

Наведено результати досліджень щодо обґрунтування доцільності збагачення зернової сировини у складі комбікормів некондиційною яєчною масою. Розроблено технологічний спосіб використання некондиційних яєць в годівлі сільськогосподарської птиці шляхом виробництва екструдованої кормової добавки. Вивчено вплив процесу екструдювання на показники якості та поживної цінності екструдованої кормової добавки, удосконалена принципова технологічна схема її виробництва

Ключові слова: екструдована кормова добавка, технологія збагачення зернової сировини, некондиційні курячі яйця

Приведены результаты исследований по обоснованию целесообразности обогащения зернового сырья в составе комбикормов некондиционной яичной массой. Разработан технологический способ использования некондиционных яиц в кормлении сельскохозяйственной птицы путем производства экструдированной кормовой добавки. Изучено влияние процесса экструдирования на показатели качества и питательной ценности экструдированной кормовой добавки, усовершенствована принципиальная технологическая схема ее производства

Ключевые слова: экструдированная кормовая добавка, технология обогащения зернового сырья, некондиционные куриные яйца

УДК 636.5:[636.087:637.4]

DOI: 10.15587/1729-4061.2016.76106

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ НЕКОНДИЦІЙНИХ ЯЄЦЬ В ГОДІВЛІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПТИЦІ

Б. В. Єгоров

Доктор технічних наук, професор,
член-кореспондент НААН України,
заслужений діяч науки і техніки України,
ректор, завідувач кафедри*

E-mail: bogdan_egoroff@list.ru

Н. В. Ворона

Кандидат технічних наук, асистент*

E-mail: tarnin@te.net.ua

А. В. Макаринська

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: alla.makarinskaya@yandex.ru

О. Є. Воєцька

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: vecombi@yandex.ua

Т. В. Бордун

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: borduntv@yandex.ua

*Кафедра технології комбікормів і біопалива
Одеська національна академія харчових технологій
вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна, 65039

1. Вступ

В усіх розвинених країнах світу комбікормова промисловість є найважливішою галуззю господарства, тому що тваринництво не може інтенсивно розвиватися без використання комбікормів. Поряд з нарощуванням обсягів виробництва комбікормової продукції постійно підвищується їх якість та розширюється асортимент. Сучасний етап розвитку комбікормової промисловості характеризується інтенсифікацією технологічних процесів, спрямованих у першу чергу на підвищення якості кінцевого продукту, створення високопродуктивних і високоєфективних машин та технологій, що забезпечують науково-технічний прогрес галузі [1–3]. Досвід розвитку світового агробізнесу в сфері птахівництва дозволяє припустити, що ця галузь є ефективною та швидко відновлюється. Відомо також, що птахівництво є безвідходною галуззю, продукція якої застосовується не тільки в харчовій промисловості, а й у медицині (ембріони яєць птиці використовуються при виробництві дитячих вакцин), у легкій промисловості (пуховики, подушки, матраци, взуття, ремені до годинника), в агрономії (компости з пташиного посліду використовуються з метою підтримки вмісту гумусу в ґрунті), у тваринництві (виготовлення кормових добавок з сухих

черв'яків – вермікультури) [4]. Особливості травлення та високий генетичний потенціал продуктивності сільськогосподарської птиці обумовлюють необхідність використання для її годівлі високоякісних легкозасвоюваних комбікормів з високим вмістом протеїну.

У той же час кормова цінність сировини для виробництва комбікормів, у першу чергу зернових компонентів, значно погіршилася. Так, через зниження родючості ґрунтів, інтенсивної та подекуди неоптимальної сівозміни, порушень агротехнології та недовнесення органічних і мінеральних добрив вміст сирового протеїну в зерні пшениці та кукурудзи зменшився на 1...2 абсолютні відсотки, що ускладнює балансування комбікорму [1, 5–7]. Цю проблему можна вирішити шляхом збагачення зернової сировини тваринними білками, які легко засвоюються, однак їх використання призводить до зростання вартості комбікормів. Окрім цього постановами ЄС N 2002/32 та № 1831/2003 заборонено використання побічних продуктів переробки тваринної сировини, риби, молюсків та морських тварин у складі комбікормів [8, 9].

На теперішній час вчені та практики усього світу шукають можливість застосування нових кормових засобів, які приведуть до здешевлення вартості комбікормів і тваринницької продукції.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Зернові злакові корми у цілому та у подрібненому вигляді є основою годівлі птиці, як джерело енергії, а також вітамінів групи В. У раціоні птиці залежно від вигляду та віку зернові складають 60...75 % [10, 11]. У годівлі птиці використовують кукурудзу, пшеницю, просо, сорго, овес, ячмінь, жито, тритикале. Однак ефективне використання птицею зерна таких культур, як жито та тритикале, обмежується через наявність в них антипоживних речовин та особливостей їх хімічного складу [12, 13].

Кукурудза – самий цінний корм для молодняка птиці, особливо для бройлерів. Має добрі технологічні властивості, здрибноється до крупчастої структури та надає привабливий товарний вигляд комбікорму. Органічні речовини кукурудзи перетравлюються на 86...93 %. Кукурудза містить вуглеводів 69...75 %, жиру – 4...4,2 % та має обмінну енергію – 1,382 МДж, тобто більше, ніж інші види зерна (крім сої, ріпаку і льону), проте у ній менше протеїну (8...10 %). До того ж протеїн кукурудзи має невелику кількість таких незамінних амінокислот, як лізин (0,27...0,29 %), метіонін+цистин (0,28 %) і триптофан (0,06 %). У зв'язку з цим включення кукурудзи до складу комбікормів вимагає введення додаткової кількості синтетичних препаратів амінокислот. Зерно кукурудзи містить лише 2,2 % клітковини, що дає можливість згодувати її навіть молодняку з перших днів життя [14, 15].

Жовті сорти кукурудзи містять зеаксантин і криптоксантин, які сприяють пігментації жовтків курячих яєць та підшкірного жиру бройлерів. При додаванні до комбікорму курей-несучок 20 % зерна жовтої кукурудзи вже через 5 днів одержують яйця з яскраво забарвленими жовтками та з підвищеним вмістом вітаміну А [10]. Необхідно зазначити, що через 6 місяців зберігання кукурудзи в її складі різко збільшується рівень некрохмалистих полісахаридів, зменшується вміст обмінної енергії та знижується перетравність [16].

Особлива увага світових звернена на вивчення потенційних можливостей кормової бази, а також знаходження нових кормових засобів і добавок, що забезпечують повноцінне харчування птиці. За останні 5 років стали більш широко використовувати нетрадиційні корми з метою здешевлення продукції та більш раціонального використання традиційних кормів. Серед різноманітних напрямків ліквідації дефіциту білкових кормів перспективно використання нетрадиційних кормових засобів, у тому числі відходів птахівництва (некондиційне м'ясо, перо, шкаралупа яєць). Яйця та м'ясо птиці – основні продукти птахівництва. У 2011 р. промислове виробництво яєць у світі складало 1,1 трлн. шт. та з кожним роком цей показник зростає. На долю десяти найбільших країн світу припадає 65 % виробництв. Гігантами яєчного виробництва називають 2 країни – США та Китай, роль інших держав у світовому виробництві яєць відносно невелика. Однак з 2010 р. Україна входить у десятку лідерів з виробництва курячих яєць, об'єм виробництва наближується до 1 млн. т/рік [17]. При цьому через погіршення умов ведення технологічного процесу виробництва до 10 % отриманих яєць відносяться до некондиційних [18].

У процесі зберігання, особливо в неналежних умовах, при транспортуванні та за рядом інших причин (наприклад, при неправильному поводженні) в яйцях з'являються дефекти. Яйця, які мають вади, відносять до харчових неповноцінних або до технічного браку в залежності від виду дефекту та ступеня його розвитку [19–21]. В результаті зазначена продукція часто птахофабриками утилізується, що є економічно недоцільним. У планах, передбачених концепцією розвитку птахівництва [18, 22], значиться розширення асортименту продукції птахівництва шляхом глибокої переробки і повного використання виробленої продукції з мінімізацією відходів і некондиційної продукції, особливо способом утилізації.

