

## RESEARCH OF THE INFLUENCE OF ADDITION OF SODA AND WHEAT BRAN ON THE CORN GRAIN EXTRUSION

O. Shapovalenko, O. Yevtushenko, H. Lyashko

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Wheat bran*  
*Grain extrusion*  
*Optimization of the process*  
*Soda*

---

**Article history:**

Received 18.01.2019  
Received in revised form  
05.02.2019  
Accepted 14.02.2019

---

**Corresponding author:**

O. Shapovalenko  
**E-mail:**  
Shapov13@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The paper deals with the study of the influence of the coarse wheat bran and soda addition on the corn grain extrusion. Corn and wheat bran are the main raw material for the production of feed for pigs. However, bran contain compounds that, without special treatment, are not digested by monogastric animals. Their traditional treatment involves only delimitation and shredding, so extrusion studies have been carried out.

Soda is used as a chemical scarifier. It is added to reduce the stomach acidity of farm animals and as a source of sodium. The size of grain of wheat bran was 1.3 mm. Bran was extruded without prior grinding.

The diagrams of the chemical composition of the raw material and the optimal sample are presented, where the following indicators are given: moisture, protein, fat, fiber, ash and extractives. The extrusion process was optimized. The extrusion coefficient is an optimization criterion (Y) and a technological indicator of the finished product. The calculated values of the Student and Fisher criteria were 0.01215 and 1.216, respectively. So the linear regression equation is adequate.

The mathematical process was optimized using the steep ascent method (Box-Wilson). The factors at the zero level are  $C_1 = 45$  g,  $C_2 = 15$  g,  $C_3 = 6.5$ , and the value of the interval of variation is 15, 5, and 2.5, respectively. Using the steep ascent program, an optimal sample of the extrusion process has been determined, based on the coefficient of expansion, which is 1.55. The estimated exchange energy is 1.874 MJ/100 g.

The extruded product can be further used in the production of animal feed as a source of sodium, in which it is evenly distributed in the mixture, it is not lost during mechanical movement and produces an antimicrobial effect.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОДАВАННЯ СОДИ ТА ПШЕНИЧНИХ ВИСІВОК НА ЕКСТРУДУВАННЯ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ

О.І. Шаповаленко, О.О. Євтушенко, Г.В. Ляшко

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено вплив додавання крупнодисперсних пшеничних висівок і соди на екструдкування зерна кукурудзи. Зазначено, що при виробництві комбікорму для молодняка свиней використовують основну сировину — кукурудзу та висівки пшеничні. Однак висівки містять у своєму складі сполуки, які без спеціальної обробки не засвоюються в організмі моногастричних тварин. Традиційна їх обробка передбачає лише сепарування та подрібнення, тому були проведені дослідження екструдкування висівок.

Соду використовують як хімічний розпушувач. При відгодівлі її додають для зменшення кислотності в шлунку сільськогосподарських тварин та як джерело натрію. При проведенні досліджень крупність пшеничних висівок становила 1,3 мм. При екструдванні висівки попередньо не подрібнювали.

Представлено діаграми хімічного складу сировини та оптимального зразка, де наведені такі показники: вологість, протеїн, жир, клітковина, зола та безазотисті екстрактивні речовини. Проведено оптимізацію процесу екструдкування сумішей. За критерій оптимізації ( $Y$ ) обрано технологічний показник готової продукції — коефіцієнт спучення екструдату. Розрахункові кінцеві значення критеріїв Стьюдента та Фішера становили, відповідно, 0,01215 та 1,216. Отже, лінійне рівняння регресії є адекватним.

Проведено оптимізацію математичного процесу за допомогою методу крутого сходження (Бокса-Уілсона). Значення факторів на нульовому рівні  $C1 = 45$  г,  $C2 = 15$  г,  $C3 = 6,5$ , а значення інтервалу варіювання, відповідно, 15, 5 та 2,5. За допомогою програми крутого сходження визначено оптимальний зразок процесу екструдкування за коефіцієнтом спучення, який становить 1,55. Розрахункова обмінна енергія становить 1,874 МДж/100 г.

