

## ОПТИМАЛЬНЕ СПІВВІДНОШЕННЯ КУКУРУДЗИ І ОВОЧЕВИХ КОРЕНЕПЛОДІВ У ЕКСТРУДОВАНИХ КОРМОСУМІШАХ

**О.І. ШАПОВАЛЕНКО**, доктор технічних наук  
Національний університет харчових технологій

**І.Ф. УЛЯНИЧ**, аспірант

Уманський національний університет садівництва

*Наведено результати досліджень вивчення впливу на якісні показники екструдату кукурудзи залежно від вмісту овочевих компонентів, зокрема, буряку столового і моркви столової. Доведено, що на фізичні і технологічні властивості під час екструдування впливає концентрація добавок. Додавання овочів до зерна кукурудзи знижує питомі витрати електроенергії на процес екструдування. Встановлено оптимальне співвідношення компонентів.*

**Ключові слова:** екструдер, кормосуміш, кукурудза, буряк столовий, морква столова, масова частка вологи, об'ємна маса, набухання, кут природного укусу, коефіцієнт розширення.

Постановка проблеми. На сьогодні для отримання екологічно-чистої м'ясної продукції, кращого росту і розвитку, а також для підвищення продуктивності тварин фахівці все частіше звертаються до використання природних кормових добавок у складі корму. Поряд з цим, у нашій країні постійно накопичуються великі запаси овочевої сировини, яка недостатньо використовується у комбікормовій промисловості. Тому, перехід на альтернативні технології виробництва кормів є одним з найбільш пріоритетних напрямків збільшення обсягів кормової бази та зниження витрат на її виробництво [1,2,5].

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

Підвищення якості комбікормової продукції та вдосконалення раціону харчування тварин залежить від введення до комбікорму нових видів рослинної сировини, що містять у своєму складі збалансований комплекс білків, ліпідів, амінокислот, органічних кислот, мінеральних речовин, вітамінів, які додатково відіграють роль природних підкислювачів та мають високі поживні і кормові властивості, на що вказують у своїх дослідженнях провідні вчені В.А. Афанасьєв [5], Б.В. Єгоров [6] А.П. Левицький [1,2], А.Н. Остриков [4].

*Мета дослідження*—підвищити цінність комбікорму з кукурудзи за рахунок збагачення овочевими компонентами із збереженням фізичних та технологічних властивостей екструдату.

*Предмет дослідження*—зернова сировина (кукурудза) та овочеві компоненти (буряк столовий, морква столова).

**Методика досліджень.** Дослідження проводили на кафедрі технології зберігання і переробки зерна Уманського НУС. Для отримання дослідних зразків екструзійного продукту та проведення експериментальних досліджень використано лабораторний одношнековий екструдер КЭШ-1.

### Технічна характеристика екструдера КЭШ-1

Продуктивність, кг/год. 20 – 40  
Номінальна потужність двигуна (АИРМ100L6У2), кВт 3,7  
Коефіцієнт потужності,  $\cos\phi$ , 0,74  
Частота обертання валу електроприводу, об./хв. 945  
Частота обертання шнека, об./хв. 610  
Номінальний крутний момент на валу шнека, Нм 31  
Діаметр шнека, мм 35  
Відношення довжини шнека до діаметра 5

Методом короточасної екструзії за одночасного впливу інтенсивних механічних напруг і високої температури (120 – 170°C) у 2011 – 2012 рр. отримано екструзійні продукти з кукурудзи та овочевих компонентів у кількості 2,5%, 5,0%, 10,0%, 15,0%, 22,5%. За контроль взято зерно кукурудзи.

Технологічний процес полягав у наступному. Екструдер розігрівали до температури 160°C, частота обертання шнека становила 610 об./хв. У приймальний бункер екструдера подавалась попередньо підготовлена суміш цілих зерен кукурудзи і подрібнених овочів (товщина—1 – 2 мм, довжина—4 – 10 мм). Величина подачі суміші залишалась 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 частинок 6 – 12 мм. Визначали вологість, об'ємну масу, коефіцієнти розширення і набухання, кут природного укосу. Дані показники характеризують технологічну якість екструдату. Продуктивність визначали шляхом зважування кількості готового екструдату за певний проміжок часу у кг/год.

Активну потужність розраховували за формулою:

$$P = \sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot I_{\text{л}} \cdot \cos\phi, \text{ (Вт)}$$

де,  $U_{\text{л}}$ —лінійна напруга, В;  $I_{\text{л}}$ —лінійний струм;  $\cos\phi$ —коефіцієнт потужності електродвигуна.