Впровадження технологій переробки яєць дозволяє птахофабрикам підвищити економічну ефективність за рахунок наступних чинників:

- зниження економічних втрат від сезонних коливань попиту;
- можливості використання некондиційного яйця (нетоварної яйце, яйце з ризикою і ін.);
- збільшення терміну зберігання продукції;
- географічного розширення ринку збуту продукції підприємства.

Ефективна глибока переробка яєць на птахофабриках потребує модернізації виробництва, впровадження сучасних технологій та високопродуктивних кросів [23]. Сучасність виробництва меланжу полягає в пастеризації яєчної маси, а яєчного порошку – в її сушінні. Однак дані технології дуже енергоємні та вимагають використання дорогого устаткування, що перешкоджає повсюдному використанню даних технологій. Птахофабрики, що не мають власної лінії з виробництва меланжу, щодня стикаються з проблемою реалізації некондиційного яйця, в зв'язку з чим зазнають збитків та втрачають високоцінну білкову сировину (табл. 1) [21, 24, 25].

Таблиця 1

Хімічний склад яєчної маси без шкаралупи некондиційних курячих яєць

Показники	Вміст
Масова частка: вологи, %	74,00
сирого протеїну, %	12,70
сирого жиру, %	11,50
БЕР, %	0,70
вітаміну А, мкг %	250,00
валіну, %	0,86
ізолейцину, %	0,67
лейцину, %	1,13
лізіну, %	0,91
метіоніну+цистину, %	0,65
треоніну, %	0,56
триптофану, %	0,17
фенілаланіну, %	0,68

При збагаченні зерна тваринними білками їх використовують у сухому чи рідкому стані.

Спосіб збагачення зерна тваринними білками у рідкому стані викликає труднощі технологічного характеру. Через різницю у фізичних властивостях зерна та рідкого компоненту та необхідності їх рівномірного розподілу в суміші процес змішування значно ускладнюється. Крім того, в рідких компонентах патогенна мікрофлора розвивається значно швидше, а для зберігання та транспортування таких компонентів необхідна спеціальна тара та стабільні умови навколишнього середовища. У зв'язку з цим найбільше розповсюдження отримав такий спосіб збагачення зерна, як введення у зернову сировину побічних продуктів переробки сільськогосподарської продукції тваринного походження у сухому стані (рибна мука, м'ясна, м'ясо-кісткова, пир'яна, кров'яна) [26].

Незважаючи на можливість введення та рівномірного розподілення сухої кормової муки різних видів цей спосіб має певні технологічні труднощі, такі як:

- через високу концентрацію білка та інших поживних речовин при зберіганні кормової муки значно погіршується її санітарна якість;
- при високому вмісті сирого жиру погіршується сипкість кормової муки. Крім того, при її зберіганні кормові жири швидко окислюються, особливо при підвищеній температурі навколишнього середовища;
- при висушуванні побічних продуктів переробки сільськогосподарської продукції тваринного походження можливе зниження біодоступності сирого протеїну та інших поживних та біологічно активних речовин і навіть руйнування термолабільних вітамінів, амінокислот та ін. Крім того, загострення енергетичної кризи спричинило значне подорожчання енергоносіїв, що робить процес висушування кормових засобів з високою масовою часткою вологи збитковим.

У зв'язку з цим виникає необхідність у використанні енергозберігаючих технологічних способів збагачення зернової сировини, як основного компоненту комбікормів, тваринними білками.

3. Мета та задачі дослідження

Проведені дослідження ставили за мету підвищити кормову цінність зернової сировини за рахунок її обробки в екструдері у суміші з масою некондиційних курячих яєць.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі дослідження:

- здійснити вибір джерел сировини для виробництва екструдованої кормової добавки (ЕКД) для сільськогосподарської птиці;
- розробити технологічний спосіб виробництва ЕКД та обґрунтувати раціональні параметри процесу;
- визначити показники якості та поживної цінності кормової добавки до та після екструдування;
- удосконалити принципову технологічну схему виробництва ЕКД;
- визначити біологічну ефективність ЕКД для сільськогосподарської птиці, виготовленої за удосконаленою технологією.

4. Матеріали та методи дослідження режимів виробництва та показників якості екструдованої кормової добавки

Експериментальні дослідження, проводили згідно стандартних методик на комплекті лабораторного та технологічного обладнання [27].

Для аналізів середні проби сировини та готової продукції відбирали згідно ISO 6497:2002 «Корма для животнох. Отбор проб».

У процесі проведення експериментів використовували комплекс загальноприйнятих і стандартних методів визначення фізико-хімічних, функціональних показників кормової сировини (зерна кукурудзи, ячної маси без шкаралупи, екструдованої кукурудзи) та ЕКД, а також мікробіологічних показників ЕКД, які у сукупності забезпечили виконання поставлених задач та наведені в табл. 2.

Вивчення мікрофлори готової продукції – важливий етап її виробництва, оскільки розвиток мікроорганізмів може стати причиною не тільки погіршення показників якості продукту, але й завдати шкоди здоров'ю тварин. Розвиток мікрофлори у комбікормовій продукції проходить значно інтенсивніше, ніж у зерні, за рахунок присутності значної кількості поживних та біологічно активних речовин, які є сприятливим середовищем для життєдіяльності грибів та бактерій.

Зміни кількісно-якісного складу мікрофлори при зберіганні ЕКД оцінювали за наступними мікробіологічними показниками:

- загальною кількістю мезофільних аеробних бактерій та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1 г продукту;
- наявністю пліснявих грибів, КУО в 1 г продукту;
- присутністю патогенних мікроорганізмів роду сальмонел, в 25 г продукту;
- наявністю та титром бактерій групи кишкової палички (коліформа) в 0,1 г продукту.

Визначення проводили методом посіву на щільні середовища: загальне обсіменіння (м'ясопептоний агар), бактерії паратифозної групи (сальмонели) та ентеропатогенні штами кишкової палички – на середовищі Ендо [7, 31].

Зберігали отриману кормову добавку для сільськогосподарського 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.

Загальну поживну цінність ЕКД для сільськогосподарської птиці та ефективність її використання визначали за допомогою біологічної оцінки, яка характеризується кінцевим результатом годівлі, тобто повноцінною продуктивною дією – постійна маса тіла (приріст маси тіла), зовнішній вигляд та задовільний стан здоров'я. Проведено біологічний експеримент на лабораторних тваринах. Для проведення експерименту на базі віварію лабораторії біохімії Інституту стоматології АМН України було сформовано три дослідні групи білих лабораторних щурів лінії Вістар, самців, віком 45 днів по 7 осіб у кожній групі.

