

ПРАКТИКА ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА ПРЕМІКСІВ І КОМБІКОРМІВ

¹Барановський Є.Д., аспірант, ²Ворона Н.В., к.т.н, доцент, ³Козак О.А., аспірант
Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

ORCID: ¹<https://orcid.org/0009-0009-3488-2893>; ²<https://orcid.org/0000-0001-6903-9016>;

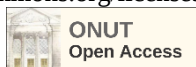
³<https://orcid.org/0009-0004-7643-649X>

E-mail: ¹tarnin@te.net.ua, ²n.vorona@ontu.edu.ua, ³sashakozak1998@gmail.com

Copyright © 2025 by author and the journal «Scientific Works»

This work is licensed under Vthe Creative Commons Attribution International License (CC By).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



Анотація. В матеріалах статті розглянуті теоретичні та практичні питання розрахунку рецептів комбікормової продукції. Проведено аналіз основних проблем, які виникають при виборі кормової сировини та відповідності готових рецептів для сільськогосподарської птиці за показниками поживності нормативній документації. Розглянуто проблеми оптимізації виробництва преміксів і комбікормів та їх вплив на якість комбікормової продукції. Встановлено, що впровадження автоматизованих систем управління технологічними процесами, математичного моделювання рецептур та методів оптимального планування дозволяє підвищити ефективність виробництва комбікормів на 10–20 %. Наведено ТОП 20 програмних комплексів для розрахунку рецептів преміксів та комбікормів. Наведені основні бази поживності сировини ТОП 20 у розрізі країни/організації та їх особливості. Доведено, що застосування оптимізаційних алгоритмів у поєднанні з комп'ютерними системами управління дозволяє підвищити ефективність використання кормових ресурсів і зменшити перевитрати мікроінгредієнтів. На ТОВ «Мега Корм» за допомогою програмних комплексів Bestmix (Бельгія (Adifo/Info Support)) та KormOptima (Україна) розраховано рецепти преміксів та повнораціонних комбікормів для курчат бройлерів віком до 10 діб. Встановлено, що включення до складу преміксів і комбікормів специфічних нутрієнтів кальцію аскорбату, ферментних препаратів Ветозим мульті та Ветозим ФФ-10000 дозволило зменшити вміст у складі рецептів широту соєвого на 7,2%, олії соняшникової на 50% та монокальційфосфату на 60% при дотриманні вимог до поживності комбікорму. Надані практичні рішення для оптимізації рецептур комбікормів з урахуванням рівня конверсії корму (FCR). При розрахунку вартісних показників встановлено економічний ефект використання ферментних препаратів, собівартість 1 тони готової продукції зменшилась на 992 грн. (7,7%). Отже оптимізація рецептів комбікормів має практичне значення та спрямована на підвищення конкурентоспроможності підприємств комбікормової галузі.

Ключові слова: сировина, рецепти, оптимізація, програми, поживність, ферменти, премікси, комбікорми.

Вступ.

Ефективне функціонування сучасного тваринництва значною мірою залежить від рівня розвитку кормової промисловості, зокрема виробництва преміксів і комбікормів. Зростання потреб у високоякісних, збалансованих та економічно доцільних кормах зумовлює необхідність удосконалення технологічних процесів їх виготовлення на основі науково обґрунтованих підходів до оптимізації виробництва [1-3]. У цьому контексті особливого значення набуває практика оптимізації виробництва преміксів і комбікормів, яка спрямована на забезпечення стабільних фізико-хімічних показників продукції, підвищення її біологічної цінності та зниження собівартості.

Премікси та комбікорми відіграють ключову роль у забезпеченні повноцінної годівлі сільськогосподарських тварин і птиці, оскільки є основним джерелом макро- та мікронутрієнтів, біологічно активних речовин, вітамінів і мінералів [3], визначають рівень їх продуктивності, здоров'я та конверсії корму. Якість цих продуктів визначається не лише раціональним поєднанням сировинних компонентів, але й точністю дозування мікроінгредієнтів, рівнем гомогенності сумішей, стабільністю фізико-хімічних показників, ефективністю технологічного обладнання та впровадження сучасних технологічних рішень у виробничий процес [4].

В умовах зростання вартості сировини, енергоносіїв і логістичних витрат актуалізується проблема оптимізації виробничих процесів з метою зниження собівартості продукції без втрати її поживної та біологічної цінності. Як свідчать результати численних досліджень, впровадження автоматизованих систем управління технологічними процесами, математичного моделювання рецептур та методів оптимального планування дозволяє підвищити ефективність виробництва комбікормів на 10–20 % [5–7].

Окремої уваги заслуговує питання адаптації технологій виробництва преміксів і комбікормів до вимог міжнародних стандартів якості та безпечності, зокрема HACCP, ISO 22000 та GMP+, що є необхідною умовою інтеграції вітчизняних підприємств у світовий ринок кормової продукції [8, 9]. Для України це питання набуває особливої ваги з огляду на потребу підвищення конкурентоспроможності агропромислового комплексу та забезпечення продовольчої безпеки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблеми оптимізації виробництва преміксів і комбікормів є предметом активних наукових досліджень як вітчизняних, так і зарубіжних учених. У працях багатьох авторів зазначається, що ефективність кормового виробництва визначається сукупністю технологічних, економічних та організаційних чинників, серед яких ключову роль відіграють якість сировини, точність дозування компонентів і рівень автоматизації технологічних процесів [1–3].