**Результати досліджень.** Одержану здрібнену суміш кукурудзи з овочевими компонентами та вихідні зразки оцінювали за комплексом фізичних і технологічних показників. Вони дозволяють виявити структурні зміни зернової суміші, що відбуваються у процесі екструзійної обробки і оцінити якість отриманої продукції. Встановлено, що у процесі екструдювання значно знижується вологість продукції (табл. 1).

Аналіз отриманих даних показав, що незалежно від виду овочевого компоненту та його концентрації масова частка вологи у кормосуміші після екструдювання знизилася у середньому на 26,0 – 31,5%.

Найбільші втрати вологи кормо суміші отримані у зернових зразках без додавання овочевих компонентів, де масова частка вологи становила 68,5% до вихідного зразка, а різниця досягала 31,5%. Додавання до суміші подрібненого буряку столового у різних концентраціях сприяло підвищенню масової частки вологості у вихідній продукції на 2 – 17,5% і моркви — дещо нижче — 1,8 – 16,5%.

## 1. Зміна масової частки вологи під час екструдування залежно від вмісту овочевого компоненту

Кормосуміш кукурудзи з овочевими коренеплодами			Буряк столовий			Морква столова		
			Масова частка вологи, %	до вихідного значення, %	± до вихідного значення, %	Масова частка вологи, %	до вихідного значення, %	± до вихідного значення, %
Вміст овочевого компоненту, %	0 (К)*	вихідна	14,3	100		14,3	100	
		екструдована	9,8	68,5	-31,5	9,8	68,5	-31,5
	2,5	вихідна	16,2	100		16,1	100	
		екструдована	11,6	71,6	-28,4	11,1	68,9	-31,1
	5,0	вихідна	18,2	100		18,0	100	
		екструдована	13,4	73,6	-26,4	12,8	71,1	-28,9
	10,0	вихідна	22,1	100		21,6	100	
		екструдована	16,0	72,3	-27,6	15,8	73,2	-26,9
	15,0	вихідна	26,0	100		25,3	100	
		екструдована	18,5	71,2	-28,9	18,1	68,8	-31,2
	22,5	вихідна	31,8	100		30,8	100	
		екструдована	23,2	73,0	-27,0	22,8	74,0	-26,0

\* (К) — контроль

Отже, в процесі екструзійної обробки суміші кукурудзи з овочевими компонентами значно знижується 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 відбувається зміна показників залежно від концентрації компонентів (табл. 2).

Оскільки макромолекули екструдатів упаковані порівняно нещільно і між ними можуть утворюватись порожнини, в які проникає вода, то це викликає збільшення об'єму і ступеню набухання. Аналіз даних таблиці 2 показав, що у екструдованому зерні кукурудзи з овочевими коренеплодами ступінь набухання складає 8,53 мл/г, тоді як у необробленому вигляді—4,17 мл/г. Додавання до кормосуміші з кукурудзи овочевих коренеплодів у різній концентрації знижувало набухання суміші. Так, за концентрації компонентів 2,5% ступінь набухання залежно від компоненту становила 8,43 – 8,49 мл/г. Підвищення вмісту овочевих коренеплодів до 10% викликало зниження показника до 7,40 – 7,77%, а підвищення до 15% викликало зниження ступеню набухання до 6,07 – 6,65%. Подальше збільшення концентрації овочевих компонентів у кормосуміші до 22,5% приводило до зниження набухання, яке знизилося до рівня 4,43 – 4,56%.

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

Отримані дані з визначення об'ємної маси суміші показують, що збільшення вмісту овочевих складових викликає збільшення об'ємної маси кормосуміші у вихідній сировині від 637,1 до 778,7 кг/м<sup>3</sup> та у екструдованій—від 135,6 до 272,1 кг/м<sup>3</sup>.

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

Суміш кукурудзи з овочевими коренеплодами		Об'ємна маса, кг/м <sup>3</sup>	Набухання, мл/г	Кут природного укусу, град	Коефіцієнт розширення		
Вміст буряку столового, %	0 (К)*	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	
	22,5	вихідна	778,7	3,74	46,4	–	
		екструдована	272,1	4,43	45,4	1,02	
	Вміст моркви столової, %	0 (К)*	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	

\*(К) — контроль

Кут природного укусу у вихідній сировині досягав 32<sup>0</sup>. За збільшення вмісту овочевих компонентів він досягнув 46<sup>0</sup>. Процес екструдувannya сприяв збільшенню показника на 1 – 9 град. За вмісту овочевого компоненту 22,5% показники необробленої суміші та готового екструдату вирівнювалися і кут природного укусу становив 45 – 46 град.