Отриманий екструдований продукт у подальшому може бути використаний при виробництві комбікормів як джерело натрію, в якому він рівномірно розподілений в суміші, не втрачається при механічному переміщенні та здійснює протимікробний вплив.

**Ключові слова:** пшеничні висівки, екструдкування зерна, оптимізація процесу, сода.

**Постановка проблеми.** Концепція сучасної науки про годівлю сільськогосподарських тварин передбачає організацію науково-обґрунтованої годівлі не тільки в повному забезпеченні тварин необхідними кормами, але й у тому, щоб допомогти їм засвоїти з раціону максимально можливу кількість поживних речовин. Для цього здійснюють заходи для усунення в кормах факторів, що стримують розщеплення, перетравність і засвоєння білків, ліпідів і вугле-

водів, факторів, що спричиняють виникнення захворювань, знижують відтворну функцію тощо.

Зараз у годівлі свиней все частіше використовують більш дешеву кормову сировину як джерело обмінної енергії, протеїну й амінокислот. Тому значно збільшуються об'єми використання низькоякісного зернофуражу, побічних продуктів переробки технічних культур і зерна (шротів, висівок тощо). За таких умов у раціонах свиней відчутно підвищується вміст клітковини, не крохмальних, фітатних сполук та інших антипоживних речовин, які знижують біологічну повноцінність кормів і, відповідно, продуктивність тварин [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Традиційно, висівки за принциповою схемою технологічного процесу виробництва преміксів попередньо просіюють, зберігають і сушать у сушарках, а крупну фракцію відбирають і подрібнюють в молоткових дробарках з подальшим направленням на виробництво. Введення середніх і мікрокомпонентів здійснюють при попередньому змішуванні та подрібнюванні з наповнювачем.

За іншим технологічним рішенням висівки пшеничні одразу подають на зберігання при низькій їх вологості, подрібнюють крупну фракцію з використанням вальцевих верстатів і змішують з виготовленням розсипних сумішей преміксів.

Італійська технологія передбачає сушіння наповнювача (висівок) та солей мікроелементів. Ці солі подрібнюють і в подальшому змішують з висівками [2].

У всіх цих технологічних рішеннях виробництва преміксів, як і в технології використання борошністої сировини в комбікормах, спостерігається відсутність додаткової обробки висівок з метою більш ефективного засвоєння поживних речовин моногастричними сільськогосподарськими тваринами.

Натомість при екструдванні продукт піддається комбінованій дії тиску й температури, внаслідок чого змінюється структура корму, відбувається інактивація інгібіторів травного тракту, нейтралізація токсичних речовин, стерилізація корму, поліпшення смакових якостей і декстринізація крохмалю. За рахунок різкого падіння тиску при виході розігрітої зернової маси відбувається «вибух» (збільшення об'єму) продукту, що робить його більш доступним для дії ферментів шлунку тварин та різко підвищує його засвоюваність. Екструдований корм найбільш раціонально використовувати в годівлі поросят молодшого віку, оскільки їх травна система ще не здатна перетравлювати складні поживні речовини [3; 4].

При екструдванні зернових культур відбувається збільшення в них рівня декстринів на 12...14%, що дає змогу використовувати екструдати в кількості 32...60% у раціонах поросят, у тому числі раннього відлучення. Це істотно скорочує використання молочних кормів на 50% і білково-енергетичних джерел мікробіологічного і тваринного походження на 30...60%, знижує собівартість вирощування поросят на 30...40% [5].

Для безпечної годівлі сільськогосподарських тварин і запобігання деяких хвороб у корми додають буферні речовини, які нейтралізують соляну кислоту шлункового соку. Найпоширенішим природним джерелом з високою буферною ємністю є сода (гідрокарбонат натрію). Ця мінеральна речовина може

бути використана також для збалансування вмісту натрію в кормах за умови неможливості підвищення вмісту кухонної солі.

**Мета дослідження:** визначення впливу додавання гідрокарбонату натрію на екструдування зерна кукурудзи з висівками пшеничними та пошук оптимального співвідношення цих компонентів.

**Матеріали і методи.** Основними компонентами при створенні сумішей було обрано: зерно кукурудзи (ДСТУ 4525:2006), висівки пшеничні (ДСТУ 3016-95), сода харчова (ГОСТ 32802-2014).

