

## СПІВВІДНОШЕННЯ КУКУРУДЗИ І КОРЕНЕПЛОДІВ У ЕКСТРУДОВАНИХ КОРМОСУМІШАХ

**О.І. ШАПОВАЛЕНКО, доктор технічних наук, професор  
Національний університет харчових технологій  
І.Ф. УЛЯНИЧ, аспірант\*  
Уманський національний університет садівництва**

*Вивчено вплив на якісні показники екструдату з кукурудзи овочевих компонентів, зокрем, буряку столового і моркви столової. Доведено, що на фізичні й технологічні властивості екструданту впливає концентрація добавок. Додавання овочів до зерна кукурудзи зменшує питомі витрати електроенергії на екструдування. Встановлено оптимальне співвідношення компонентів.*

**Екструдер, кормова суміш, кукурудза, буряк столовий, морква столова, масова частка вологи, об'ємна маса, набухання, кут природного укусу, коефіцієнт розширення.**

Нині для кращого росту і розвитку, а також для підвищення продуктивності тварин й одержання екологічно чистої м'ясної продукції, фахівці дедалі частіше використовують природні кормові добавки у складі корму. Поряд із цим у нашій країні постійно нагромаджуються великі запаси овочевої сировини, яка недостатньо використовується в комбікормовій промисловості. Тому перехід на альтернативні технології виробництва кормів є одним із найпріоритетніших напрямів зміцнення кормової бази та зменшення витрат на її нарощування [1,3,5].

Останнім часом відчувається відсутність сучасних технологій промислового використання овочевої сировини як натуральної кормової добавки для відгодівлі тварин [2,3].

Поліпшення якості комбікормової продукції та вдосконалення кормового раціону для тварин залежать від уведення до комбікорму нових видів рослинної сировини, що містять збалансований комплекс білків, ліпідів, амінокислот, органічних кислот, мінеральних речовин, вітамінів, які додатково відіграють роль природних підкислювачів і мають високі поживні та кормові властивості, на що вказують у своїх дослідженнях провідні вчені В.А. Афанасьєв [1], Б.В. Єгоров [4] А.П. Левицький [3,5], А.Н. Остриков [7].

**Мета дослідження** – показати як підвищує цінність комбікорму з кукурудзи збагачення овочевими компонентами зі збереженням фізичних і технологічних властивостей екструдату.

**Матеріали і методи дослідження.** Досліди проводили на кафедрі технології зберігання і переробки зерна Уманського національного універ-

---

\* Науковий керівник, доктор технічних наук, професор - О.І. Шаповаленко

ситету садівництва (НУС). Матеріалами при цьому були зернова сировина (кукурудза) та овочеві компоненти (буряк столовий, морква столова). Для одержання дослідних зразків екструзійного продукту та здійснення експериментальних досліджень використали лабораторний одношнековий екструдер КЭШ-1.

Методом короткочасної екструзії за одночасного впливу інтенсивних механічних напруг і високої температури (120–170°C) одержання екструзійні продукти з кукурудзи й овочевих компонентів у концентрації 2,5 %, 5,0 , 10,0 , 15,0 , 22,5 %.

Технологічний процес полягав у наступному. Екструдер розігрівали до температури 160°C, частота обертання шнека сягала 610 об./хв. У приймальний бункер екструдера подавалася попередньо підготовлена суміш цілих зерен кукурудзи і подрібнених овочів (товщина – 1–2 , довжина – 4–10 мм). Величина подачі суміші залишалася сталою. Далі продукт потрапляв у зону завантаження, де шнек захоплював суміш, ущільнював, пластифікував і видавлював через кільцевий зазор. Площа поперечного перерізу була сталою і становила 19,5 мм<sup>2</sup> (еквівалентна матриці діаметром 5 мм).

Екструдовані зразки подрібнювали до крупності часточок 6–12 мм. Визначали вологість, об'ємну масу, коефіцієнти розширення і набухання, кут природного укусу. Ці показники характеризують технологічну якість екструдату.

**Результати дослідження та їхній аналіз.** Подрібнену суміш кукурудзи з овочевими компонентами та вихідні зразки оцінювали за фізичними і технологічними показниками. Вони дають змогу виявити структурні зміни зернової суміші, які відбуваються в процесі екструзійної обробки й визначити якість продукції. Встановлено, що при екструдванні значно знижується вологість продукції.

Незалежно від виду овочевого коренеплоду та його концентрації масова частка вологи після екструдвання кукурудзи з коренеплодами зменшувалося на 26,0–31,5 %. Найбільші втрати вологи виявили у зернових зразках без додавання овочевих компонентів, де масова частка вологи становила 68,5 % до вихідного зразка, а різниця була 31,5 %. Додавання до суміші подрібненого буряку столового у різних концентраціях зумовлювало збільшення масової частки вологості у вихідній продукції на 2–17,5 % і моркви дещо менше – 1,8–16,5 %.

Отже, при екструзійній обробці суміші кукурудзи з овочевими компонентами значно зменшується масова частка вологи, що сприяє подальшому її збереженню і раціональному використанню на корм.