Показники і методи досліджень, які використовували при виконанні експериментів

Показники	Принцип метода, сутність, специфіка	ISO	Літературне джерело
Технологічні показники			
Масова частка вологи, %	Висушування наважки до постійної маси при (130±2) °С	ISO 6496:1999	[28]
Об'ємна маса, кг/м ³	З використанням літрової пурки	–	[29]
Модуль крупності, мм	Просіювання наважки продукту на наборі сит з отворами різних діаметрів	–	[29]
Сипкість, см/с	Відношення відміреного об'єму матеріалу, який пройшов крізь отвір певного діаметру, до часу витікання	–	[29]
Кут природного укосу, град	На обладнанні Р. Л. Зенькова шляхом висипання з лійки	–	[29]
Індекс розширення	Відношення діаметру екструдата до діаметру отвору матриці	–	[29]
Коефіцієнт неоднорідності	Колориметричний метод	–	[29]
Хімічні та біохімічні показники			
Сирий протеїн, %	За методом К'ельдаля	ISO 5983-1:2005	[30]
Сирий жир, %	Метод, оснований на екстракції жиру петролейним ефіром	ISO 6492:1999	[30]
Сира клітковина, %	Обробка наважки дослідного продукту сумішшю концентрованої азотної та оцтової кислот	ISO 6865:2000	[30]
Сира зола, %	Спалювання наважки з послідовним прожарюванням мінерального залишку при 500...600 °С	ISO 5984:2002	[28, 30]
Водорозчинні вуглеводи, %	Метод заснований на спроможності редукуючих цукрів відновлювати лужний розчин окису міді до закису	–	[30]
Крохмаль, %	Поляриметричний метод	ISO 6493:2000	[28]
Фосфор, %	Спектриметричний метод	ISO 6491:1998	[30]
Кальцій, %	Титриметричний метод	ISO 6490-1:1985	[30]
Фолієва кислота, мг	Колориметричний метод	–	[28]
Вітамін В ₁ , мг	Флуоресцентний метод	–	[28]
Вітамін В ₂ , мг	Флуоресцентний метод	–	[28]
Токоферолі, мг	Колориметричний метод	–	[28]
Перетравність білка (in vitro)	Розщеплення ферментами наважки продукту масою 1 г в термостаті при температурі 37 °С з наступним висушуванням до постійної маси	–	[30]

5. Результати дослідження способу збагачення зернової сировини білками тваринного походження

Для обґрунтування складу кормової добавки визначали хімічний склад дослідної кукурудзи (табл. 3). Аналіз результатів свідчить про те, що дослідний зразок за поживною цінністю відрізняється від літературних даних [25]. Так, відмічено зменшення масових часток сирого протеїну, безазотистих екстрактивних речовин (БЕР) та амінокислот.

Для збагачення хімічного складу зерна кукурудзи запропоновано виготовлення кормової добавки шляхом змішування та екструдувannya подрібненого зерна кукурудзи і ячної маси некондиційних курячих яєць без шкаралупи при мінімальних витратах електроенергії на процес екструдувannya.

Для обґрунтування вибору зернової культури у складі кормової добавки для досліджень було обрано п'ять культур: лущений ячмінь, овес, кукурудза і пшениця. Перед екструдуванням дослідні зразки подрібнювали до розміру часток 3 мм та зволожували до масової

частки вологи 16 %, що забезпечувало задовільні умови протікання процесу екструдувannya та об'ємного розширення продуктів. В процесі екструдувannya зернових культур фіксували витрати електроенергії (рис. 1).

Як видно з рис. 1, витрати електроенергії на здійснення технологічного процесу екструдувannya зерна кукурудзи нижчі на 10,2 %, ніж пшениці, на 14,3 % порівняно з лущеним вівсом та на 24,4 % порівняно з лущеним ячменем.

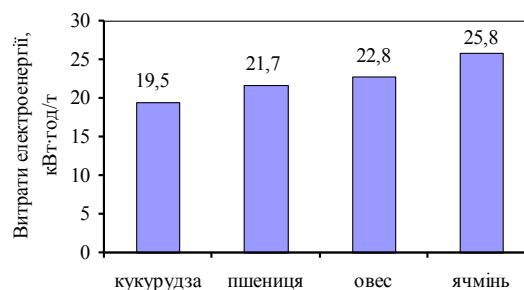


Рис. 1. Витрати електроенергії на процес екструдувannya зернових культур

Результати досліджень по визначенню ефективності змішування подрібненої кукурудзи та ячної маси без шкаралупи у різних співвідношеннях наведені на рис. 2.

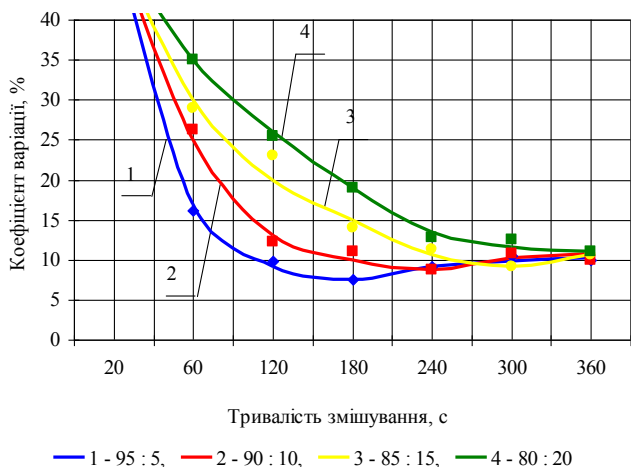


Рис. 2. Залежність коефіцієнта варіації від тривалості змішування при різних співвідношеннях компонентів суміші (подрібнене зерно кукурудзи:яєчна маса без шкаралупи)

Таблиця 3

Хімічний складу зерна кукурудзи

Показники хімічного складу	Зерно кукурудзи	
	літературні дані [25]	експериментальні дані (n=3, P ≥ 0,95)
Масова частка, %: вологи	14,00	11,00
сирого протеїну	10,30	8,37
сирого жиру	4,90	4,10
БЕР	67,50	70,50
крохмалю	62,90	65,70
валіну	0,42	0,38
ізолейцину	0,31	0,28
лейцину	1,28	0,91
фенілаланіну	0,46	0,37
аланіну	0,79	0,63
глутамінової кислоти	1,78	1,51

Аналіз результатів дослідження свідчить, що мінімальний коефіцієнт варіації 7,5 % спостерігається у зразка № 1 на 180 с змішування, у зразка № 2 – 8,7 % на 240 с змішування, у зразка № 3 – 9,2 % на 300 с та у зразка № 4 – 11 % на 360 с.

Для обґрунтування оптимального співвідношення подрібненого зерна кукурудзи та ячної маси без шкаралупи у попередній суміші були проведені дослідження, результати яких представлені на рис. 3.

Аналіз результатів дослідження (рис. 3) показав, що при збільшенні масової частки ячної маси без шкаралупи у попередній суміші час змішування значно збільшується, що призводить до зростання витрат електроенергії. Коефіцієнт варіації зі зростанням концентрації ячної маси без шкаралупи в попередній суміші зменшується з 9,7 % до 6,7 %, однак фізичні властивості при цьому погіршуються, що може ускладнювати подальше виробництво та знову виникає проблема рівномірного розподілу рідкої сировини у суміші.

Аналогічно одностадійному змішуванню були проведені дослідження ефективності двостадійного процесу змішування (рис. 4).

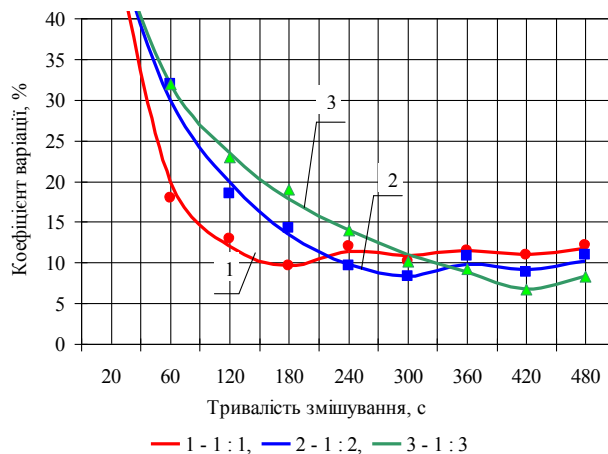


Рис. 3. Залежність коефіцієнта варіації від тривалості змішування в рамному змішувачі при різних співвідношеннях компонентів попередньої суміші (подрібнене зерно кукурудзи:яєчна маса без шкаралупи)