Досліджувалися органолептичні та фізико-хімічні показники сировини та виготовленого екструдованого продукту. Масову частку вологи визначали за ДСТУ ISO 6496:2005. Масову частку сирової золи — за ДСТУ ISO 4252:2003. Метод визначення сирової клітковини проводили за ДСТУ ISO 6865:2004. Визначення масової частки сирого жиру проводили на основі екстракції продукту діетиловим ефіром за методом Сокслета за ДСТУ ISO 6492-2003.

Визначення протеїну відбувалось за біуретовим методом [6].

Вміст безазотистих екстрактивних речовин (БЕР) визначали відніманням від ста відсотків вмісту сирого протеїну, сирого жиру, сирової клітковини та сирової золи.

Енергетичну цінність (обмінну енергію — ОЕ, МДж/100г) розраховували за формулою [7]:

$$ОЕ = 0,02395СП + 0,03977СЖ + 0,02005СК + 0,0174БЕР, \quad (1)$$

де СП — вміст сирого протеїну, %; СЖ — вміст сирого жиру, %; СК — вміст сирової клітковини, %; БЕР — вміст безазотистих екстрактивних речовин, %.

За результатами проведення екструдування сумішей визначався коефіцієнт спучення діленням середнього значення діаметра екструдату на діаметр випускного отвору екструдера.

У дослідженнях застосовували методи експериментально-статистичного моделювання (ЕСМ). Для цього був складений план повного факторного експерименту ПФЕ-2<sup>3</sup>. Для обробки експериментальних даних були застосовані такі статистичні критерії, розрахункове значення яких порівнювалось із табличним значенням:

- перевірка однорідності дисперсій — критерій Кохрена;
- значущість коефіцієнтів рівнянь регресії — критерій Стюдента;
- аналіз адекватності отриманого рівняння — критерій Фішера [8].

**Результати і обговорення.** На першому етапі досліджень був визначений хімічний склад зерна кукурудзи та висівок пшеничних. Результати досліджень наведено на рис. 1.

За отриманими результатами досліджень (рис. 1) можна відзначити, що за вмістом основних компонентів хімічного складу висівки пшеничні досить подібні до зерна кукурудзи. За вмістом сирого протеїну (15,6%) та сирової клітковини (7,5%) вони навіть перевищують зерно кукурудзи, однак при цьому доступність поживних речовин для засвоєння в зерні кукурудзи є більшою. Середньозважений розмір висівок був на рівні 1,3 мм, що характеризує їх як крупні висівки з підвищеним вмістом поживних речовин.

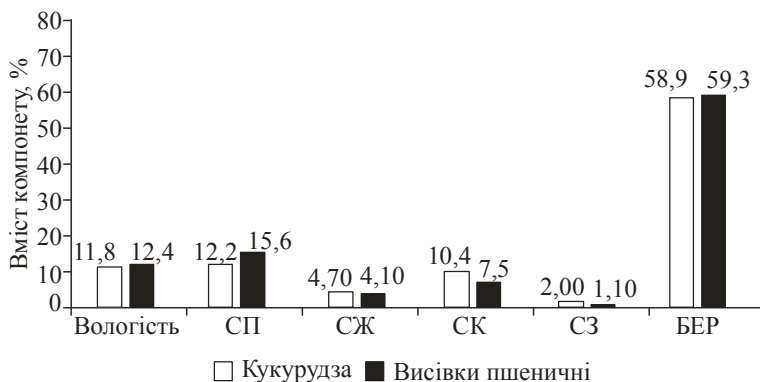


Рис. 1. Хімічний склад досліджуваної сировини

На другому етапі досліджень проводили оптимальне планування експерименту, яке використовується в двох основних напрямках:

- для дослідження механізму складних процесів і властивостей багатofакторних систем;
- для оптимізації технологічних процесів і властивостей багатofакторних систем [9].