Значна кількість досліджень присвячена оптимізації рецептур преміксів і комбікормів із використанням методів лінійного програмування та математичного моделювання. Такі підходи дають змогу мінімізувати вартість готової продукції за умови дотримання зоотехнічних вимог до поживності раціонів (забезпечення нормативного рівня енергії, протеїну, амінокислот, мінеральних речовин і вітамінів) [4, 5]. На перший погляд складання рецептур преміксів і комбікормів за наявності програмного забезпечення здається простим завданням: відкрив програмне забезпечення, ввів інгредієнти та їх характеристики, натиснув «оптимізувати» — і отримав ідеально збалансований, економічно оптимальний раціон. Насправді на практиці виявляється не все так просто. Виробничі умови, особливості технологічного обладнання, побудова технологічного процесу, кваліфікація рецептуролога і навіть сам персонал можуть суттєво вплинути на найретельніше розраховані рецепти. Так, у роботах зарубіжних авторів доведено, що точність оптимізації значною мірою залежить від якості вихідних даних щодо поживності сировини [5]; застосування оптимізаційних алгоритмів у поєднанні з комп'ютерними системами управління дозволяє підвищити ефективність використання кормових ресурсів і зменшити перевитрати мікроінгредієнтів [6]. Окремий напрям досліджень стосується технологічних аспектів виробництва та оптимізації рецептур преміксів, як концентрованих джерел мікроінгредієнтів, зокрема питань забезпечення однорідності сумішей, стабільності вмісту біологічно активних речовин та запобігання сегрегації компонентів [12, 18]. Науковці наголошують, що недотримання оптимальних режимів змішування та зберігання призводить до зниження якості готової продукції та погіршення її технологічних властивостей [3, 9]. У наукових публікаціях наголошується на необхідності врахування біодоступності вітамінів і мікроелементів, їх стабільності під час зберігання та взаємодії між компонентами суміші [10–12]. Недотримання цих вимог, за даними дослідників, може призводити до зниження ефективності годівлі навіть за формального дотримання нормативів [13, 14].

Також значна увага приділяється впровадженню автоматизованих систем управління виробничими процесами на комбікормових підприємствах. Дослідження свідчать, що автоматизація дозування, контролю якості та обліку сировини сприяє зменшенню людського фактору та підвищенню стабільності виробничих показників [15, 16]. Такі підходи дозволяють оперативно коригувати склад преміксів і комбікормів, підвищуючи економічну гнучкість виробництва. Разом з тим підкреслюється необхідність адаптації таких систем до специфіки конкретного виробництва.

Важливим аспектом оптимізації виробництва преміксів і комбікормів є відповідність міжнародним стандартам якості та безпечності, зокрема HACCP, ISO 22000 та GMP+. У наукових працях відзначається, що впровадження цих стандартів не лише підвищує рівень безпечності кормів, але й сприяє оптимізації виробничих процесів і зниженню витрат [8, 9, 17–19].

Аналіз наукових джерел свідчить, що більшість досліджень зосереджена переважно на математичних аспектах оптимізації рецептур, тоді як питання практичної адаптації отриманих рішень до умов конкретних підприємств, особливо вітчизняних, залишаються недостатньо висвітленими. Це зумовлює необхідність подальших досліджень, спрямованих на поєднання теоретичних моделей оптимізації з реальними технологічними та виробничими умовами, що забезпечить комплексне поєднання технологічної, економічної та організаційної оптимізації виробництва преміксів і комбікормів.

Метою дослідження є наукове обґрунтування та аналіз практик оптимізації виробництва преміксів і комбікормів з метою підвищення технологічної та економічної ефективності кормових підприємств за умов збереження високих показників якості та безпечності продукції.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачено вирішення таких **завдань**:

1. проаналізувати програмні комплекси для розрахунку рецептів преміксів і комбікормів та оцінити ефективність застосування методів оптимізації;
2. визначити ключові технологічні та організаційні чинники, що найбільше впливають на ефективність виробництва та стабільність якості кормової продукції;
3. дослідити вплив нутрицевтичних компонентів на кормову цінність та економічну ефективність рецептів комбікормів для курчат бройлерів.

Матеріали і методи досліджень

Об'єктом дослідження були рецепти преміксів та повнораціонних комбікормів для курчат бройлерів віком до 10 діб. Предметом дослідження виступали методи оптимізації рецептур за поживною цінністю, біодоступністю нутрієнтів, економічною ефективністю та технологічною придатністю до промислового виробництва.

