



## ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ЕКСТРУДУВАННЯ НА ЯКІСТЬ КОРМОВОЇ ДОБАВКИ

В матеріалах статті наведені результати дослідження фізичних властивостей, хімічного складу та санітарної якості кормової добавки.

**Ключові слова:** кормова добавка, екструдкування, якість продукту.

*The results of research of physical properties, chemical composition and sanitary of the feed additive are given in the materials of the article.*

**Keywords:** feed additive, extrusion, the quality of product.

Найбільший вплив на якість комбікормів, як позитивний, так і негативний, мають основні з таких технологічних процесів, як подрібнення, дозування, змішування, екструдкування та гранулювання. При виробництві комбікормів для молодняка сільськогосподарської птиці основу раціону складають зернові компоненти.

Зерно злакових культур поряд з іншими видами поживних речовин містить значну кількість крохмалю, засвоєння якого при годівлі птиці відбувається повільно і при цьому продуктивно використовуються тільки певні форми і то у невеликій кількості. За даними ряду досліджень, засвоюваність поживного потенціалу крохмалю у природній формі не перевищує 20...25 % залежно від виду культур. Тому завдання нових технологій переробки зерна і полягає у впровадженні таких способів обробки вихідної сировини, які б дозволили перевести крохмаль у зручну для засвоєння організмом птиці форму. Це можливо при руйнуванні зернистої структури крохмалю на клітинному рівні, що сприяє розриву природних зв'язків між окремими складовими частинами та його желатинізації, декстринізації і переведенню у прості цукри [1-3].

Теплова обробка сприяє розщепленню складних поживних речовин, які містяться у кормах, на більш прості, знижуючи тим самим витрати енергії на їх перетравлення в організмі птиці [2, 4, 5]. У даний час існує досить багато технологій, що дозволяють проводити теплову обробку кормів, однак для більшості з них необхідно використовувати зовнішні джерела тепла, що вимагає додаткових капіталовкладень на будівництво котелень, витрат на газ, рідке або тверде паливо. Виключити ці витрати можливо при використанні екструдерів [2, 4, 6, 7]. Екструзія є одним з найбільш ефективних та розповсюджених у комбікормовій промисловості світу способів обробки зерна, який використовують як у комплексі з гранулюванням, так і самостійно. При обробці зернофуражу таким способом протікають два безперервних процеси: 1) термомеханічне деформування та біохімічні перетворення; 2) процес адіабатичного розширення ("вибух") продукту, який набуває пористої структури [2, 6, 8-10].

Сировину, яка підлягає екструзії, доводять до вологості 16...18 %, подрібнюють та подають в екструдер, де під дією високого тиску (2,8...3,9 МПа) та тертя зернова маса розігривається до температури 120...150 °С та набуває термопластичних властивос-

тей [2]. Потім внаслідок швидкого переміщення її із зони високого тиску в зону атмосферного тиску відбувається процес адіабатичного розширення (так званий «вибух»), внаслідок чого гомогенна маса утворює продукт мікропористої структури, найбільш сприятливий впливу шлункового соку, а отже, забезпечує більш повне засвоєння поживних речовин організмом птиці (на 25...30 % більше звичайного). Екструзія протікає менше 30 с. За цей час сировина встигає пройти стадії здрібнення, змішування, теплової обробки, знезараження, зневоднення, стабілізації та гомогенізації і збільшення об'єму [1, 2, 11].

У процесі екструдкування відбувається денатурація білку, інактивація антипоживних речовин (інгібіторів протеаз, фітогемаглютенінів та ін.), декстринізації крохмалю, деструкція целюлозо-лігнінових утворень, клітковина частково розпадається до цукрів, знижується рівень активності уреазу у зерні сої (активність уреазу 0,1...0,2 од. рН). Кількість крохмалю при цьому зменшується на 12...15 %, а декстринів (продукти первинного гідролізу крохмалю) збільшується більше, ніж у 5 разів, кількість цукрів зростає на 11...12 %. Підвищується санітарна якість зерна та комбікормів, оскільки кінцева продукція практично не містить мікроорганізмів [1,2,4,6,11].

Враховуючи корисні властивості екструдованих продуктів нами був розроблений спосіб збагачення зернових культур поживними та біологічно активними речовинами. В результаті були виготовлені дослідні зразки кормової добавки (ЕКД) для сільськогосподарської птиці, в яких визначали фізичні властивості, хімічний склад та кількісно-якісний склад мікрофлори як до екструдкування, так і після.