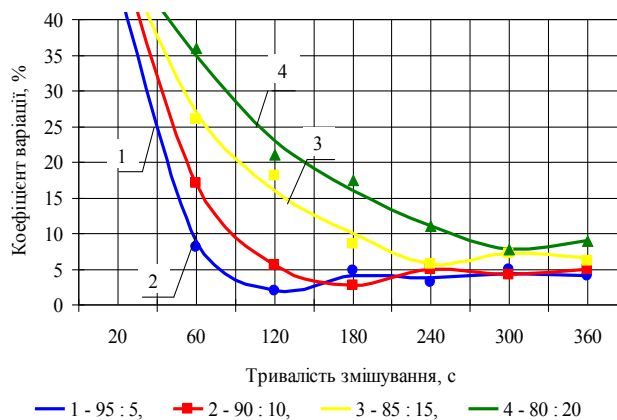


Рис. 4. Залежність коефіцієнта варіації від тривалості змішування при різних співвідношеннях компонентів суміші (подрібнене зерно кукурудзи : яєчна маса без шкаралупи) при двостадійному змішуванні

Як видно з рис. 4, при використанні двостадійного змішування його тривалість значно скорочується, а коефіцієнт варіації знижується. У зразках № 3 та № 4 він був вище допустимої норми 3 %, що пов'язано з низькою ефективністю розподілення значної кількості (15...20 %) ячної маси без шкаралупи у подрібненій кукурудзі. В зразках № 1 та № 2 коефіцієнт варіації знаходився в межах норми.

Для визначення оптимального співвідношення компонентів у складі кормової добавки було виготовлено п'ять зразків кормової добавки з вмістом подрібненого зерна кукурудзи та 10 %, 12,5 %, 15 %, 17,5 %, 20 % ячної маси без шкаралупи відповідно. Ефективність процесу екструзії визначали за індексом розширення, витратами електроенергії та технологічними властивостями кормових добавок (рис. 5, 6).

Як видно з рис. 5, зі збільшенням масової частки ячної маси без шкаралупи у суміші масова частка вологи суміші зростає.

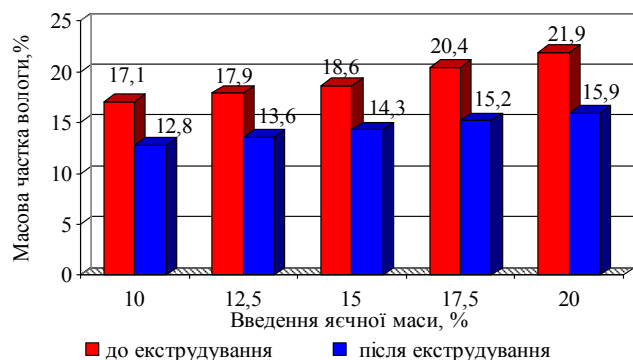


Рис. 5. Зміни вмісту масової частки вологи в процесі обробки в залежності від кількості яєчної маси в суміші

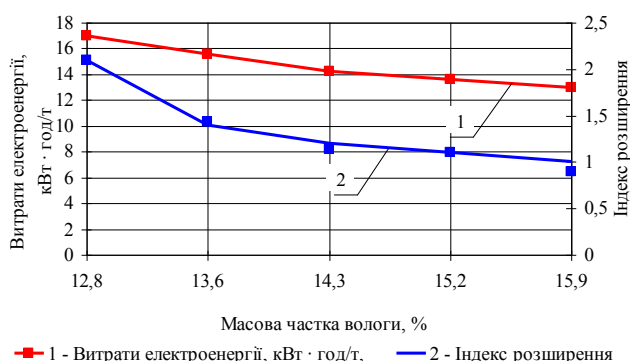


Рис. 6. Залежність витрат електроенергії (1) та індексу розширення екструдату (2) від масової частки вологи в ЕКД

Збільшення масової частки вологи у дослідних зразках (рис. 6) призводить до зниження питомих витрат електроенергії при екструзуванні з 17 до 13 кВт·год/т та зменшенню індексу розширення з 2,1 до 1 [31, 32]. Для екструдованих продуктів характерний індекс розширення – не менше 2-х [33, 34].

Процес екструзування суміші подрібненого зерна кукурудзи та яєчної маси без шкаралупи проводили на прес-екструдері марки ЕЗ-150, в якому встановлювали матрицю з отвором діаметром 10 мм. В процесі екструзування фіксували тиск в робочій зоні екструдера, споживану потужність електродвигуна, температуру продукту на виході з екструдера, які становили 2...3 МПа, 4,0...4,5 кВт, 110...120 °С відповідно. Тривалість процесу складала 60...120 с.

В результаті досліджень визначено, що при введенні до складу кормової добавки 10 % яєчної маси без шкаралупи процес екструзування проходить при мінімальних енерговитратах, причому показники якості кормової добавки – найкращі.

На основі експериментальних досліджень запропоновано спосіб збагачення подрібненого зерна кукурудзи білками некондиційних курячих яєць [30], який може бути реалізований за допомогою наступної схеми технологічного процесу (рис. 7).

В основу технологічної схеми покладено варіант побудови технологічного процесу з формуванням попередньої суміші компонентів. Для здійснення прийнятого варіанту побудови технологічного процесу виробництва ЕКД для сільськогосподарської птиці передбачені наступні технологічні лінії, які включають такі операції:

- очищення від домішок зернового компоненту;
- подрібнення зернового компоненту;
- контролю крупності продуктів подрібнення;
- дозування зернової сировини;
- очищення яєчної маси некондиційних курячих яєць від залишків шкаралупи;
- гомогенізації яєчної маси;
- дозування яєчної маси;
- змішування яєчної маси та кукурудзяної крупки для отримання попередньої суміші;
- змішування попередньої суміші та кукурудзяної крупки;
- обробки в екструдері суміші компонентів;
- охолодження та подрібнення до необхідної крупності екструдованої кормової добавки.

За розробленою технологією передбачено подачу зерна кукурудзи для очищення від домішок у скальператор (1) марки А1-БЗО та ситоповітряний сепаратор (2) марки А1-БІС-12, в якому встановлено дві ситові рами: верхня – полотно решітне (ПР) № 100...160, нижня – ПР № 10...14. Очищення від металоманітних домішок проводять у потоці на магнітному сепараторі (3) марки П-100.

Очищене зерно кукурудзи подають у наддробарні бункери (4), подрібнюють в молотковій дробарці (5) марки А1-ДМ2Р-22, в якій встановлено сито з отворами Ø 3 мм. Подрібнений продукт для контролю крупності направляють у просіювач (6) марки А1-ДМП-10, де встановлені сита ПР № 30 та ПР № 20. Схід з сита ПР № 30 направляють на повторне подрібнення, прохід сита ПР № 20 використовують при виробництві комбікормів для інших видів та вікових груп сільськогосподарських тварин та птиці.

Кукурудзяну крупку (прохід сита ПР № 30 та схід сита ПР № 20) направляють на дозування в однокомпонентний ваговий дозатор (7) марки АД-50-РКЗ.

Яєчну масу без шкаралупи некондиційних курячих яєць подають у виробничий корпус у пластиковому контейнері (8). За допомогою насоса (9) та вентиля (21) її через фільтр грубої очистки (10), в якому встановлено фільтр-сітку грубого очищення з отворами Ø 3...4 мм, направляють у бункер-мішалку (11) для отримання однорідної маси. Для забезпечення безперервної роботи лінії у випадку забруднення одного з фільтрів запропоновано встановлення двох фільтрів грубого очищення.

Гомогенну яєчну масу направляють на дозування у бункер на тензодатчиках (12) та в рамний змішувач (14). Для отримання передсуміші компонентів у рамний змішувач (14) через перекидний клапан (13) подають і зважену порцію кукурудзяної крупки. Змішування проводять впродовж 180 с при частоті обертання робочого органу змішувача $n=1 \text{ c}^{-1}$ та при співвідношенні кукурудзяної крупки та яєчної маси без шкаралупи 1:1 для рівномірного розподілення рідкої сировини в суміші.