В роботі використовували зернову (кукурудзу, пшеницю, ячмінь), білкову (соевий, соняшниковий шрот), мінеральну та мікробіологічну сировину, що відповідає чинним вимогам ДСТУ та технічним умовам виробників. Хімічний склад сировини визначався в умовах виробничої лабораторії комбікормового заводу ТОВ «Мега Корм» та вносився в електронну базу програмних комплексів. 0,2% премікси для курчат бройлерів від 0 до 10 діб, виготовлені в умовах підприємства, включали вітаміни, мікроелементи в неорганічних та органічних формах, амінокислоти, ферментні препарати, пробіотичні та функціональні добавки.

Розрахунки рецептів проводили за допомогою спеціалізованих програмних комплексів для рецептування комбікормів: Bestmix (Бельгія (Adifo/Info Support)) та KormOptima (Україна). Оптимізацію рецептур преміксів і комбікормів здійснювали за допомогою методів математичного програмування. Базовим методом було лінійне програмування з мінімізацією собівартості раціону за умови забезпечення нормованих рівнів енергії, протеїну, амінокислот, мінеральних речовин та вітамінів. Додатково застосовували багатокритеріальну оптимізацію з урахуванням: стандартизованої ідеальної перетравності амінокислот; біодоступності мікроелементів; обмежень за максимальним та мінімальним введенням окремих інгредієнтів; технологічних вимог до гранулювання.

Економічну оцінку оптимізованих рецептур здійснювали шляхом розрахунку собівартості 1 т комбікорму, вартості преміксової складової та прогнозованої ефективності використання корму (конверсія, продуктивність). Цінові показники сировини враховували на момент проведення досліджень.

Отримані експериментальні дані обробляли методами варіаційної статистики з використанням стандартних програмних пакетів. Достовірність різниць між варіантами оцінювали за критерієм Стьюдента за рівня значущості $p \leq 0,05$.

Результати досліджень та їх обговорення

Оптимізація рецептури преміксів і комбікормів є одним із ключових інструментів підвищення ефективності кормовиробництва, оскільки безпосередньо впливає на поживну цінність кормів, продуктивність тварин, конверсію корму, собівартість продукції, екологічні та економічні показники підприємств. У практичній площині цей процес ґрунтується на поєднанні зоотехнічних, технологічних, економічних та фізіолого-біохімічних підходів. У сучасних умовах виробництва комбікормової продукції все більшого поширення набуває використання комп'ютерних програм і автоматизованих систем для оптимізації рецептур у режимі реального часу з урахуванням коливань цін на сировину та змін її якості.

До програмних комплексів ТОП 20 відносять:

- | | |
|--|--|
| 1 Bestmix (Бельгія, Adifo/Info Support); | 11 TechMix OptiRation (США); |
| 2 Brill Formulation | 12 Nutrionix (Бразилія); |
| 3 Format International (Великобританія); | 13 KormOptima (Україна); |
| 4 AFOS (Австрія); | 14 Opti-Mix (росія); |
| 5 OptiFeed (Україна); | 15 Sesame (США, Oklahoma State University); |
| 6 FeedSoft (США); | 16 Ruminant Feed Balance (RFB) (EC / Open source); |
| 7 MixitWin (Німеччина/США); | 17 OptiKorm (Білорусь); |
| 8 WinFeed (Великобританія); | 18 Cowculator (Канада); |
| 9 FEED-OPT (росія); | 19 NDS Professional (Італія / США); |
| 10 FeedExpert (Нідерланди, Agrisyst); | 20 Agridata Feedmill Manager (Індія / Азія). |

Особливістю всіх сучасних програмних комплексів для розрахунку рецептури преміксів і комбікормів є:

1. Врахування виду, віку та фізіологічного стану тварин. Оптимальна рецептура комбікорму повинна відповідати конкретним потребам тварин залежно від:

- виду та кросу (порода, генетичний потенціал);
- вікової групи (стартер, гровер, фінішер);
- фізіологічного стану (ріст, відгодівля, несучість, лактація, стресові періоди).

Недотримання цих факторів призводить до перевитрат поживних речовин або, навпаки, до їх дефіциту, що негативно впливає на продуктивність і здоров'я тварин.

2. Балансування поживних речовин на основі перетравності. У практиці сучасного кормовиробництва дедалі більшого значення набуває балансування раціонів не за загальним, а за перетравним та засвоюваним вмістом поживних речовин:

- перетравний протеїн та амінокислоти (лізин, метіонін, треонін);
- обмінна енергія;
- доступний фосфор та кальцій;
- жирні кислоти та функціональні вуглеводи.

Це дозволяє точніше відповідати реальним потребам тварин та зменшувати втрати поживних речовин з екскрементами.

3. Використання альтернативної та вторинної сировини. Практична оптимізація рецептур передбачає раціональне залучення:

- побічних продуктів переробки зерна (висівки, кормові зародки, глютенів корми);
- продуктів пивоваріння, крахмало-патокового та олійно-жирового виробництва;
- локальної сировини з урахуванням її хімічного складу та варіабельності (відходи харчової промисловості, комахи).

При цьому обов'язковим є лабораторний контроль поживної цінності та безпечності такої сировини.

4. Застосування нутрицевтичних та функціональних добавок. У практичній оптимізації рецептур важливу роль відіграють:

- ферментні препарати (ксилази, фітази, протеази);
- пробіотики, пребіотики, органічні кислоти;
- фітобіотики, антиоксиданти, імуномодулятори.

