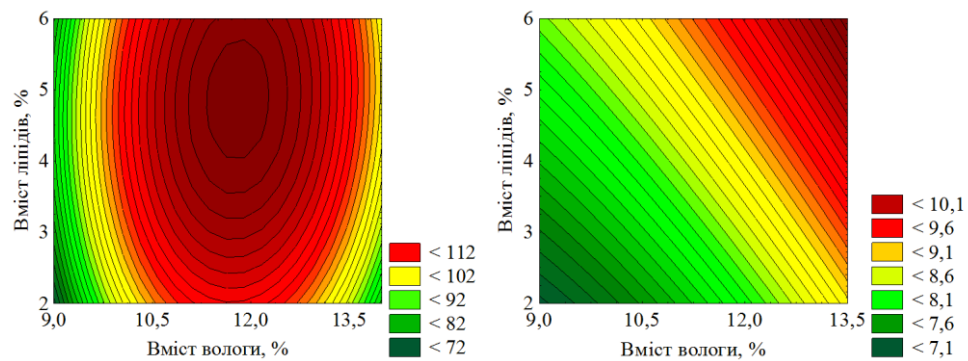


Рисунок 1 – Залежність пористості ($P(c_w, c_f)$) (а) і вологості ($M(c_w, c_f)$) (б) екструдованої білково-жирової системи від величини вмісту води (c_w) і ліпідів (c_f) в сировині

Таблиця 2 – Характеристика досліджуваних зразків екструдованих продуктів

Найменування показника	Зразки екструдованих білково-жирових систем	
	Розроблена	Існуючий аналогічний продукт (зразок порівняння)
Вміст ліпідів, %	4,40±0,16	4,60±0,18
Вміст води та летких речовин, %	8,50±0,34	9,10±3,70
Вміст сирого протеїну, %	29,00±1,16	8,20±0,33
Вміст клітковини, %	14,20±0,57	56,10±2,24
Пористість, %	130,0±5,2 %	105,0±4,2 %.

Зразок екструдованої білково-жирової системи запропонованого складу за вмістом ліпідів практично не відрізняється від зразку існуючого аналогічного продукту (4,40±0,16 % проти 4,60±0,18 % відповідно). Така ж закономірність стосується і вмісту

вологи і летких речовин ($8,50 \pm 0,34$ % проти $9,10 \pm 3,70$ % відповідно). Вміст сирого протеїну в екструдованій білково-жировій системі запропонованого складу перевищує такий в зразку порівняння в 3,5 рази ($29,00 \pm 1,16$ % проти $8,20 \pm 0,33$ % відповідно). Вміст клітковини в екструдованій білково-жировій системі запропонованого складу, навпаки, є меншим за такий в зразку порівняння в 3,9 рази ($14,20 \pm 0,57$ % проти $56,10 \pm 2,24$ % відповідно). Пористість екструдованої білково-жирової системи запропонованого складу перевищує таку у існуючого аналогічного продукту на 24 % ($130,0 \pm 5,2$ % (розрахункове значення – 128,0 %) і $105,0 \pm 4,2$ % відповідно).

Висновки

1. Досліджено вплив вмісту вологи і ліпідів в модельних зразках сировини на пористість і вологість екструдованої білково-жирової системи. Встановлене раціональне співвідношення вмісту вологи (10,5...12,5 %) і ліпідів (3,5...5,0 %) в сировині для екструдату.

2. Порівняно фізико-хімічні та технологічні показники екструдованої білково-жирової системи розробленого складу з тими ж показниками існуючого аналогічного продукту (пластівцями екструдованими мультизлаковими). Показники складу розробленого екструдату відповідають показникам продукту порівняння за вмістом ліпідів (4,4 % проти 4,6 %), вологи та летких речовин (8,5 % проти 9,1 %). Показники розробленого екструдату перевищують показники продукту порівняння за вмістом сирого протеїну (29,0 % проти 8,2 %) і пористості (130 % проти 105 %). Вміст клітковини в розробленому продукті є нижчим за продукт порівняння (14,2 % проти 56,1 %).