Зразки ЕКД досліджували за показниками, які у найбільшій мірі характеризують технологічні властивості готової продукції, а саме кутом природного укусу, сипкістю, об'ємною масою, а ефективність процесу екструдкування визначали питомими витратами електроенергії, індексом розширення екструдату, ступенем декстринізації крохмалю та масовою часткою вологи. У табл. 1 представлені результати дослідження зміни фізичних властивостей кормової добавки в процесі екструдкування.

Аналіз даних, наведених у табл. 1, свідчить, що у процесі екструдкування кормової добавки масова частка вологи знижується на 25,1 %, кут природного укусу зростає на 8,6 %, сипкість зменшується на 46 %, а об'ємна маса знижується на 23,2 %. При ек-

**Таблиця 1**  
**Вплив екструдуювання на фізичні властивості**  
**кормової добавки (n = 3, P ≥ 0,95)**

Показники	Кормова добавка		
	до обробки	після обробки	зміни
Масова частка вологи,%	17,1	12,8	-25,1
Кут природного укусу, град	35,0	38,0	+8,6
Сипкість, см/с	8,6	4,6	-46,0
Об'ємна маса, кг/м <sup>3</sup>	625,0	480,0	-23,2
Модуль крупності, мм	1,8	1,1	-38,9
Ступінь декстринізації крохмалю, %	0	58,0	58,0
Індекс розширення екструдату	2,1		
Питомі витрати електроенергії, кВт*год/т	17,0		

тудуванні суміші подрібненої кукурудзи та ячної маси без шкаралупи некондиційних яєць ступінь декстринізації крохмалю складає 58 % при рекомендованому значенні не менше 55 % [12], питомі витрати електроенергії 17 кВт\*год/т, а індекс розширення екструдату 2,1. Низькі ступінь декстринізації крохмалю та індекс розширення екструдату можна пояснити утворенням у процесі екструдуювання білково-вуглеводних комплексів.

Поживну цінність ЕКД оцінювали за вмістом сухих речовин, сирого протеїну, сирого жиру, сирі клітковини, БЕР, макроелементів, вітамінів та амінокислот.

У табл. 2 наведені данні хімічного складу екструдуюваної кукурудзи та кормової добавки до та після екструдуювання. Аналіз даних показує, що процес екструдуювання кормової добавки для сільськогосподарської птиці супроводжується втратами сирого протеїну на 3,1 %, що можна пояснити протіканням реакцій дезамінування та меланоїдіноутворення [13]. При цьому, у першому випадку азот переходить у газоподібний стан, а у другому азот вступає в реакцію з полісахаридами та утворює важкорозчинне сполучення, яке не можливо визначити за методом К'ельдаля.

Вміст сирого жиру, сирі клітковини та золи змінюється у межах помилки досліду. У процесі екструдуювання кількість водорозчинних вуглеводів (цукрів) збільшується у 6 разів, а крохмалю зменшується на 26,8 %, що пов'язано з декстринізацією крохмалю. Як слідує з табл. 2, вміст макроелементів та вітамінів групи В значно не змінюється, однак кількість жиророзчинних вітамінів знижується на 40...55%.

Проведення порівняльного аналізу хімічного складу ЕКД та екструдуюваної кукурудзи (табл. 2) показало, що в ЕКД вміст сирого протеїну на 35,1 % більше, сирого жиру на 66,7 %, сирі золи на 15,6 %, однак крохмалю на 9,8 % менше, водорозчинних

вуглеводів на 7,1 %, а сирі клітковини на 6,7 %. Перетравність білку (in vitro) екструдуюваної кукурудзи на 6,1 % менше ніж ЕКД, крім того остання за рахунок курячого яйця збагачена вітамінами А та D, яких в екструдуюваній кукурудзі немає.

Екструдуювання проводили при температурі 110...120 °С протягом 60...120 с, що викликало інтерес дослідження зміни амінокислотного складу білків під впливом екструдуювання. Результати цих досліджень представлені у табл. 3.

Як видно з результатів дослідження, екструдуювання впливає на біологічну цінність білка в кормовій добавці, а саме загальний вміст амінокислот в ЕКД зменшився на 6,5 %. Причому, вміст незамінних амінокислот у процесі екструдуювання зменшився на 7,9 %, а замінних – на 6 %.

Уся комбікормова продукція повинна відповідати вимогам ветеринарно-санітарних норм. Всюди відома істина, що мікроорганізми є головною причиною погіршення показників якості комбікормової продукції. У зв'язку з цим необхідно мати чітке уявлення про мікрофлору комбікорму та знати, як впливають на неї способи виробництва та умови зберігання продукції, що виробляється.