Отриману попередню суміш направляють у змішувач періодичної дії з лопатевим перемішувачем пристроєм (15) марки СП-500, куди надходить через перекидний клапан (13) порція кукурудзяної крупки, яка залишилась. Змішування проводять протягом 120...180 с при частоті обертання робочого органу змішувача $n=1,33 \text{ c}^{-1}$.

Високооднорідну кормову добавку за допомогою транспортера (16) марки ТСЦ-25 через магнітний сепаратор (17) марки У1-БМЗ подають в екструдер (18) марки Е-500.

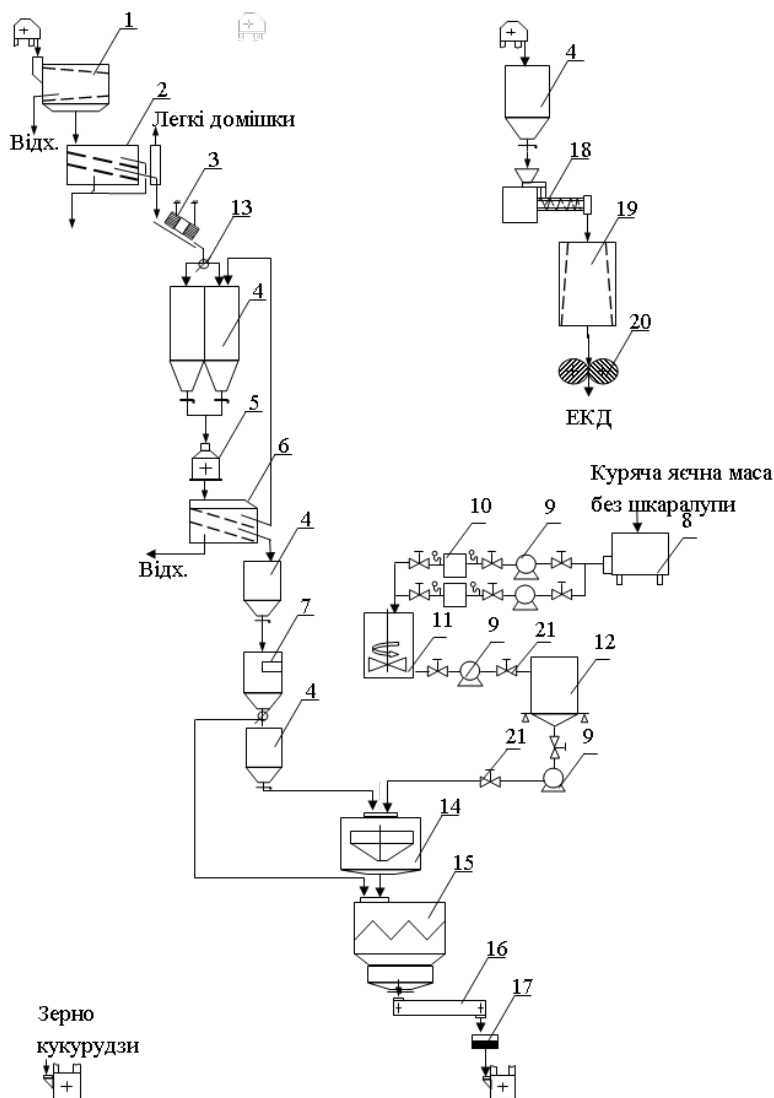


Рис. 7. Принципова технологічна схема виробництва ЕКД:

- 1 – скальператор А1-Б30, 2 – ситоповітряний сепаратор А1-Б1С-12,
- 3 – магнітний сепаратор П-100, 4 – бункер, 5 – молоткова дробарка А1-ДМ2Р-22, 6 – просіювач А1-ДМП-10, 7 – ваговий дозатор АД-50-РКЗ,
- 8 – контейнер з яєчною масою без шкаралупи, 9 – насос,
- 10 – фільтр грубого очищення, 11 – бункер-мішалка, 12 – бункер на тензодатчиках, 13 – перекидний клапан, 14 – рамний змішувач,
- 15 – змішувач лопатевий СП-500, 16 – транспортер ТСЦ-25,
- 17 – магнітний сепаратор У1-БМЗ, 18 – прес-екструдер Е-500,
- 19 – охолоджувальна колонка Б6-ДГВ-ІІ,
- 20 – валковий подрібнювач, 21 – вентиль

Гарячий екструдат охолоджують за допомогою вертикального охолоджувача (19) марки Б6-ДГВ-ІІ до температури, яка не перевищує температуру навколишнього середовища більше ніж на 10 °С. Охолоджений екструдат подрібнюють на валковому подрібнювачі (20). Отриману ЕКД направляють на пакування або на виробництво комбікормів.

У відповідності із розробленим способом виробництва ЕКД для сільськогосподарської птиці були виготовлені дослідні зразки, в яких визначали фізичні властивості (табл. 4), хімічний склад (табл. 5) та кількісно-якісний склад мікрофлори (табл. 6), як до екструдатування, так і після.

Аналіз даних, наведених у табл. 4, свідчить, що у процесі екструдатування кормової добавки масова частка води знижується на 25,1 %, кут природного укусу зростає на 8,6 %, сипкість зменшується на 46 %, а об'ємна маса знижується на 23,2 %. При екструдатуванні суміші подрібненої кукурудзи та яєчної маси без шкаралупи некондиційних яєць ступінь декстринізації крохмалю складає 58 % при рекомендованому значенні не менше 55 %.

Головним компонентом рослинної сировини, який впливає на умови обробки і якість екструдату, є крохмаль. У процесі екструдатування кількість водорозчинних вуглеводів (цукрів) збільшується у 6 разів, а крохмаль зменшується на 26,8 %. У процесі екструдатування крохмалистої сировини на білки одночасно діє цілий комплекс факторів, що викликає їх часткову денатурацію. Вміст сирого жиру, сирової клітковини та золи змінюється в незначній мірі. Однак перетворення цих елементів в процесі гідротермомеханічної обробки, ймовірно, не є визначальними в змінах фізико-хімічних властивостей основних компонентів. Як можемо побачити з табл. 5, вміст макроелементів та вітамінів групи В значно не змінюється, однак кількість жиророзчинних вітамінів знижується на 40...55 %. Так як найбільш лабільними при цьому є вітаміни А, С, Е; найбільш стабільними – вітаміни групи В.

При порівнянні хімічного складу ЕКД та екструдованої кукурудзи (табл. 5) відмічено, що вміст сирого протеїну, сирого жиру, сирової золи, кальцію та фосфору в ЕКД більше у порівнянні з екструдованою кукурудзою на 35,1 %, 66,7 %, 15,6 %, 42 %, 12,6 % відповідно. Однак, за вмістом крохмалю, водорозчинних вуглеводів та сирової клітковини екструдована кормова добавка поступаєть екструдованій кукурудзі, вміст яких на 9,8 %, 7,1 %, 6,7 % менше відповідно. Перетравність білка в екструдованій кормовій добавці на 6,1 % більше у порівнянні з екструдованою кукурудзою. Крім того, за рахунок введення до складу кормової добавки яєчної маси без шкаралупи некондиційних курячих яєць вміст жиророзчинних вітамінів А та D становить 50,30 мкг %, 0,40 мкг % відповідно.

Для оцінки кількісного та якісного складу мікроорганізмів були прийняті норми для комбікормів, тобто загальна кількість мікроорганізмів не повинна перевищувати 5×10^5 КУО/г.

Результати досліджень зміни санітарного стану кормової добавки у процесі обробки та зберігання, приведені на рис. 8, свідчать, що у суміші подрібненої кукурудзи та яєчної 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 утрудняють облік, оскільки вони ростуть швидше за гриби роду *Aspergillus* та *Penicillium*.