Їх використання дозволяє підвищити ефективність засвоєння поживних речовин, стабілізувати мікробіоценоз кишечника та покращити показники конверсії корму.

5. Технологічна придатність рецептури. Оптимізована рецептура повинна бути адаптована до технології виробництва комбікормів:

- забезпечувати належну міцність гранул;
- мати задовільну сипучість та однорідність;
- не викликати залипання чи сегрегації компонентів.

Це особливо важливо при використанні високих доз жирів, меляси чи дрібнодисперсних компонентів.

6. Економічна оптимізація та програмні методи. На практиці оптимізація рецептур здійснюється за допомогою:

- лінійного програмування;
- спеціалізованого програмного забезпечення (least cost formulation);
- сценарного аналізу цін на сировину.

В ході промислової апробації більшості програмного забезпечення було встановлено, що вони є самим надійним, перевіреним часом і досвідом рецептуролога банком комплексних знань мистецтва створення якісної комбікормової продукції. Наступає той момент, коли довідники доречно змінити на більш сучасну базу поживності компонентів. При розрахунку рецептів можна швидко отримати прості рішення на основі загально доступних баз даних: LOTUS, ACCESS, EXCEL та інші. Сьогодні пропонуються сучасні програмні комплекси з різними можливостями оптимізації та супутніми функціями, але всі вони мають переваги та недоліки, що треба обов'язково враховувати при їх виборі та роботі. Характеристика особливостей основних баз поживності сировини ТОП 20 наведена у табл. 1.

Таблиця 1 – Основні бази поживності сировини ТОП 20

№	Назва бази	Країна / Організація	Особливості
1	NRC (Nutrient Requirements of Animals)	США	Класична та фундаментальна база. Використовується по видам: ВРХ (2021), свині (2012), птиця (1994) і т. д.
2	NASEM	США	Сучасне продовження NRC. Переглянуто з 2016 року.
3	CNCPS Feed Library	США / Cornell University	Дуже детальна. Використовується в NDS, AMTS. Ділить компоненти по фракціям А, В ₁ , В ₂ , С.
4	INRA Feed Tables	Франція	Європейський стандарт. Одна з самих точних по жуйним. Перетравність по in situ и in vitro.
5	CVB (Centraal Veevoeder Bureau)	Нідерланди	Розширена таблиця для свиней, птиці та ВРХ.

6	NorFor	Скандинавія	Врахування тонкокишкової перетравності, мікробної протеїн перетравності. Підходить для молочного ВРХ.
7	Dairy One Feed Composition Library	США	Базується на сотнях тисяч аналізів. Щорічне оновлення.
8	Feedipedia	FAO/INRA/CIRAD/AFZ	Онлайн-база по кормам в країнах що розвиваються. Враховує екзотичні компоненти.
9	AMTS Feedbank	США	Комерційна, сумісна з CNCPS. Розширенні параметри по засвоюваності.
10	HYBRIMIN Feed Database	Німеччина	Використовується в програмі HYBRIMIN. Адаптована під ЕС та СНД.
11	Brill Ingredient Library	США	Комерційна база, використовується в Brill Formulation.
12	Swiss Feed Database (Agroscope)	Швейцарія	Докладна інформація по грубим та пасовищним кормам.
13	BSAS Feed Tables	Великобританія	Наукова база, використовується в дослідженнях. Підходить для овець, ВРХ.
14	Wageningen Feed Tables	Нідерланди	Моделна база від Wageningen UR. Базується на голландських дослідженнях.
15	Evonik AMINODat®	Німеччина	Найбільша комерційна база по амінокислотному складу. Особливо для птиці та свиней.
16	Ajinomoto PIG/Chicken Matrix	Японія	Точні амінокислотні та енергетичні данні для преміксних та білкових компонентів.
17	Lohmann Tierernährung Feed Base	Німеччина	Використовується в комбікормових формулах для птиці.
18	Optifeed Ingredient DB	Україна	Локальна база, містить регіональні компоненти (макухи, шрот, висівки і т.д.).
19	Artemida Feed Matrix (RU)	росія	Промислова база з адаптацією під ГОСТ в СНД. Використовується в деяких ERP.
20	China Feed Database (CAAS)	Китай	Докладна база по кормам та інгредієнтами які вирощуються в Азії. Частково відкрита.

В роботі програмних комплексів з розрахунку рецептів преміксів і комбікормів завжди виникає питання: Які норми параметрів годівлі? З практичної точки зору відповідь на це питання дуже не однозначна. По-перше, слід враховувати рекомендації від заводчиків генетики. По-друге, необхідно враховувати загальні рекомендації в різних довідниках з питань годівлі та технології, які науково фундаментально обґрунтовані, також ДСТУ та інші нормативно правові документи. По-третє, в деяких випадках враховують прийняті на господарстві, як внутрішня технологія підприємства, яка обґрунтована зоотехнічними результатами та показниками.