Найбільшу небезпеку для комбікормової продукції представляють паратифозні бактерії – р. Salmonella. Вони є збудниками токсикоінфекцій

**Таблиця 2**  
**Хімічний склад екструдуюваної кукурудзи та**  
**кормової добавки до та після екструдуювання**  
**(у розрахунку на суху речовину) (n = 3, P ≥ 0,95)**

Показники	Кормова добавка до екструдуювання	ЕКД	Екструдуювана кукурудза
Масова частка, %: сухих речовин	82,90	87,20	88,30
сирого протеїну	12,90	12,50	9,25
сирого жиру	7,60	7,50	4,50
водорозчинних вуглеводів	3,90	23,70	25,50
крохмалю	66,40	48,60	53,90
сирі клітковини	2,20	2,10	2,25
сирі золи	1,90	1,85	1,60
кальцію, мг%	53,00	54,00	38,00
фосфору, мг%	348,00	340,00	302,00
Масова частка вітамінів:			
В <sub>1</sub> , мг%	0,37	0,35	0,37
В <sub>2</sub> , мг%	0,26	0,25	0,11
В <sub>С</sub> , мг%	0,20	0,11	0,11
Е (токоферол), мг%	2,45	1,15	1,60
D, мкг%	0,79	0,40	0
A, мкг%	83,90	50,30	0
Перетравність білку (in vitro), %	61,70	85,50	80,60



**Таблиця 3**  
**Амінокислотний склад білків кормової добавки до та після екструдувannya, % від сирого протеїну N x 6,25 (у розрахунку на суху речовину) (n = 3, P ≥ 0,95)**

Амінокислоти		Кормова добавка до екструдувannya	ЕКД
Незамінні	Валін	0,68	0,62
	Ізолейцин	0,52	0,47
	Лейцин	1,28	1,18
	Лізин	0,56	0,50
	Метіонін+цистин	0,55	0,51
	Треонін	0,48	0,43
	Триптофан	0,12	0,11
	Фенілаланін	0,62	0,61
	Разом	4,81	4,43
Замінні	Аланін	0,89	0,83
	Аспарагінова кислота	1,00	0,92
	Гліцин	0,46	0,45
	Глутамінова кислота	2,08	2,06
	Пролін	0,95	0,86
	Серин	0,73	0,66
	Аргінін	0,67	0,61
	Гістидин	0,33	0,31
	Тирозин	0,40	0,36
	Разом	7,51	7,06

тварин та людини. Присутність сальмонел у комбікормах для птиці неприпустима [14].

Серйозну небезпеку, особливо у перші дні життя молодняка, представляє кишкова паличка - *Escherichia coli*. Вона є одним з найпоширеніших мікробів, що постійно мешкають у кишечнику людини та тварин. Кишкова паличка є збудником коли-бактеріозу молодняка сільськогосподарської птиці – важкої септичної інфекції, яка є причиною її високої смертності.

У процесі зберігання можуть розвинути плісняві гриби, серед яких виявляються і токсичні види – продуценти небезпечних для здоров'я птиці метаболітів.

Основними джерелами забруднення сировини і комбікормової продукції різними видами хвороботворних бактерій є зберігання сировини і комбікормів у антисанітарних умовах, а також порушення ветеринарних та санітарних правил по утриманню та догляду за технологічним устаткуванням.

Обсіменіння мікрофлорою комбікормової продукції значно вище, ніж той, що піддавалася теплової обробці. Пояснюється це дією на мікрофлору високих температур при вологотеплової обробці. Таким чином, безперечними методами поліпшення санітарного стану продукції є сушка, екструдувannya, експандувannya та гранулювання.

При екструдувannya відбувається повна інактивація кишкової палички, протея, сальмонели, стафілококів, зниження загального бактеріального обсіменіння на 98,8...99,8 % та грибної на 88,7...89,6 %, знижується ступінь токсичності.

Виходячи зі всього вище сказаного, нами була досліджена динаміка розвитку мікрофлори кормової добавки для сільськогосподарської птиці у процесі обробки та зберігання (табл. 4).

Ми досліджували:

- суміш подрібненої кукурудзи та ячної маси без шкаралупи до екструдувannya;
- екстудована суміш подрібненої кукурудзи та ячної маси без шкаралупи;
- екстудована суміш подрібненої кукурудзи та ячної маси без шкаралупи (зберігання 1 місяць);
- екстудована суміш подрібненої кукурудзи та ячної маси без шкаралупи (зберігання 2 місяці);
- екстудована суміш подрібненої кукурудзи та ячної маси без шкаралупи (зберігання 3 місяці).