За основні фактори, що впливають на якість екструдованих сумішей, було обрано:  $X_1$  — вміст висівок пшеничних (15...30%);  $X_2$  — вміст соди харчової (5...10%);  $X_3$  — активну кислотність водного розчину (рН 4...9). При створенні сумішей як основний компонент використовували зерно кукурудзи і всі відсоткові значення інших компонентів приймалися із розрахунку на 100% кукурудзи. Для створення лужного середовища використовували 0,1 н розчин гідроксиду натрію, а для кислого середовища — 0,1 н розчин оцтової кислоти. Матриця планування експериментів наведена в табл. 1. За критерій оптимізації ( $Y$ ) обрано коефіцієнт спучення екструдату (табл. 2).

Таблиця 1. Матриця в натуральному вигляді

№	Висівки пшеничні (крупна фракція), %	Сода харчова, %	Активна кислотність водного розчину, рН
1	30	10	4
2	15	10	4
3	30	5	4
4	15	5	4
5	30	10	9
6	15	10	9
7	30	5	9
8	15	5	9

Таблиця 2. Коефіцієнт спучення екструдату

№	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_{\text{сеп}}$
1	2	3	4	5
1	1,43	1,4	1,45	1,43
2	1,57	1,55	1,53	1,54

1	2	3	4	5
3	1,29	1,33	1,3	1,31
4	1,43	1,45	1,42	1,43
5	1,29	1,31	1,3	1,3
6	1,43	1,45	1,4	1,43
7	1,05	1,12	1,13	1,1
8	1,43	1,5	1,43	1,45

Після проведення обробки даних була визначена математична модель. Всі коефіцієнти рівняння регресії перевірялись за значенням критерію Стьюдента (0,01215). З усіх коефіцієнтів незначущим виявлено складову  $0,00625x_2x_3$ .

Після видалення незначущого коефіцієнта, рівняння регресії в кодованому вигляді приймає вигляд:

$$y = 1,374 + 0,089x_1 - 0,051x_2 - 0,054x_3 + 0,029x_1x_2 - 0,031x_1x_3 + 0,026x_1x_2x_3. (2)$$

Розрахунковим шляхом встановлено, що  $S_{ад}^2 = 0,0032$  і  $S_y^2 = 0,0026$ . При цьому розрахунковий критерій Фішера становитиме  $F_p = 1,22$ . Враховуючи, що його значення менше табличного ( $4,46 > 1,22$ ), можна зробити висновок, що отримане рівняння регресії адекватно описує процес.

На третьому етапі був проведений пошук оптимальних значень вхідних змінних методом крутого сходження (Бокса-Уілсона). Раніше обрані значення факторів на нульовому рівні —  $C_1 = 45$  г,  $C_2 = 15$  г,  $C_3 = 6,5$  з розрахунку на 200 г кукурудзи. Значення інтервалу варіювання відповідно — 15, 5 та 2,5. Розрахунок програми крутого сходження наведено в табл. 3.

*Таблиця 3. Програма крутого сходження*

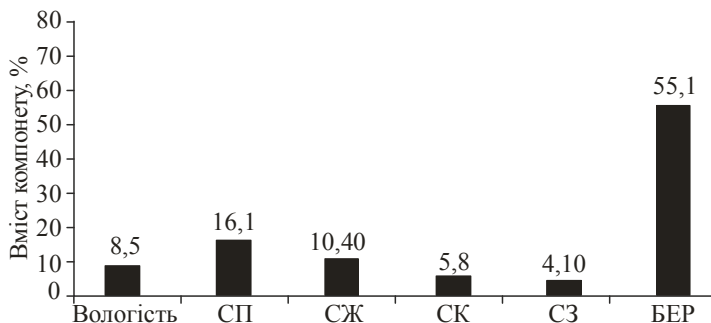
Найменування	Фактори		
	$C_1$	$C_2$	$C_3$
Нульовий рівень	45	15	6,5
Інтервал	15	5	2,5
Коефіцієнт	0,089	-0,051	-0,054
Добуток	1,3313	-0,2563	-0,1344
$S_{баз}$		-0,2563	
Крок	1,3313	-0,2563	-0,1344
Закруглений крок	1,33	-0,26	-0,13

За результатами реалізації програми крутого сходження після екструзування та розрахунку були отримані нові значення коефіцієнта спучення (табл. 4)

*Таблиця 4. Коефіцієнт спучення за програмою крутого сходження*

№	$C_1$ , г (висівки)	$C_2$ , г (сода)	$C_3$ , (рН)	Коефіцієнт спучення
9	45	15	6,5	1,55
10	46,33	14,75	6,37	1,31
11	47,66	14,49	6,24	1,27
12	48,99	14,23	6,11	1,49
13	50,32	13,97	5,98	1,47

За результатами проведених досліджень було встановлено, що максимальне значення коефіцієнта спучення становить 1,55 (табл. 3) для зразка № 9. Показники хімічного складу цієї екструдованої суміші з розрахунку на загальну масу наведено на рис. 2.