Література

1. Wallace, Th., Gibbons, D., O'Dwyer, M., Curran, Th. P. (2017). International evolution of fat, oil and grease (FOG) waste management – A review. *Journal of Environmental Management*, 187, 424-435. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.11.003>.
2. Vambol, V., Vambol, S., Kondratenko, O., Koloskov, V., Suchikova, Y. (2018). Substantiation of expedience of application of high-temperature utilization of used tires for liquefied methane production. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 87 (2), 77–84.
3. Danchenko, Y., Andronov, V., Kariev, A., Lebedev, V., Rybka, E., Meleshchenko, R., & Yavorska, D. (2017). Research into surface properties of disperse fillers based on plant raw materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5/12 (89), 20–26. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.111350>.
4. Tsykhanovska, I., Evlash, V., Alexandrov, A., Lazarieva, T., Svidlo, K., Gontar, T., Yurchenko, L., & Pavlotska, L. (2018). Substantiation of the mechanism of interaction between biopolymers of rye-and-wheat flour and the nanoparticles of the magnetofood food additive in order to improve moisture-retaining capacity of dough. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2/11 (92), 70–80. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126358>.
5. Singh, S., Gamlath, S., Wakeling, L. (2007). Nutritional aspects of food extrusion: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 42, 8, 916–929. DOI: 10.1111/j.1365- 2621.2006.01309.x
6. Petik, I., Litvinenko, O., Kalyna, V. & Ilinska, O. (2023). Development of extruded animal feed based on fat and oil industry waste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 122, 11, 112–120. DOI:10.15587/1729-4061.2023.275509.

7. Rousta, L. K., Bodbodak, S., Nejatian, M. & Yazdi, A. P. Gh. (2021). Use of encapsulation technology to enrich and fortify bakery, pasta, and cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology*, 118, A, 688–710. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.10.029>.
8. Mazaheri Tehrani, M., Ehtiati, A. & Sharifi Azghandi, S. (2017). Application of genetic algorithm to optimize extrusion condition for soy-based meat analogue texturization. *Journal of Food Science and Technology*, 54, 1119–1125 <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2524-9>.
9. Singh, J. P., Kaur, A., Singh, B. et al. (2019). Physicochemical evaluation of corn extrudates containing varying buckwheat flour levels prepared at various extrusion temperatures. *Journal of Food Science and Technology*, 56, 2205–2212. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03703-y>.
10. Mridula, D., Sethi, S., Tushir, S. et al. (2017). Co-extrusion of food grains-banana pulp for nutritious snacks: optimization of process variables. *Journal of Food Science and Technology*, 54, 2704–2716. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2707-4>.
11. Zhang, B., Liu, G., Ying, D., Sanguansri, L. (2017). Effect of extrusion conditions on the physico-chemical properties and in vitro protein digestibility of canola meal. *Food Research International*, 100, 1, 658–664. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.060>.
12. Zahari, I., Purhagen, J. K., Rayner, M., Ahlström, C. (2023). Extrusion of high-moisture meat analogues from hempseed protein concentrate and oat fibre residue. *Journal of Food Engineering*, 354, 111567. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111567>.
13. do Carmo, C. S., Varela, P., Knutsen, S. H., Sahlstrom, S. (2019). The impact of extrusion parameters on physicochemical, nutritional and sensorial properties of expanded snacks from pea and oat fractions. *LWT – Food Science and Technology*, 112, 108252. DOI:10.1016/j.lwt.2019.108252.