При виборі сировини, в першу чергу, на підприємстві орієнтуються на її види та доступність. В більшості використовують:

1. Класичні культури та продукти їх переробки – пшениця, кукурудза, ячмінь, овес, горох, соняшник, соя, ріпак (шрот, макухи, рис, висівки, мучки, продукти мікробіологічного синтезу, рибне борошно та інше.)
2. Альтернативні культури та їх продукти переробки – просо, сорго, амарант, люпин, нут та інше.
3. Промислові відходи виробництва, як харчової так і не харчової промисловості, які потребують додаткової підготовки та переробки.

Існує три загальні принципи оптимізації рецептури:

1. Складові рецептури – компоненти та їх рівні;
2. Якісні показники та загальна якість сировини;
3. Оптимізація рецептури або складання рецепту згідно основних трьох критеріїв:
 - виконання умов по якості заданих показників;
 - виконання умов по обмеженням % вводу сировини;
 - виконання умов економічного блоку.

Власний багаторічний практичний досвід роботи та наукове супроводження комбікормової продукції споживачам дозволяє стверджувати, що під час оптимізації можуть виникнути відхилення від рекомендованих норм за рахунок використання біологічних добавок та інших технологічних процесів виробництва. Зокрема, при використанні матриць дії ферментних препаратів можна:

- свідомо знизити або збільшити мінімальні та максимальні обмеження по поживності;
- при використанні емульгаторів можна зменшити відсоток введення нативних жирів, але з урахуванням мінімального залишку для їх роботи;
- урахування збільшення доступності інгредієнтів на 5-15%, якщо вони пройшли додаткові процеси, наприклад, екструджування, експандування, тостування чи мікронізацію.

У якості прикладу наведемо розрахунок та оптимізацію рецептів повнораціональних комбікормів для

курчат бройлерів віком до 10 діб (табл. 2). Алгоритм оптимізації рецептур комбікормів для бройлерів починається з визначення вихідних умов (вид, вік, продуктивні цілі) та оцінки якості сировини. Далі балансування поживних речовин і нутрицевтична корекція інтегруються в процедуру least-cost оптимізації в використанні специфічних нутрієнтів: кальцію аскорбату, ферментних препаратів Ветозим мульті та Ветозим ФФ-10000. Завершальними етапами є технологічна перевірка, експериментальна валідація та впровадження рецептури з постійним моніторингом продуктивних показників (середньодобові прирости маси, коефіцієнт конверсії корму (FCR)).

Таблиця 2 - Рецепти повнораціонних комбікормів для курчат бройлерів віком до 10 діб

Склад без дії фермента	В рецепті	Склад з врахуванням дії фермента	В рецепті
Кукурудза СП 6	31,8410 %	Пшениця СП 8	34,9973 %
Шрот соєвий	27,22 %	Шрот соєвий	25,26 %
Пшениця СП 8	20,9506 %	Кукурудза СП 6	21,8443 %
Макуха соєва	10,00 %	Макуха соєва	10,01 %
Олія соєва	2,39 %	Шрот соняшниковий	2,00 %
Шрот соняшниковий	2,00 %	Вапнякове борошно	1,55 %
Монокальцій фосфат	1,66 %	Олія соєва	1,00 %
Вапнякове борошно	1,26 %	Лізин сульфат 70%	0,73 %
Лізин сульфат 70%	0,70 %	Монокальцій фосфат	0,64 %
DL-Метіонін 98,5%	0,48 %	DL-Метіонін 98,5%	0,47 %
Сіль Екстра	0,30 %	Сіль Екстра	0,30 %
L-Треонін 98%	0,24 %	L-Треонін 98%	0,24 %
П 0,2% віт. Б №68300020	0,240 %	П 0,2% віт. Б №68300020	0,240 %
Холін Хлорид 70% (Вітамін В4)	0,1724 %	Холін Хлорид 70% (Вітамін В4)	0,1724 %
L-Валін	0,17 %	L-Валін	0,17 %
Натрій сульфат	0,17 %	Натрій сульфат	0,17 %
П 0,1% мін. Б №68310046	0,090 %	П 0,1% мін. Б №68310046	0,090 %
Нікамакс	0,06 %	Нікамакс	0,06 %
Стафак 110	0,020 %	Стафак 110	0,020 %
Ветозим мульті (Без матриці)	0,010 %	Ветозим мульті (Матриця робоча)	0,010 %
Ветозим ФФ-10000 (Без матриці)	0,01 %	Ветозим ФФ-10000 (Без матриці)	0,01 %
Кальцію аскорбат (В24046006)	0,010 %	Кальцію аскорбат (В24046006)	0,010 %
Вітамін Е 500	0,006 %	Вітамін Е 500	0,006 %

Примітка: фотоскрін з екрану роботи програми Bestmix

Як видно в ході оптимізації при включенні до складу повнораціонних комбікормів для курчат бройлерів специфічних нутрієнтів 0,01% ферментного комплексного препарату Ветозим мульті, 0,01% ферментного препарату Ветозим ФФ-10000 та 0,01 % кальцію аскорбату дозволило зменшити вміст у складі рецепту комбікорму вартісних компонентів: зерна кукурудзи з 31,84 до 21,84% (-Δ 31%), шроту соєвого з 27,22 до 25,26% (-Δ 7,2%), олії соняшникової з 2,39 до 1,0% (-Δ 50%) та монокальційфосфату з 1,66 до 0,64% (-Δ 60%), при повному дотриманні вимог до поживності комбікорму (табл. 3).