Зберігали отриману кормову добавку для сільськогосподарської птиці з масовою часткою вологи 10,7 % у поліетиленових пакетах впродовж 3 місяців у нерегульованих умовах (при кімнатній температурі та нерегульованій вологості). У процесі зберігання дослідження проводилися кожен місяць.

У кормовій добавці визначали за стандартними методиками наступні мікробіологічні показники якості:

- загальна кількість мікробіологічних клітин (ЗБО) на 1 г продукту;
- число пліснявих грибів та дріжджів в 1 г продукту;
- присутність та титр бактерій групи кишкових паличок (БГКП);
- присутність патогенних мікроорганізмів роду *Salmonella*.

Як регламент кількісного та якісного складу мікроорганізмів були прийняті норми для комбікормів, тобто загальна кількість мікроорганізмів не повинна перевищувати  $5 \cdot 10^5$  КУО/г.

Результати досліджень зміни санітарного стану кормової добавки у процесі обробки та зберігання, приведені у табл. 4 та на рис. 1, свідчать, що у суміші подрібненої кукурудзи та ячної маси без шкаралупи загальне бактеріальне обсіменіння знаходиться у межах норми. Також у цьому зразку виявлена невелика кількість пліснявих грибів та дріжджів. Виявлені плісняві гриби за морфологічними ознаками відносяться до грибів роду *Mucor*, які своїм суцільним покривом утруднюють облік, оскільки вони ростуть швидше за гриби роду *Aspergillus* та *Penicillium*.

Як вже згадувалося вище, теплова обробка знезаражує комбікормову продукцію. Після її проведення кількість мікроорганізмів у кормовій добавці для сільськогосподарської птиці знизилася майже у 200 разів, а число пліснявих грибів роду *Mucor*, скоротилося до 10 КУО/г.

У процесі зберігання екстудованої кормової добавки впродовж 3 місяців загальне бактеріальне обсіменіння знизилось з 1340 КУО/г до 200 КУО/г, плісняві гриби, дріжджі, БГКП та сальмонели не бу-



Таблиця 4

## Зміна санітарної якості кормової добавки в процесі обробки і зберігання в нерегульованих умовах

Зразок	ЗБО, КУО/г	Плісняві гриби, КУО/г	Дріжджі, КУО/г	БГКП титр, г	Salmonella
Суміш подрібненої кукурудзи та ячної маси без шкаралупи	250000	120	90	0,1	Не вияв.
Екструдована суміш подрібненої кукурудзи та ячної маси без шкаралупи	1340	10	Не вияв.	Не вияв.	Не вияв.
Екструдована суміш подрібненої кукурудзи та ячної маси без шкаралупи (зберігання 1 місяць)	730	Не вияв.	Не вияв.	Не вияв.	Не вияв.
Екструдована суміш подрібненої кукурудзи та ячної маси без шкаралупи (зберігання 2 місяці)	460	Не вияв.	Не вияв.	Не вияв.	Не вияв.
Екструдована суміш подрібненої кукурудзи та ячної маси без шкаралупи (зберігання 3 місяці)	200	Не вияв.	Не вияв.	Не вияв.	Не вияв.

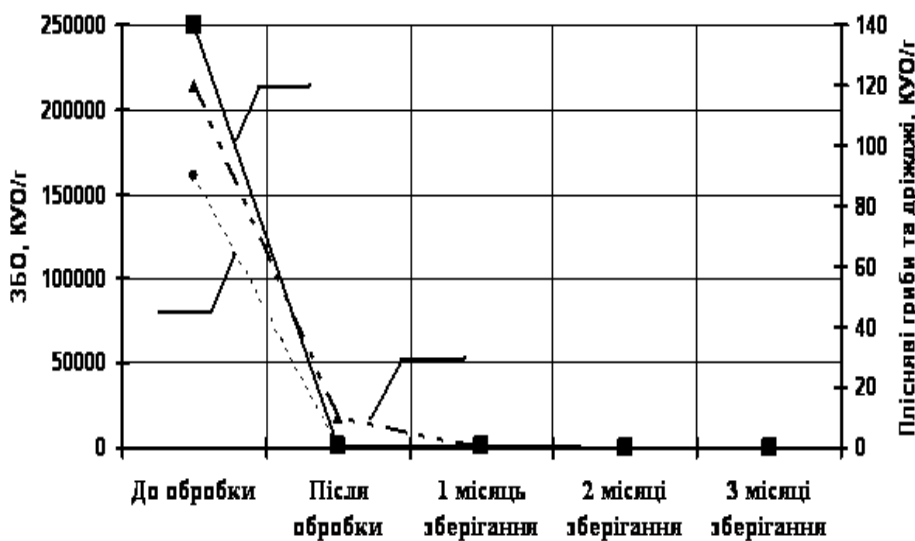


Рис. 1. Зміна складу мікрофлори кормової добавки для сільськогосподарської птиці в процесі обробки та зберігання впродовж 3 місяців у нерегульованих умовах:  
1 – ЗБО, 2 – плісняві гриби, 3 – дріжджі.