Bibliography (transliterated)

1. Wallace, Th., Gibbons, D., O'Dwyer, M., Curran, Th. P. (2017). International evolution of fat, oil and grease (FOG) waste management – A review. *Journal of Environmental Management*, 187, 424–435. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.11.003>.
2. Vambol, V., Vambol, S., Kondratenko, O., Koloskov, V., Suchikova, Y. (2018). Substantiation of expedience of application of high-temperature utilization of used tires for liquefied methane production. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 87 (2), 77–84.
3. Danchenko, Y., Andronov, V., Kariev, A., Lebedev, V., Rybka, E., Meleshchenko, R., & Yavorska, D. (2017). Research into surface properties of disperse fillers based on plant raw materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5/12 (89), 20–26. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.111350>.
4. Tsykhanovska, I., Evlash, V., Alexandrov, A., Lazarieva, T., Svidlo, K., Gontar, T., Yurchenko, L., & Pavlotska, L. (2018). Substantiation of the mechanism of interaction between biopolymers of rye-and-wheat flour and the nanoparticles of the magnetofood food additive in order to improve moisture-retaining capacity of dough. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2/11 (92), 70–80. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126358>.
5. Singh, S., Gamlath, S., Wakeling, L. (2007). Nutritional aspects of food extrusion: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 42, 8, 916–929. DOI: 10.1111/j.1365- 2621.2006.01309.x

6. Petik, I., Litvinenko, O., Kalyna, V. & Ilinska, O. (2023). Development of extruded animal feed based on fat and oil industry waste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 122, 11, 112–120. DOI:10.15587/1729-4061.2023.275509.

7. Rousta, L. K., Bodbodak, S., Nejatian, M. & Yazdi, A. P. Gh. (2021). Use of encapsulation technology to enrich and fortify bakery, pasta, and cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology*, 118, A, 688–710. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.10.029>.

8. Mazaheri Tehrani, M., Ehtiati, A. & Sharifi Azghandi, S. (2017). Application of genetic algorithm to optimize extrusion condition for soy-based meat analogue texturization. *Journal of Food Science and Technology*, 54, 1119–1125 <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2524-9>.

9. Singh, J. P., Kaur, A., Singh, B. et al. (2019). Physicochemical evaluation of corn extrudates containing varying buckwheat flour levels prepared at various extrusion temperatures. *Journal of Food Science and Technology*, 56, 2205–2212. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03703-y>.

10. Mridula, D., Sethi, S., Tushir, S. et al. (2017). Co-extrusion of food grains-banana pulp for nutritious snacks: optimization of process variables. *Journal of Food Science and Technology*, 54, 2704–2716. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2707-4>.

11. Zhang, B., Liu, G., Ying, D., Sanguansri, L. (2017). Effect of extrusion conditions on the physico-chemical properties and in vitro protein digestibility of canola meal. *Food Research International*, 100, 1, 658–664. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.060>.

12. Zahari, I., Purhagen, J. K., Rayner, M., Ahlström, C. (2023). Extrusion of high-moisture meat analogues from hempseed protein concentrate and oat fibre residue. *Journal of Food Engineering*, 354, 111567. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111567>.

13. do Carmo, C. S., Varela, P., Knutsen, S. H., Sahlstrom, S. (2019). The impact of extrusion parameters on physicochemical, nutritional and sensorial properties of expanded snacks from pea and oat fractions. *LWT – Food Science and Technology*, 112, 108252. DOI:10.1016/j.lwt.2019.108252.

УДК 664.784.8: 633.854

С. В. Станкевич¹, к.с.-г.н., доцент, С. Б. Омельченко¹, к.техн.н.,
О. В. Котляр¹, к.техн.н. доцент, Мюшфік Панах огли Бакіров¹, к.техн.н.,
О. В. Жулінська², к.техн.н., Н. Л. Аштаєва³, викл.