Після виходу продукту з отвору матриці через значний перепад тиску і температури відбувається різке вивільнення вологи. Це призводить до утворення високопористої структури та значного збільшення поперечного розміру екструдату. Відповідний процес характеризується ступенем збільшення продукту в об'ємі, який основною мірою залежить від вмісту крохмалю. Коефіцієнт розширення у екструдаті з чистої кукурудзи складав 3,17 і зменшувався за подальшого збільшення концентрації овочів. Найменший показник був за внесення овочевого компоненту у концентрації 22,5% і становив 1,02 – 1,05.

Краща продуктивність спостерігалася за концентрації овочевих компонентів 2,5 – 5,0% (табл. 3). Це пояснюється вмістом вологи у овочах, яка за помірної концентрації (16 – 18%) покращує протікання процесу.

### 3. Технологічні показники процесу екструдювання

Показник		Концентрація овочевого компоненту, %					
		0,00%	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**		26,7	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		6,3	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	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		115,0	105,6	111,7	123,1	133,9

\*Б — буряк столовий; \*\*М — морква столова.

Але подальше збільшення вмісту вологи призводить до погіршення транспортування шнеком текучого матеріалу.

Питомі витрати електроенергії залежать від продуктивності і споживаної потужності обладнання. Під час лінійного навантаження сила струму у колі пропорційна миттєвому значенню, а вся споживана потужність є активною. Отримані результати свідчать, що споживана потужність зменшується за збільшення концентрації овочевого компоненту. Найменший показник становить 2,2 – 2,3 кВт за додавання 15% овочів.

Питомі витрати електроенергії—це відношення споживаної потужності до продуктивності. Екструдювання чистої кукурудзи потребує більше електроенергії, ніж у суміші з овочами. Питомі витрати електроенергії найменші за концентрації овочевого компоненту 5 – 10%. Але найбільш енергозатратні суміші з вмістом овочів 22,5%.

**Висновки.** Встановлено, що набухання суміші кукурудзи з овочевими компонентами залежно від їх вмісту показало, що зі збільшенням вмісту доданого компоненту знижується набухання екструдюваного продукту, знижуються питомі витрати електроенергії під час процесу екструдювання. Оптимальна концентрація овочевого компоненту становить 5 – 10%. За цієї концентрації спостерігається зменшення енерговитрат до 15% та покращення фізико-технологічних показників.

Також в процесі екструзійної обробки суміші кукурудзи з овочевими компонентами значно знижується масова частка вологи, що сприяє подальшому її збереженню і раціональному використанню на корм.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Левицкий А.П. Кормовая ценность капустной вижимки / А.П.Левицкий, В.С.Миронов, И.В.Ходаков. — Зернові продукти і комбікорми. — №4(44). — 2011. — С. 29 – 30.
2. Левицкий А.П. Влияние экструдирования на кормовую ценность муки из виноградной косточки и листьев / А.П.Левицкий, В.С.Миронов, И.В.Ходаков та ін. — Зернові продукти і комбікорми. — №1(45). — 2012. — С. 21 – 22.
3. Кочетова А.А. Влияние подкислителей на эффективность экструдирования зернового сырья / А.А. Кочетова, Е.Е.Воецкая, А.В.Макринская, А.И.Шарова // Зернові продукти і комбікорми. — №1. — 2011. — С. 33 – 38.
4. Остриков А.Н. Экструзия в пищевой технологии / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.С. Рудометкин. — Спб.: ГИОРД, 2004. — 288 с.

5. Афанасьев В.А. Теория и практика специальной обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов. — Воронеж: Воронежский государственный университет, 2002. — 296 с.
6. Єгоров Б.В. Технологія виробництва преміксів / Б.В. Єгоров, О.І. Шаповаленко, А.В. Макаринська. — Підручник. — К: Центр учбової літератури, 2007. — 288 с.
7. Чеботарев О.Н. Технология муки, крупы и комбикормов / О.Н. Чеботарев, А.Ю. Шаззо, Я.Ф. Мартыненко. — Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов-н/Д: Издательский центр «МарТ», 2004. — 688 с.
8. Зевеке Г.В. Основы теории цепей: Учеб. для вузов / Г.В.Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Негушил, С.В. Страхов. — 5-е изд., перераб. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 528с.