Таблиця 3 – Поживність повнораціонних комбікормів для курчат бройлерів віком до 10 діб

Найменування	Од. вим.	Розрахунок	Мін.	Макс.	Найменування	Од. вим.	Розрахунок
ОЕ ПТИЦІ ТАБЛ	ККал/кг	2 954		3100	ОЕ ПТИЦІ ТАБЛ	ККал/кг	2 971
ОЕ ПТИЦІ WPSA	ККал/кг	2 900			ОЕ ПТИЦІ WPSA	ККал/кг	2 940
ОЕ БРОЙЛЕРІВ	ККал/кг	2 886	2900		ОЕ БРОЙЛЕРІВ	ККал/кг	2 894
СУХА РЕЧОВИНА	%	90,09			СУХА РЕЧОВИНА	%	90,13
ВОЛОГА	%	9,91			ВОЛОГА	%	9,87
СИРАЯ ЗОЛА	%	7,00			СИРАЯ ЗОЛА	%	6,23
СИРИЙ ПРОТЕЇН	%	21,99			СИРИЙ ПРОТЕЇН	%	22,00
СИРИЙ ЖИР	%	4,89	22	22,5	СИРИЙ ЖИР	%	3,36
С18:2 ω6	%	2,42	3	5	С18:2 ω6	%	1,66
СИРА КЛІТКОВИНА	%	2,92			СИРА КЛІТКОВИНА	%	2,99
ЛІЗИН	%	1,47		3,5	ЛІЗИН	%	1,47
МЕТИОНІН	%	0,78			МЕТИОНІН	%	0,77
МЕТИОНІН+ЦИСТИН	%	1,11			МЕТИОНІН+ЦИСТИН	%	1,12
ТРЕОНІН	%	1,02			ТРЕОНІН	%	1,02
ТРИПТОФАН	%	0,27			ТРИПТОФАН	%	0,27
АРГІНІН	%	1,41			АРГІНІН	%	1,39
ЛІЗИН SID ПТИЦЯ	%	1,35	1,35		ЛІЗИН SID ПТИЦЯ	%	1,35
МЕТИОНІН SID ПТ	%	0,75	0,56		МЕТИОНІН SID ПТ	%	0,74
М+Ц SID ПТИЦЯ	%	1,03	1,03		М+Ц SID ПТИЦЯ	%	1,03
ТРЕОНІН SID ПТ.	%	0,90	0,9		ТРЕОНІН SID ПТ.	%	0,90
ТРИПТОФАН SID ПТ	%	0,24	0,22		ТРИПТОФАН SID ПТ	%	0,24
АРГІНІН SID ПТ.	%	1,29	1,44		АРГІНІН SID ПТ.	%	1,27
ІЗОЛЕЙЦИН SID ПТ	%	0,79			ІЗОЛЕЙЦИН SID ПТ	%	0,81
ЛЕЙЦИН SID ПТ.	%	1,48	1,48		ЛЕЙЦИН SID ПТ.	%	1,41
ВАЛІН SID ПТИЦЯ	%	1,03	1,03		ВАЛІН SID ПТИЦЯ	%	1,03
Ca	%	1,00	1	1,1	Ca	%	1,10
P	%	0,60	0,6		P	%	0,57
P ЗАСВОЮВАНИЙ	%	0,50	0,5		P ЗАСВОЮВАНИЙ	%	0,50
K	%	0,95	0,4	0,95	K	%	0,95
Na	%	0,18	0,18	0,23	Na	%	0,18
Cl	%	0,23	0,18	0,23	Cl	%	0,22
NaCl	%	0,31			NaCl	%	0,31
DEV	мЭкв/кг	269,7			DEV	мЭкв/кг	269,0

Примітка: фотоскрін з екрану роботи програми Bestmix

Використання матриці ферментного комплексного препарату Ветозим мульті в розрахунках дозволило забезпечити необхідний рівень засвоєного фосфору (0,5%) внаслідок вивільнення фосфору з фітатних комплексів зернової сировини та макух. Що, в свою чергу, в комплексі з кальцієм аскорбатом, незважаючи на зменшення відсотку монокальційфосфату, забезпечило вміст кальцію на необхідному рівні 1...1,1%. Зменшення вмісту жиру з 4,89 до 3,36% знаходиться в допустимих нормативних межах 3...5 % та суттєво не вплине на поживність, оскільки за рахунок дії ферменту забезпечить його краще засвоювання внаслідок емульгації.

В цілому дія нутрицевтичних факторів, зокрема ферментів, у бройлерів проявляється у позитивному впливі на стан кишечника, стабільності мікробіоти та метаболізму поживних речовин (ефективність використання амінокислот, мінералів та енергії), що значно покращить FCR. Практичні рішення для оптимізації рецептур комбікормів для бройлерів з урахуванням FCR наведено у табл. 4.