ЗАЛЕЖНІСТЬ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕКСТРУДАТУ ВІД ХАРАКТЕРИСТИК СИРОВИНИ

Розглянуто шлях вирішення проблеми корегування технологічних показників, зокрема пористості та вмісту вологи в екструдованих білково-жирових системах на основі шротів соєвого, ріпакового, конопляного та крупи кукурудзяної. Особливість роботи полягає у обґрунтуванні раціонального співвідношення вмісту вологи і ліпідів в сировинних компонентах екструдату, що є важливим аспектом раціоналізації складу та покращення текстури інноваційних екструдованих продуктів на базі вказаної сировини.

Об'єктом дослідження є технологічні показники, зокрема пористість і вологість екструдованої білково-жирової системи в залежності від вмісту вологи і ліпідів в сировинних компонентах. Встановлено раціональне співвідношення вмісту вологи (10,5...12,5 %) і ліпідів (3,5...5,0 %) в сировині для екструдованої білково-жирової системи.

Порівняно фізико-хімічні та технологічні показники екструдованої білково-жирової системи розробленого складу з тими ж показниками існуючого аналогічного продукту (пластівцями екструдованими мультизлаковими). Показники складу розробленого екструдату відповідають показникам продукту порівняння за вмістом ліпідів (4,4 % проти 4,6 %), вологи та летких речовин (8,5 % проти 9,1 %). Показники розробленого екструдату перевищують показники продукту порівняння за вмістом сирого протеїну (29,0 % проти 8,2 %) і пористості (130 % проти 105 %). Вміст клітковини в розробленому продукті є нижчим за продукт порівняння (14,2 % проти 56,1 %). Отримані дані пояснюються тим, що використано комплекс складових, частина з яких є відходами виробництва, з обґрунтованим вмістом вологи та ліпідів, що вплинуло на позитивні технологічні характеристики екструдату. Прикладним аспектом використання даного наукового результату є можливість раціоналізації процесу екструдування шротів олійних культур для досягнення бажаної текстури, пористості та стабільності ліпідної компоненти продукту.

Ключові слова: екструдування, білково-жирова система, шроти, крупа кукурудзяна, вміст вологи, вміст ліпідів, пористість.

S. V. Stankevich, S. B. Omelchenko, O. V. Kotlyar, Mushfik Panakh ogly Bakirov,
O. V. Zhulinska, N. L. Ashtaeva

DEPENDENCE OF QUALITY INDICATORS OF EXTRUDATE ON RAW MATERIAL CHARACTERISTICS

The way to solve the problem of correcting the technological indicators, especially porosity and moisture content in extruded protein-fat systems based on soybean, rapeseed, hemp and corn groats is considered. The peculiarity of the work is the substantiation of the rational ratio of the content of moisture and lipids in the raw components of the extrudate, which is an important aspect of rationalizing the composition and improving the texture of innovative extruded products based on the specified raw materials.

The object of the research is the technological indicators, in particular the porosity and humidity of the extruded protein-fat system, depending on the moisture and lipid content of the raw components. A rational ratio of moisture content (10.5...12.5 %) and lipids (3.5...5.0 %) in the raw material for the extruded protein-fat system has been established.

The physico-chemical and technological indicators of the extruded protein-fat system of the developed composition were compared with the same indicators of the existing similar product (extruded multi-cereal flakes). The indicators of the composition of the developed extract correspond to the indicators of the comparison product in terms of lipid content (4.4% vs. 4.6 %), moisture and volatile substances (8.5 % vs. 9.1 %). The indicators of the developed extrudate exceed the indicators of the comparison product in terms of crude protein content (29.0 % vs. 8.2 %) and porosity (130 % vs. 105 %). The fiber content in the developed product is lower than the comparison product (14.2 % versus 56.1 %). The obtained data are explained by the fact that a complex of components was used, some of which are production waste, with reasonable moisture and lipid content, which affected the positive technological characteristics of the extrudate. An applied aspect of using this scientific result is the possibility of rationalizing the process of extruding oilseed meal to achieve the desired texture, porosity and stability of the lipid component of the product.

Keywords: extrusion, protein-fat system, meal, corn grits, moisture content, lipid content, porosity.