Визначення основних фізичних показників суміші кукурудзи з овочевими компонентами, таких як об'ємна маса, набухання, кут природного укусу, показало, що у процесі екструзії змінюються показники залежно від концентрації компонентів (табл. 1).

## 1. Фізичні показники суміші з овочевими компонентами залежно від концентрації

Суміш кукурудзи з овочевими коренеплодами		Об'ємна маса, кг/м <sup>3</sup>	Ступінь набухання, мл/г	Кут природного укусу, град.	Коефіцієнт розширення	
Вміст буряку столового, %	0- контроль	Вихідна	637,1	4,17	32,0	–
		Екструдована	138,4	8,53	41,4	3,23
	2,5	Вихідна	654,9	4,13	34,6	–
		Екструдована	147,7	8,43	41,3	3,06
	5,0	Вихідна	668,7	4,07	36,7	–
		Екструдована	156,4	8,23	42,7	2,63
	10,0	Вихідна	692,4	3,98	39,8	–
		Екструдована	198,7	7,40	43,2	1,73
	15,0	Вихідна	732,1	3,89	41,5	–
		Екструдована	242,8	6,07	43,8	1,53
Вміст моркви столової, %	22,5	Вихідна	778,7	3,74	46,4	–
		Екструдована	272,1	4,43	45,4	1,02
	0 - контроль	Вихідна	637,1	4,17	32,0	–
		Екструдована	138,4	8,53	41,4	3,23
	2,5	Вихідна	667,7	4,12	34,6	–
		Екструдована	145,3	8,49	41,5	3,19
	5,0	Вихідна	700,4	4,06	36,2	–
		Екструдована	151,5	8,43	42,6	2,28
	10,0	Вихідна	700,4	3,92	39,3	–
		Екструдована	194,0	7,77	41,2	1,65
15,0	Вихідна	733,1	3,83	42,4	–	
	Екструдована	245,2	6,65	43,9	1,34	
22,5	Вихідна	774,7	3,73	45,9	–	
	Екструдована	262,7	4,56	45,2	1,05	

Оскільки макромолекули екструдатів упаковані порівняно нещільно і між ними можуть утворюватися порожнини, в які проникає вода, це викликає збільшення об'єму і посилює набухання. Аналіз даних 1 таблиці показав, що в екструдованому зерні кукурудзи з овочевими коренеплодами ступінь набухання становив 8,53 мл/г, тоді як у необробленому вигляді - 4,17 мл/г. Додавання до кормової суміші з кукурудзи овочевих коренеплодів в різній концентрації зменшувало її набухання. Так, за концентрації компонентів 2,5 % ступінь набухання залежно від компонента сягав 8,43 і 8,49 мл/г. Зростання вмісту овочевих коренеплодів до 10 % викликало зниження цього показника до 7,40 й 7,77 %, а підвищення до 15 % зменшило набухання до 6,07–6,65 %. Подальше зростання концентрації овочевих компонентів у кормовій суміші до 22,5 % зумовлювало зниження ступеня набухання, до 4,43–4,56 %.

Отже, набухання суміші кукурудзи з овочевими компонентами залежно від їхнього вмісту показало, що зі збільшенням кількості доданого компонента зменшується набухання екструдованого продукту, що свідчить про зниження здатності суміші з високими концентраціями компонентів вбирати воду.

Далі визначали об'ємну масу суміші. Одержані дані свідчать, про те, що підвищення вмісту овочевих складових викликає зростання об'ємної

маси кормової суміші у вихідній сировині від 637,1 до 778,7 кг/м<sup>3</sup> та в екструдованій – від 138,4 до 272,1 кг/м<sup>3</sup>.

Кут природного укосу у вихідній сировині становив 32<sup>0</sup>. При збільшенні кількості овочевих компонентів він досягнув 46<sup>0</sup>. Екструдкування сприяло підвищенню цього показника на 1–9<sup>0</sup>. За вмісту овочевого компонента 22,5 % показники необробленої суміші та готового екструдату вирівнювалися і кут природного укосу становив 45–46<sup>0</sup>.

Після виходу продукту з отвору матриці через значний перепад тиску і температури різко вивільняється волога. Це призводить до утворення високопористої структури та значного зростання поперечного розміру екструдату. Відповідний процес характеризується збільшенням об'єму продукту, що великою мірою залежить від вмісту крохмалю. Коефіцієнт розширення в екструдаті з чистої кукурудзи був 3,17 і знизився за подальшого підвищення концентрації овочів. Найнижчий показник був при внесенні овочевого компонента у концентрації 22,5 % і становив 1,02 та 1,05.

Продуктивність визначали зважуванням кількості готового екструдату за певний проміжок часу. Вища продуктивність виявилася за концентрації овочевих компонентів 2,5 і 5,0 % (табл. 2). Це пояснюється вмістом вологи в овочах, яка за помірної концентрації (16–18 %) сприяє кращому перебігу процесу. Але подальше зростання вмісту вологи призводить до погіршення транспортування шнеком текучого матеріалу.