**Рис. 2.** Хімічний склад оптимального екструдованого зразка

За отриманими результатами хімічного складу екструдованої суміші № 9 (рис. 2), була визначена обмінна енергія екструдату за допомогою формули 1:

$$OE = 0,02395 \cdot 16,1 + 0,03977 \cdot 10,40 + 0,02005 \cdot 5,8 + 0,0174 \cdot 55,1 = 1,874 \text{ МДж/100 г.}$$

### **Висновки**

За результатами проведених пошукових досліджень щодо впливу соди та висівку пшеничних на екструдування зерна кукурудзи можна відзначити, що оптимальне співвідношення компонентів з розрахунку на 200 г зерна кукурудзи, при якому коефіцієнт спучення досягає значення на рівні 1,55 становить: висівки пшеничні з крупністю 1,3 мм — 45 г, сода харчова — 15 г, активна кислотність водного розчину оцтової кислоти — рН 6,5. Отриманий результат був досягнутий за рахунок комплексного використання властивостей бікарбонату натрію як мінерального розпушувача та його взаємодією з висівками і зерном кукурудзи в слабо кислому середовищі.

За результатами проведення ПФЕ 2<sup>3</sup> була визначена математична модель (формула 2), в якій коефіцієнти рівняння регресії є значущими і дані фактора здійснюють вплив на процес екструдування. Критерії Фішера та Стьюдента, відповідно, становлять 1,216 та 0,01215.

Отриманий екструдований продукт у подальшому може бути використаний при виробництві комбікормів як джерело нехлорованого натрію, в якому натрій рівномірно розподілений у суміші, не втрачається при механічному переміщенні за рахунок взаємозв'язку із зерною сировиною та здійснює протимікробний вплив з підтримкою значення рН на постійному рівні.

### **Література**

1. Воєцька О.Є., Лапінська А.П., Макаринська А.В., Луніна Л.О. Ефективність використання екструдованого зерна та ферментів у комбікормах для поросят // Зернові продукти і комбікорми. 2013. № 3. С. 41—45.

2. Єгоров Б.В., Шаповаленко О.І., Макаринська А.В. Технологія виробництва преміксів: підруч. Київ: Центр учбової літератури. 2007. 288 с.
3. Бойко Л., Трунова Л., Петров Н., Ефремов В. Екструзионные технологи в комбикормах для поросят. Комбикорма. 2009. № 7. С. 48—49.
4. Клейменов Н.И., Никитин Н.В. Технология производства и использования экструдированных кормов в животноводстве. Москва: Россельхозиздат. 1981. С. 18.
5. Єгоров Б.В., Воєцька О.С., Кочетова А.О., Макаринська А.В. Композиційні суміші для поросят. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2010. В. 38. Т.1. С. 16—19.
6. Гуменюк О.Л. Харчова хімія: лабораторний практикум URL: [https://spo.stu.cn.ua/-Oksana/harch\\_himia\\_lab\\_prakt/170.html](https://spo.stu.cn.ua/-Oksana/harch_himia_lab_prakt/170.html) (дата звернення: 06.12.2018).
7. Шацкий В.В. Моделирование механизированных процессов приготовления кормов. Запорожье: ИМЖ УААН. 1998. 139 с.
8. Golikova Tetiana, Babich Oksana (2016) Refinement of technology of macaroni products enriched with whortleberry. *Ukrainian Journal of Food Science*. 4(1). P. 94—104.
9. Мальцев П.М., Емельянова Н.А. Основы научных исследований: учеб. Киев: Высшая школа. 1982. С. 192.