Таблиця 4 – Практичні рішення для оптимізації рецептур комбікормів з урахуванням FCR

Проблема/ціль	Практичне рецептурне рішення	Очікуваний ефект	Контрольні показники
Високий FCR у бройлерів	Балансування раціону за перетравним лізином і метіоніном	Зниження FCR на 3-7%	FCR, приріст, споживання корму
Низька однорідність стада	Додавання пробіотиків / органічних кислот	Вирівнювання росту, стабільний FCR	Середньодобові прирости маси тіла, смертність
Надлишковий сирий протеїн	Зниження сирого протеїну з АК-корекцією	Менші азотні втрати, краща конверсія	FCR, азот у посліді
Погана перетравність зерна	Введення NSP-ферментів	Підвищення доступності енергії	В'язкість хімусу, FCR
Висока собівартість корму	Least-cost оптимізація рецептури	Зменшення вартості без втрат продуктивності	Вартість корму, FCR
Стресові періоди (спека, вакцинація)	Антиоксиданти, фітобіотики	Підтримка продуктивності	Середньодобові прирости маси тіла, смертність

При розрахунку вартісних показників комбікормів встановлено значний економічний ефект використання ферментних препаратів. Вартість сировини (рецепт №1) без врахування матриці ферментів склала 12934 грн/т, вартість сировини (рецепт №2) з урахуванням матриці ферментів – 11942 грн/т. Отже собівартість 1 тони готової продукції зменшилась на 992 грн. (-Δ 7,7%).

Висновки

Таким чином, дослідження та узагальнення практик оптимізації виробництва преміксів і комбікормів є важливим науково-практичним завданням, спрямованим на підвищення конкурентоспроможності підприємств кормової галузі та сталий розвиток агропромислового комплексу України.

Використання у сучасних рецептурах комбікормів для сільськогосподарської птиці нутрицевтичних компонентів: ферментів (фітаза, ксиланаза, β-глюканаза) підвищує доступність фосфору та обмінної енергії; пробіотиків та пребіотики стабілізує кишкову мікрофлору; органічних кислот - контролює патогенну мікрофлору; фітобіотиків як альтернативу кормовим антибіотикам. Їх використання особливо ефективно в умовах інтенсивного вирощування та при коливаннях якості зернової сировини.

Оптимізація рецептур комбікормів для птиці повинна здійснюватися за алгоритмом, що поєднує оцінку якості сировини, балансування поживних речовин за принципом ідеального протеїну, нутрицевтичну корекцію та економічну оптимізацію, що забезпечить стабільне зниження FCR у бройлерів.

PRACTICES OF OPTIMIZING THE PRODUCTION OF PREMIXES AND COMPOUND FEEDS

**Baranovsky Ye.D., Postgraduate Student,
Vorona N.V., Cand. of Technical Sciences, Ass. Prof., Kozak O.A., Postgraduate Student
Odesa National University of Technology, Odesa**

Abstract. The materials of the article consider theoretical and practical issues of calculating recipes for compound feed products. An analysis of the main problems that arise when choosing feed raw materials and the compliance of finished recipes for farm poultry with nutritional indicators with regulatory documentation is carried

out. Problems of optimizing the production of premixes and compound feeds and their impact on the quality of compound feed products are considered. It is established that the implementation of automated process control systems, mathematical modeling of recipes and optimal planning methods allows to increase the efficiency of compound feed production by 10–20%. The TOP 20 software complexes for calculating premix and compound feed recipes are given. The main bases of the TOP 20 raw material nutritional value in terms of the country/organization and their features are given. It is proved that the use of optimization algorithms in combination with computer management systems allows to increase the efficiency of the use of feed resources and reduce the overspending of microingredients. At Meha Korm LLC, using the Bestmix (Belgium (Adifo/Info Support)) and KormOptima (Ukraine) software complexes, recipes for premixes and complete feed for broiler chickens up to 10 days old were calculated. It was found that the inclusion of specific nutrients calcium ascorbate, enzyme preparations Vetozyum Multi and Vetozyum FF-10000 in the composition of premixes and feed allowed to reduce the content of soybean meal in the recipes by 7.2%, sunflower oil by 50% and monocalcium phosphate by 60% while meeting the requirements for the nutritional value of the feed. Practical solutions are provided for optimizing feed recipes taking into account the feed conversion ratio (FCR). When calculating the cost indicators, the economic effect of using enzyme preparations was established, the cost price of 1 ton of finished product decreased by 992 UAH. (7.7%). Therefore, optimization of compound feed recipes has practical significance and is aimed at increasing the competitiveness of feed industry enterprises.

Keywords: raw materials, recipes, optimization, programs, nutritional value, enzymes, premixes, compound feed.