Таблиця 4
Вплив екструзування 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 укосу, град	35,0	38,0	+8,6
Сипкість, см/с	8,6	4,6	-46,0
Об'ємна маса, кг/м ³	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		
Витрати електроенергії, кВт·год	17,0		

Таблиця 5
Хімічний склад екстрованої кукурудзи та кормової добавки до та після екструзування (у розрахунку на суху речовину) (n=3, P ≥ 0,95)

Показники	Кормова добавка до екструзування	Кормова д обавка після екструзування	Екструдована 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
сирої клітковини	2,20	2,10	2,25
сирої 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 ₁ , мг %	0,37	0,35	0,37
В ₂ , мг %	0,26	0,25	0,11
В _С , мг %	0,20	0,11	0,11
Е (токоферол), мг %	2,45	1,15	1,60
Д, мкг %	0,79	0,40	0
А, мкг %	83,90	50,30	0
Перетравність білка, %	61,70	85,50	80,60

Теплова обробка сприяє покращенню санітарної якості комбікормової продукції. Після її проведення кількість мікроорганізмів у кормовій добавці для сільськогосподарської птиці знизилася майже у 200 разів, а кількість пліснявих грибів роду *Mucor*, скоротилося до 10 КУО/г. У процесі зберігання екстрованої кормової добавки впродовж 3 місяців загальне бактеріальне обсіменіння знизилось з 1340 КУО/г до 200 КУО/г, плісняві гриби та дріжджі не були виявлені (у десятиразовому розведенні).

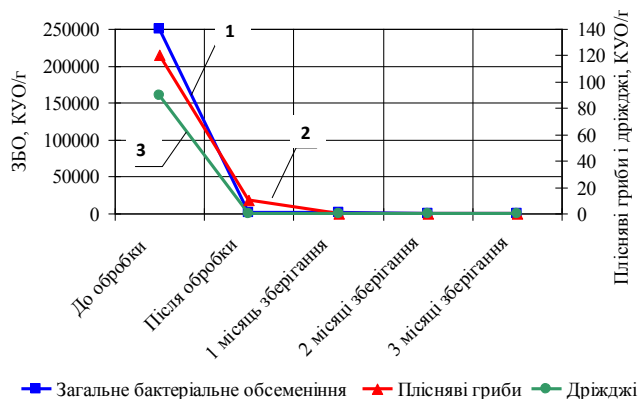


Рис. 8. Зміна складу мікрофлори кормової добавки для сільськогосподарської птиці в процесі обробки та зберігання впродовж 3 місяців у нерегульованих умовах

Біологічну оцінку ефективності удосконаленої технології виробництва ЕКД визначали на лабораторних тваринах. Протягом 14 днів лабораторним тваринам в експериментальних групах згодовували раціони наступного складу (за вмістом сухих речовин):

1-ша група – одержувала стандартний повнораціонний комбікорм, збалансований у відповідності до фізіологічних потреб тварин (100 %);

2-га група (контрольна) – одержувала 75 % стандартного повнораціонного комбікорму та 25 % подрібненої екстрованої кукурудзи;

3-тя група (дослідна) – одержувала 75 % стандартного повнораціонного комбікорму та 25 % ЕКД для сільськогосподарської птиці.

Продуктивну дію використання комбікорму з ЕКД оцінювали за приростом маси тіла тварин та конверсією корму (рис. 9, 10) [31, 35].

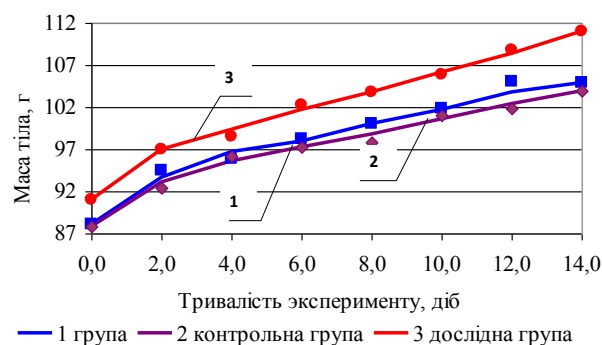


Рис. 9. Зміни середньої маси тіла лабораторних тварин

Протягом експерименту відбувалися наступні зміни. Середньодобовий приріст маси лабораторних щурів у 1-й групі склав 1,20 г/добу, а середнє значення у 2-й (контрольній) групі, – 1,14 г/добу, що на 5,0 % менше, ніж у 1-й групі. Середньодобовий приріст маси лабораторних щурів у 3-й (дослідній) групі склав 1,43 г/добу, що на 19,2 % більше, ніж у 1-й групі та на 25,4 % більше, ніж у 2-й (контрольній) групі.

Витрати корму на одиницю приросту живої маси лабораторних щурів у 2-й (контрольній) групі були на 5,3 % більше, ніж у 1-й групі, а в 3-й (дослідній) групі конверсія корму була на 16,1 % нижче, ніж у 1-й групі та на 20,3 % нижче, ніж у 2-й (контрольній) групі тварин.

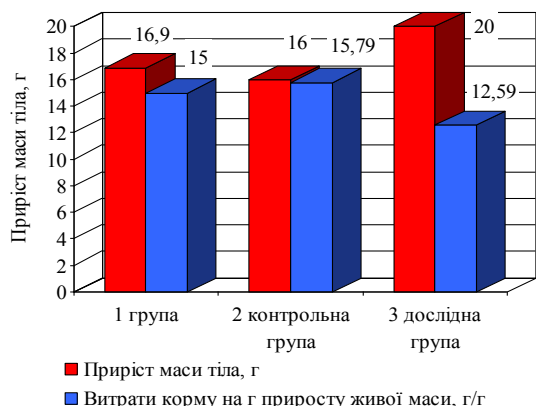


Рис. 10. Відносний приріст маси тіла та витрати корму на г приросту живої маси лабораторних тварин

6. Обговорення результатів дослідження процесу екструдуювання суміші зернової сировини та ячної маси некондиційних курячих яєць

Необхідно зазначити, що попереднє подрібнення зерна кукурудзи позитивно впливає на технологічний процес екструдуювання шляхом зменшення витрат електроенергії (рис. 1). При цьому щільна оболонка зернівки руйнується і зростає доступність впливу підвищеної температури та тиску на внутрішні її шари. Однак необхідно не допустити переподрібнення зерна та утворення великої кількості мучнистої фракції, яка швидко клейстеризується та набуває в'язко-текучого стану вже у зоні стиснення екструдера. У результаті відбувається спікання зерна та погіршення органолептичних і фізичних властивостей екструдату [33, 34].

Щоб отримати високоякісний продукт на виході з екструдера необхідно досягти максимальної однорідності вихідної суміші компонентів (кукурудзи та ячної маси без шкаралупи). Ці компоненти суттєво відрізняються за фізичними властивостями та агрегатним станом, і як наслідок, виникають труднощі технологічного характеру. Отже, необхідно експериментально визначити режими технологічного процесу змішування. Тобто, встановити максимально можливу масову частку ячної маси без шкаралупи некондиційних курячих яєць у суміші, тип змішувача та необхідну тривалість змішування, при яких можна забезпечити необхідну ступінь однорідності суміші.

На думку світових вчених та практиків для отримання якісних однорідних сумішей комбікормів та преміксів, враховуючи технологічні характеристики змішувачів та результати експериментальних досліджень, найефективніше використовувати змішувачі з лопатевим перемішувачим пристроєм [2, 36, 37].

Відома істина, що процес змішування вважається ефективним, якщо коефіцієнт неоднорідності не перевищує 3 % [36, 37]. Виходячи з отриманих даних (рис. 2), технологічний процес змішування проходив не ефективно. З ростом масової частки ячної маси без шкаралупи у суміші однорідність зразків істотно знижувалась, а тривалість змішування збільшувалась. Крім того, завдяки різниці у фізичних властивостях ячна маса та подрібнене зерно кукурудзи утворювали суміш, яка грудкувалася та містила конгломерати.