ли виявлені (у десятиразовому розведенні). Незначне накопичення мікроорганізмів у процесі зберігання пов'язане як з невисокою вологістю зразків, так і з комплексною дією високих температур та тиску при обробці в екструдері.

Таким чином, дослідження санітарної якості кормової добавки для сільськогосподарської птиці свідчать, що після екструзії і в процесі зберігання у нерегульованих умовах впродовж 3 місяців різко скорочується рівень обсіменіння зразка. ЕКД необхідно зберігати в сухих, добре вентильованих приміщеннях, не до-

пускаючи її зволоження і злежування. У такому разі можна гарантувати стабільні показники якості та задовільний санітарний стан продукту, який може бути використаний для годівлі сільськогосподарської птиці впродовж всього терміну зберігання [15].

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Егоров, Б.В. Выбор оптимальных технологических решений в производстве комбикормов [Текст] / Б.В. Егоров // Зерновые продукты и комбикорма. – 2001. – № 4. – С. 35–38.
- Новые прогрессивные технологии обработки зерна и кормов [Текст] / В.А. Шаршун, А.В. Червяков, С.И. Козлов, С.В. Курзенков, А.В. Талалуев, А.А. Радченко // Зерновые продукты и комбикорма. – 2005. – №2. – С. 37–42.
- Проваторов, Г.В. Годівля сільськогосподарських тварин: Підручник [Текст] / Г.В. Проваторов, В.О. Проваторова. – Суми: ВТД Університетська книга, 2004. – 510 с.
- Комник, Г. Экструдирование – верный путь к повышению качества [Текст] / Г. Комник // Комбикорма. – 2000. – № 7. – С. 19–21.
- Краус, С.В. Экструзионная обработка – возможности расширения ассортимента зерноперерабатывающих предприятий [Текст] / С.В. Краус, В.А. Бутковский. – М.: ГИОРД, 2004. – С. 236–242.
- Стряпков, А.В. Экструзионная обработка как фактор получения экологически безопасных продуктов из зерна [Текст] / А.В. Стряпков, С.В. Антимонов, О.Я. Соколова // Хранение и переработка зерна. – 2005. – №12 (78). – С. 41–44.
- Mair, C. Extruders on-line [Text] / C. Mair // Feed milling international. – 1998. – Vol. 192, № 5. – P. 25–28.
- Егоров, Б.В. Экструдированные комбикорма на основе люцерновой резки [Текст] / Б.В. Егоров, В.В. Гончаренко, Н.В. Хоренжий // Зерновые продукты и комбикорма. – 2004. – №3. – С. 30–33.
- Gilbert, R. Extruder directory [Text] / R. Gilbert, N. Khan // Feed Technology, 1998. – Vol. 2. – N 2. – P. 32–39.
- Mian, N.R. Future extrusion: advances in construction, control systems and internet compatibility [Text] / N.R. Mian // Petfood Industry, 2000. – Vol. 42. – № 12. – P. 4–10.
- Брылинский, М.Л. Применение экструдеров при производстве кормов для молодняка сельхозптицы [Текст] / М.Л. Брылинский // Хранение и переработка зерна. – 2004. – №9. – С. 43–44.
- Справочник по кормам и кормовым добавкам [Текст] / Г.А. Богданов, А.И. Зверев, Л.С. Прокопенко, О.Е. Привалов: под ред. Г.А. Богданова. – К.: Урожай, 1984. – 248 с.
- Дамберг, Д.Э. Реакция меланоидинообразования и ее биологическое значение [Текст] / Д.Э. Дамберг // Изд-во Латв. ССР, 1976. – № 1. – С. 97–105.
- Salmonella. Coordinating chemical and thermal control [Text] / Feed international. – 2001. – V. 22, № 12. – P. 27–34.
- Егоров, Б.В. Исследование биологической эффективности и санитарного качества экструдированной кормовой добавки для молодняка сельскохозяйственной птицы в процессе хранения [Текст] / Б.В. Егоров, Н.В. Ворона // Зернові продукти і комбікорми. – 2011. – №2. – С. 29–33.

Поступила 15.12.2013

Адрес для переписки:

ул. Канатная, 112, г. Одесса, 65039