## 2. Технологічні показники процесу екструдкування

Показник	Концентрація овочевих компонентів, %						
	0,0	2,50	5,00	10,00	15,00	22,50	
Продуктивність, кг/год.	Б	26,5	27,6	26,8	22,3	19,6	18,2
	М	26,5	26,7	25,4	21,8	18,6	17,8
Навантаження електродвигуна, А	Б	6,4	6,1	5,4	4,9	4,6	4,8
	М	6,4	6,3	5,5	5,0	4,7	4,9
Споживана потужність, кВт	Б	3,1	3,0	2,6	2,4	2,2	2,3
	М	3,1	3,1	2,7	2,4	2,3	2,4
Питомі витрати електроенергії, кВт/год·т	Б	117,6	107,7	98,1	107,0	114,4	128,5
	М	117,6	115,0	105,6	111,7	123,1	133,9

*Примітка: Б – буряк столовий; М – морква столова.*

Питомі витрати електроенергії залежать від продуктивності й споживної потужності обладнання. При лінійному навантаженні сила струму в колі пропорційна миттєвому значенню, а вся споживна потужність є активною. Активну потужність розраховували за формулою:

$$P = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n \cdot \cos\varphi, \text{ (Вт)},$$

де  $U_n$  – лінійна напруга, В;

$I_n$  – лінійний струм;

$\cos\varphi$  – коефіцієнт потужності електродвигуна.

Одержані результати свідчать про те, що споживана потужність знижується при підвищенні концентрації овочевих компонентів. Найнижчий показник становить 2,2–2,3 кВт за додавання 15 % овочів.

Питомі витрати електроенергії – це відношення споживаної потужності до продуктивності. Екструдкування чистої кукурудзи потребує більше

електроенергії, ніж у суміші з овочами. Питомі витрати електроенергії найменші за концентрації овочевих компонентів 5–10 %. Але найбільш енергозатратні суміші з вмістом овочів 22,5 %.

**Висновки.** Встановлено, що додавання овочів до зерна кукурудзи зменшує питомі витрати електроенергії на екструдкування. Оптимальна концентрація овочевих компонентів становить 5 – 10 %. За такої концентрації зменшуються витрати енергії до 15 % і поліпшують фізико-технологічні показники.

При екструзійній обробці суміші кукурудзи з овочевими компонентами значно зменшується масова частка вологи, що сприяє подальшому її збереженню і раціональному використанню на корм.

### Список літератури

1. Афанасьев В.А. Теория и практика специальной обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов. – Воронеж: Воронеж. Гос. Ун - т, 2002. – 296 с.
2. Влияние подкислителей на эффективность экструирования зернового сырья / [А.А. Кочетова, Е.Е.Воецкая, А.В. Макринская, А.И. Шарова ]// Зернові продукти і комбікорми. – 2011. № 1. — С. 33–38.
3. Влияние экструирования на кормовую ценность муки из виноградной косточки и листьев / [А.П.Левицкий, В.С.Миронов, И.В.Ходаков та ін. ]; // Зернові продукти і комбікорми. – 2012. – №1(45). – С. 21–22.
4. Єгоров Б.В. Технологія виробництва преміксів / Б.В. Єгоров, О.І. Шаповаленко, А.В. Макаринська.; Підручник. – К. : Центр учб. Літ-ри, 2007. – 288 с.
5. Кормовая ценность капустной вижимки / [А.П.Левицкий, В.С.Миронов, И.В.Ходаков ]– Зернові продукти і комбікорми. – № 4(44). – 2011. – С. 29–30.
6. Основы теории цепей : учеб. для вузов / [Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, С.В. Страхов.] – 5-е изд., перераб. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.
7. Остриков А.Н. Экструзия в пищевой технологии / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.С. Рудометкин. – Спб.: ГИОРД, 2004. – 288 с.
8. Технология муки, крупы и комбикормов / О.Н. Чеботарев, А.Ю. Шаззо, Я.Ф. Мартыненко. – М. : ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д. : Изд. центр «МарТ», 2004. – 688 с.

*Изучено влияние на качественные показатели экструдата из кукурузы и овощных компонентов, в частности, свеклы столовой и моркови столовой. Доказано, что на физические и технологические свойства при экструировании влияет концентрация добавок. Добавление овощей к зерну кукурузы снижает удельный расход электроэнергии на процесс экструирования. Установлено оптимальное соотношение компонентов.*

**Екструдер, кормосмеси, кукуруза, свекла столовая, морковь столовая.**

*The influence on the qualitative indicators of extruded corn and vegetable components, in particular beet and carrot dining. It is proved that the physical and processing properties when the concentration of additives affect the extrusion. Adding vegetables to grain corn reduces specific energy consumption on extrusion process . The optimal ratio of the components.*

**Extruder, feed mixture, corn, beet, carrot, Moisture content, bulk density , swelling , angle of repose , coefficient of expansion.**