Проведені дослідження ефективності змішування компонентів (рис. 3, 4) свідчать, що для досягнення рівномірного розподілу рідкої сировини у суміші доцільно використовувати двостадійне змішування, а саме виробляти попередню суміш подрібненої кукурудзи та ячної маси без шкаралупи некондиційних курячих яєць. Для виготовлення попередньої суміші доцільно використовувати рамні змішувачі, які застосовуються у процесах, де не допускається застій периферійних шарів, для змішування речовин високої в'язкості. В результаті встановлена доцільність виробництва попередньої суміші подрібненого зерна кукурудзи та ячної маси без шкаралупи у співвідношенні 1:1 у рамному змішувачі при тривалості змішування 180 с.

Виготовлення попередньої суміші з меншою ніж 50 % кількістю ячної маси без шкаралупи у суміші є недоцільним, тому що в рамних змішувачах зростають витрати електроенергії на змішування вологої суміші, адже вони призначені для змішування рідкої сировини. Вологі суміші доцільно змішувати у змішувачах з лопатевими перемішувачими пристроями, дослідження ефективності змішування в яких були представлені вище.

Стояла задача визначити максимально можливу масову частку ячної маси без шкаралупи у суміші з подрібненою кукурудзою при оптимальних умовах ведення технологічного процесу змішування. Після проведення досліджень встановлено, що для отримання високоякісної однорідної максимально збагаченої ячним білком подрібненої кукурудзи змішування необхідно проводити у два етапи:

- 1) отримання попередньої суміші компонентів у співвідношенні 1:1 у рамному змішувачі впродовж 180 с;
- 2) основне змішування попередньої суміші компонентів та частини подрібненої кукурудзи, яка залишилась, у змішувачі з лопатевим перемішувачим пристроєм впродовж 120...180 с з максимальним введенням ячної маси 10 %.

Аналізуючи залежність витрат електроенергії від масової частки вологи в дослідних зразках (рис. 6) встановили, що при введенні більше 10 % ячної маси без шкаралупи до складу вихідної суміші витрати електроенергії знижуються. При цьому, спостерігається процес формування продукту, а не екструзії, через високу масову частку вологи вихідної суміші, і як наслідок, одержання готового продукту підвищеної вологості. Введення до складу вихідної суміші менше 10 % ячної маси без шкаралупи є недоцільним, так як зменшується масова частка вологи і процес екструдуювання протікає складно. Може спостерігатися запікання продукту та зменшується його об'ємне розширення. А з іншого боку, необхідно було отримати екструдовану кормову добавку збагачену білком тваринного походження з максимально можливим його вмістом.

На основі проведених досліджень [26] розроблено технологічний спосіб виробництва екструдованої кормової добавки шляхом збагачення подрібненого зерна кукурудзи ячною масою некондиційних яєць без шкаралупи. Отриману кормову добавку можна використовувати як самостійний кормовий засіб на фермерських господарствах для годівлі сільськогосподарських тварин і птиці, або як компонент комбікормів у кількості 15...25 %. Використання ячної маси неко-

ндичійних яєць у складі кормової добавки дозволяє раціонально використовувати відходи птахівництва.

Екструзійна технологія дозволяє кількісно і якісно змінювати структуру, склад і кормову цінність готових продуктів. Найменш стійкими компонентами сировини у процесі екструзування є крохмаль, білок, вітаміни. Процес екструзування супроводжується втратами сирого протеїну на 3,1 % (табл. 4, 5), так як відбуваються часткова денатурація білка і розчеплення його до амінокислот. Спостерігається порушення впорядкованості внутрішньої будови молекули білка. При цьому, азот переходить у газоподібний стан (реакція дезамінування) та вступає в реакцію з полісахаридами з утворенням важкорозчинних сполучень, які не можливо визначити за методом К ельдаля. Оскільки в процесі екструзування утворюються білково-вуглеводні комплекси, це негативно впливає на ступінь декстринізації крохмалю та індекс розширення екструдату. При екструзійній обробці крохмалистих матеріалів у момент декомпресії загальний вміст крохмалю зменшується через розщеплення молекул амілози і амілопектину, одночасно збільшується кількість олігосахаридів і декстринів. Це обумовлює підвищення вмісту водорозчинних речовин і, відповідно, кормової цінності продукту за рахунок більшої його засвоюваності.

Дослідження санітарної якості кормової добавки для сільськогосподарської птиці (рис. 8) свідчать, що після екструзування і в процесі зберігання у нерегульованих умовах впродовж 3 місяців різко скорочується рівень обміненія зразка. 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. При екструзуванні відбувається повна інактивація кишкової палички, протей, сальмонели, стафілококів, зниження загального бактеріального обміненія на 98,8...99,8 % та грибною на 88,7...89,6 %, знижується ступінь токсичності. ЕКД необхідно зберігати в сухих, добре вентильованих приміщеннях, не допускаючи 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.

Одержані результати біологічної оцінки свідчать про високу біологічну ефективність використання ЕКД у годівлі лабораторних тварин у порівнянні з екструзованою кукурудзою та можливістю використання її у складі комбікормів для молодняка сільськогосподарської птиці.

У майбутньому доцільним було б проведення дослідження використання цілого некондиційного курячого яйця для збагачення зернової сировини не тільки тваринними білками, але й кальцієм.

7. Висновки

1. Обґрунтовано склад сировини для виробництва екструзованої кормової добавки, яка включає подрібнене зерно кукурудзи та яєчну масу некондиційних яєць без шкаралупи. Встановлено, що оптимальна кількість яєчної маси без шкаралупи у суміші з подрібненим зерном кукурудзи складає 10 % за умов мінімальних питомих витрат електроенергії на виробництво та найкращих показників якості екструзованої кормової добавки.

2. Запропоновано технологічний спосіб збагачення зернової сировини білком тваринного походження шляхом змішування подрібненого зерна кукурудзи та яєчної маси некондиційних яєць без шкаралупи з наступним екструзуванням високооднорідної суміші компонентів. Встановлена доцільність використання двостадійного змішування для досягнення рівномірного розподілу рідкої яєчної маси без шкаралупи в суміші з подрібненим зерном кукурудзи, а саме отримання попередньої суміші компонентів у співвідношенні 1:1 у рамному змішувачі впродовж 180 с та змішування попередньої суміші з частиною кукурудзяної крупки, яка залишилась, в змішувачі з лопатевим перемішувачем – 120...180 с. Коефіцієнт варіації отриманої суміші – 2,7 %. Рекомендовано раціональні параметри технологічного процесу екструзування кормової добавки: тиск в робочій зоні екструдера 2...3 МПа, споживана потужність електродвигуна 4,0...4,5 кВт, температура продукту на виході з екструдера 110...120 °С, тривалість процесу 60...120 с, діаметр отвору матриці 10 мм.

3. Визначено вплив процесу екструзування на фізичні властивості, хімічний склад та санітарну якість ЕКД. В процесі екструзування спостерігаються втрати сирого протеїну на 3,1 %, вміст крохмалю зменшується на 26,8 %, при цьому вміст водорозчинних вуглеводів збільшується у 6 разів. Під час зберігання екструзованої кормової добавки впродовж 3 місяців загальне бактеріальне обміненія зменшується у 7 разів.

4. Удосконалена принципова технологічна схема виробництва ЕКД. Завдяки застосуванню ЕКД такий високоцінний та легкозасвоюваний продукт, як яєчна маса некондиційних курячих яєць, використовується у годівлі птиці, а не втрачається. Добавка може бути використана у складі комбікорму у кількості 15...25 % або самостійно на фермерських господарствах.

5. Біологічна оцінка ефективності згодовування ЕКД свідчить про те, що середньодобовий приріст живої маси тіла лабораторних тварин збільшується на 25,4 %, а конверсія корму зменшується на 20,3 % у порівнянні з контрольною групою.