*Одержано 17.05.13*

*Аннотация*

**Шаповаленко О.И., Ульянич И.Ф.**

***Влияние различной концентрации овощных компонентов на процесс экструдирования зерна кукурузы***

*Приведены результаты исследований по изучению влияния на качественные показатели экструдата кукурузы в зависимости от содержания овощных компонентов, в частности, свеклы столовой и моркови столовой.*

*В процессе экструзионной обработки смеси кукурузы с овощными компонентами значительно снижается массовая доля влаги, что способствует сохранности и рациональному использованию на корм.*

*Доказано, что на физические и технологические свойства экструдата влияет концентрация добавок. Так, при концентрации компонентов 2,5% степень набухания в зависимости от концентрации компонента составляла 8,43–8,49 мл/г. Повышение содержания овощных корнеплодов до 10% способствовало снижению показателя до 7,40–7,77%, а повышение до 15% вызывало снижение ступени набухания до 6,07–6,65%.*

*Экструдирование чистого зерна кукурузы нуждается в большем количестве электроэнергии, чем смесь с овощными корнеплодами. Оптимальная концентрация овощного компонента в экструдированных кормах составляет 5–10%. При этой концентрации наблюдается уменьшение энергопотребления до 15% и улучшаются физико-технологические показатели. Исследования показали, что наиболее энергозатратным является приготовление кормосмеси с содержанием овощей 22,5%. Добавление овощей к зерну кукурузы снижает удельные затраты электроэнергии на процесс экструдирования. Установлено оптимальное соотношение зерновых и овощных компонентов.*

***Ключевые слова:*** *экструдер, кормосмесь, кукуруза, свекла столовая, морковь столовая, массовая доля влаги, объемная масса, набухание, угол естественного откоса, коэффициент расширения.*

*Annotation*

**Chapovalenko O.I., Ulyanych I.F.**

***Effect of different concentrations of vegetable components on the process of extrusion of corn***

*The results of studies on the effect on the quality parameters of extruded corn depending on the content of vegetable components, in particular, beet and carrot.*

*In the process of extrusion processing of a mixture of maize with vegetable components significantly reduces mass share of moisture, which contributes to preservation and rational use for forage.*

*It is proved that the concentration of additives affects physical and processing properties of extrudate. So, when components concentration of 2.5% the swelling degree, depending on the concentration of the component was 8,43–8,49 ml/g. The increase of the concentration of vegetable*

roots up to 10% contributed to reduce the ratio to 7,40 – 7,77%, while the increase to 15% caused a decrease of the degree of swelling up to 6,07 – 6,65%.

Extrusion of pure corn requires more electric power than a mixture of vegetable roots. The optimal concentration of vegetable component in extruded feed is 5 – 10%. In this concentration is observed a decrease of energy consumption up to 15% and physical and technological indicators are improved. Studies showed that the most power consuming is the preparation of fodder with the content of vegetables to 22.5%. Adding vegetables to the grain of corn reduces the unit cost of energy consumption on the extrusion process. The optimum ratio of grain and vegetable components is set.

**Keywords:** extruder, foodmixture, corn, beet, carrot, moisture content, bulk density, swelling, angle of repose, coefficient of expansion.

УДК 633.63:631.52:575.125

## ДОБІР ОДНОНАСІННИХ ВИСОКОЦУКРИСТИХ ЗАПИЛЮВАЧІВ-ЗАКРІПЛЮВАЧІВ СТЕРИЛЬНОСТІ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

**П.І. ВАКУЛЕНКО**, кандидат сільськогосподарських наук  
Верхняцька дослідно-селекційна станція  
Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України

У статті наведено результати доборів високоцукристих форм закріплювачів стерильності в поколіннях насичуючих схрещувань з донорами високої цукристості. Виділено 7 кращих номерів, які введено в селекційний процес для створення материнського компоненту гібридів.

**Ключові слова:** гібрид, гібридизація, закріплювачі стерильності, ЧС аналог, цукристість, насичуюче схрещування.

З впровадженням у виробництво високопродуктивних ЧС гібридів на стерильній основі, робота селекціонерів спрямована на підвищення не лише врожайності коренеплодів, але і вмісту цукру як у гібридах, так і в їх батьківських компонентах. Підвищення цукристості буряків лише на 0,1% суттєво збільшує вихід цукру з них [1].

Гібридний фенотип за цукристістю, як і за іншими полігенними ознаками, формується на основі впливу генотипу батьківських форм і модифікуючих умов довкілля [2]. Однією з проблем в селекції цукрових буряків, яка ще довго буде зберігати свою актуальність, є виділення та закріплення високої цукристості в потомстві вихідних матеріалів, адже вона значною мірою модифікується умовами довкілля [3].

У колекції однонасінних матеріалів, які вивчаються на станції, є матеріали з високим потенціалом цукристості. Про це свідчать результати добору донорів цукристості в попередньому випробуванні і оцінки цих матеріалів, зокрема, материнських форм гібридів за комбінаційною здатністю. Але впродовж останніх років у гібридних комбінаціях (F<sub>1</sub>), одержаних від схрещувань різних за походженням ЧС ліній з багатонасінними запилювачами, відмічали, що у фенотиповому прояві вмісту цукру переважаючою часткою була паратипова, або