Література

1. Шевцов, А. А. Повышение эффективности производства комбикормов [Текст] / А. А. Шевцов, А. Н. Остриков, Л. И. Лыткина, А. И. Сухарев. – М.: ДеЛи Принт, 2005. – 243 с.
2. Єгоров, Б. В. Технологія виробництва комбікормів [Текст] / Б. В. Єгоров. – Одеса: Друкарський дім, 2011. – 448 с.
3. Свеженцов, А. И. Комбикорма, премиксы, БВМД для животных и птицы [Текст] / А. И. Свеженцов, С. А. Горлач, С. В. Мартыняк. – Днепропетровск: АРТ-ПРЕСС, 2008. – 412 с.
4. Лукьянова, В. Д. Промышленное птицеводство [Текст]: уч. пос. / В. Д. Лукьянова, Э. А. Дугонов, Н. Ф. Косенко. – М., 1989. – 278 с.
5. Свеженцов, А. И. Корма и кормление сельскохозяйственной птицы [Текст]: монография / А. И. Свеженцов, Р. М. Урдзик, И. А. Егоров. – Днепропетровск: АРТ-ПРЕСС, 2006. – С. 232–361.

6. Подобед, Л. И. Комбикорми для молодняка сільськогосподарських тварин [Текст] / Л. И. Подобед. – К.: Урожай, 1994. – 144 с.
7. Пелевин, А. Д. Комбикорма и их компоненты [Текст] / А. Д. Пелевин, Г. А. Пелевина, И. Ю. Венцова. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 519 с.
8. ЕС 07.052002 р. N 2002/32/ЕС про небажані речовини у кормах для тварин [Текст]. – Директива Європейського парламенту та Ради.
9. ЕС 22.09.2003 р. N 1831/2003 про домішки для використання у харчуванні тварин [Текст]. – Регламент Європейського парламенту та Ради
10. Мельник, В. В. Корми для птиці [Текст] / В. В. Мельник // Сучасне птахівництво. – 2007. – № 5-6 (54-55). – С. 14–19.
11. Taranu, I. Nutrition, feeding and egg quality [Text] / I. Taranu // Poultry international. – 2006. – Vol. 8. – P. 38–42.
12. Егоров, И. А. Новые подходы в использовании нетрадиционных кормов в птицеводстве [Электронный ресурс] / И. А. Егоров, Н. В. Топорков // ВНИТИП. – Режим доступа: <http://www.webpticeprom.ru/ru/articles-birdseed.html?pageID=1209369752>
13. Jackson, M. Improving soya utilization in monogastrics: maize-soya diets with -mannanase [Text] / M. Jackson // Feed international. – 2009. – Vol. 12. – P. 22–26.
14. Gill, C. Poultry nutrition update [Text] / C. Gill // Feed international. – 2007. – Vol. 4. – P. 16–17.
15. Gill, C. Enzymes for broilers: reducing maize energy variability [Text] / C. Gill // Feed international. – 2008. – Vol. 4. – P. 12–14.
16. Семькин, В. А. Возделывание кукурузы на зерно без гербицидов [Текст] / В. А. Семькин, И. Я. Пигорев, И. А. Оксененко // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – № 4. – С. 58–60.
17. Большинство яиц в мире производят 15 стран [Текст] // Дайджест мирового птицеводства. Приложение к журналу «Птица и птицепродукты». – 2012. – № 2 (16). – С. 76.
18. Велямов, М. Т. Использование питательной среды из ферментативного гидролиза некондиционных куриных яиц для культивирования производственных штаммов на предприятии [Текст] / М. Т. Велямов, Ж. К. Княжева, Ж. А. Кашаганова // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 3. – С. 86–89.
19. Angelovičová, M. The table eggs and their quality in small-scale breeding [Text] / M. Angelovičová, L. Ševčíková, M. Angelovič // Potravinarstvo. – 2015. – Vol. 9, Issue 1. – P. 442–450. doi: 10.5219/515
20. Chukwuka, O. K. Egg Quality Defects in Poultry Management and Food Safety [Text] / O. K. Chukwuka, N. J. Okoli, A. Okeudo, V. I. Udedibie, I. P. Ogbuewu, N. O. Aladi et. al. // Asian Journal of Agricultural Research. – 2011. – Vol. 5, Issue 1. – P. 1–16. doi: 10.3923/ajar.2011.1.16
21. Егоров, Б. В. Использование некондиционных куриных яиц при производстве кормовых добавок и комбикормов [Текст] / Б. В. Егоров, Н. В. Ворона // Зернові продукти і комбикорми. – 2010. – № 3. – С. 43–45.
22. Рябоконт, Ю. А. Состояние и научное обеспечение отрасли птицеводства [Текст]: міжвід. темат. наук. зб. / А. Ю. Рябоконт // Птахівництво. – 2006. – № 58. – С. 10.
23. Таранов, П. М. Повышение экономической эффективности российского птицепродуктового подкомплекса через глубокую переработку яйца [Электронный ресурс] / П. М. Таранов, В. Ю. Гадаева // Экономические науки. – 2013. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-ekonomicheskoy-effektivnosti-rossiyskogo-ptitseproduktovogo-podkompleksa-cherez-glubokuyu-pererabotku-yaytza>
24. Narabari, D. Nutritionally enriched eggs [Text] / D. Narabari // Poultry international. – 2008. – Vol. 10. – P. 22–30.
25. Скурихин, И. М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания [Текст]: справочник / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 276 с.
26. Егоров, Б. В. Технологія виробництва екструдованої кормової добавки для сільськогосподарської птиці [Текст] / Б. В. Егоров, Н. В. Ворона // Зернові продукти і комбикорми. – 2011. – № 4. – С. 31–36.
27. Iegorov, B. The study of production regimes and quality parameters of extruded feed additive based of corn seed and substandard egg mass [Text] / B. Iegorov, N. Vorona, A. Makarynska, O. Voietska, T. Bordun // Eureka: Life Sciences. – 2016. – Vol. 3 (3). – P. 26–35. doi: 10.21303/2504-5695.2016.00144
28. Братерский, Ф. Д. Оценка качества сырья и комбикормов [Текст] / Ф. Д. Братерский. – М.: Колос, 1983. – 320 с.
29. Технологія комбикормового виробництва [Текст]: метод. вказівки / за ред. Б. В. Єгорова. – Одеса: ОНАХТ, 2010. – 60 с.
30. Організація технохімічного і технологічного контролю на підприємствах галузі [Текст]: метод. вказівки / за ред. Б. В. Єгорова. – Одеса: ОНАХТ, 2011р. – 82 с.
31. 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 комбикорми. – 2011. – № 2. – С. 29–33.
32. Пат. 64221 Україна, МПК А23К 1/10. Добавка до комбикорму для сільськогосподарської птиці [Текст] / Б. В. Егоров, Н. В. Ворона. – № u201108847. Заявл. 14.07.2011; опубл. 25.10.2011, Бюл. № 20.
33. Афанасьев, В. А. Теория и практика специальной обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов [Текст] / В. А. Афанасьев. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2002. – 296 с.
34. Остриков, А. Н. Экструзия в пищевой технологии [Текст] / А. Н. Остриков, О. В. Абрамов, А. С. Рудометкин. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 288 с.
35. Егоров, Б. В. Вивчення кормової цінності екструдованої добавки для сільськогосподарської птиці [Текст] / Б. В. Егоров, А. П. Левицький, Н. В. Ворона // Хранение и переработка зерна. – 2014. – № 9 (186). – С. 43–45.
36. Fairfield, D. Back to basics: mixing system efficiency [Text] / D. Fairfield, C. Gill // Feed international. – 2010. – Vol. 8. – P. 24–26.
37. Behnke, K. C. From ingredient uniformity to animal performance [Text] / K. C. Behnke. – Roche Technical Seminar, Lafferson GA, 2006. – P. 43–51.