References

1. McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA. (2011) Animal nutrition. 7th ed. Harlow: Pearson; 692. ISBN: 978-1-4082-0423-8, https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781408204276_A25051376/preview-9781408204276_A25051376.pdf
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Animal feed resources information system. Rome: FAO; 2019. <https://www.fao.org/faostat/en/#data>
3. Lammers, P.J., & Leso, L. (2023). Animal Feed Technology: Innovations and Applications / P.J. Lammers, L. Leso. – London: Academic Press, 2023. – 360, <https://www.erling-verlag.com/en/product/animal-feed-technology/>
4. Der Poel AFBv, Abdollahi MR, Cheng H, Colovic R, den Hartog LA, Miladinovic D, Page G, Sijssens K, Smillie JF, Thomas M, Wang W, Yu P, Hendriks WH, Future directions of animal feed technology research to meet the challenges of a changing world, Animal Feed Science and Technology (2020), doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114692>
5. Inoussa KY, Charles Parkouda, Marius K. Somda, Bréhima Diawara, Mamoudou H. Dicko (2021). Optimization of Poultry Feed Formulation Using Experimental Design Methodology, Int. J. Poult. Sci., 20 (2): 59-66. DOI: 10.3923/ijps.2021.59.66, <https://ijpsjournal.org/index.php/ijps/article/view/2674/2626>
6. Bhagat, A.A., Bajaj, V., & Ambedkar, B. (2015). Animal feed formulation by using linear programming technique, International Journal of Statistika and Matematika, ISSN: 2277-2790, Volume 12, Issue 2, 2014, 101-104, https://statperson.com/Journal/StatisticsAndMathematics/Article/Volume12Issue2/IJSAM_12_2_3.pdf
7. Shvets, S.S., & Kalyna, V.S. (2025). Mechatronic complex for the production of compound feed: Automation, Efficiency, Innovation. Scientific Bulletin of the Tavria State Agrotechnological University, 15(1), 151-161. <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-25-1-18>
8. International Organization for Standardization. ISO 22000:2018 Food safety management systems — Requirements. Geneva: ISO; 2018. <https://icr-cert.com.ua/en/iso-22000-2018-food-safety-management-systems-fsms/>
9. GMP+ International. Feed safety assurance scheme. Rijswijk: GMP+ International; 2022. https://issuu.com/gmpplusnews/docs/gmp_international_annual_report_2022
10. Byrne L, Murphy RA. (2022). Relative Bioavailability of Trace Minerals in Production Animal Nutrition: A Review. Animals (Basel). 2022 Aug 4; 12(15):1981. <https://doi.org/10.3390/ani12151981> PMID: 35953970; PMCID: PMC9367456.
11. Brugger, D., Wagner, B., Windisch, W., Schenkel, H., Schulz, K., Südekum, K.H., Berk, A., Pieper, R., Kowalczyk, J., & Spolders, M. (2022). Review: Bioavailability of trace elements in farm animals: definition and practical considerations for improved assessment of efficacy and safety. Animal: The International Journal of Animal Biosciences, 16(8): 100598. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100598>
12. Makarynska A., Iegorov B. (2022). Theoretical and experimental substantiation of preparation of bioactive substances for production of highly homogeneous mixtures. Food science and technology. 2022; 16(1):91-100. <https://doi.org/10.15673/fst.v16i1.2288>
13. Süleyman Tekelioğlu, Emel Gürbüz, Behiç Coşkun, Fatma İnal, (2010). Evaluation of vitamin and mineral

content of commercial premixes, *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, 26(2): 81 – 85, https://eurasianjvetsci.org/pdf/pdf_EJVS_564.pdf

14. Cao Jiulai, Guo Yanshan, Luo Xinyu, Ge Chaoyue, Hu Zhaoying, Wu Lianchi, Lv Yujie, Lin Gang, Yu Dongyou, Liu Bing (2023). Interactions between enzyme preparations and trace element sources on growth performance and intestinal health of broiler chicks, *Poultry Science*, 102(12): 103124, ISSN 0032-5791, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103124>

15. Araújo C.S.S., Hermes R.G., Bittencourt L.C., Silva C.C., Araújo L.F., Granghelli C.A., Pelissari P.H., Roque F.A., Leite B.G.S. (2019). Different dietary trace mineral sources for broiler breeders and their progenies, *Poultry Science*, 98(10): 4716-4721, ISSN 0032-5791, <https://doi.org/10.3382/ps/pez182>

16. Ravindran V. Advances and Future Directions in Poultry Nutrition: An Overview [Internet]. Vol. 39, *Korean Journal of Poultry Science*. The Korean Society of Poultry Science; 2012. p. 53–62. Available from: <http://dx.doi.org/10.5536/KJPS.2012.39.1.053>

17. Thomas M, van der Poel AFB. (1996). Physical quality of pelleted animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 61, Is. 1–4, 1996, 89-112, ISSN 0377-8401, [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(96\)00949-2](https://doi.org/10.1016/0377-8401(96)00949-2)

18. Dirk E. Axe, Factors affecting uniformity of a mix, *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 53, Is. 2, 1995, P. 211-220, ISSN 0377-8401, [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)02011-N](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)02011-N)

19. Berkay Vedat. Automation is transforming production processes in feed mills by increasing efficiency and quality. Advanced systems reduce labor costs while ensuring continuity in production. *Feed planet*, 2026, 82. <https://feedplanetmagazine.com/blog/automation-in-feed-mills-4504>

Отримано в редакцію 22.07.2025

Received 22.07.2025

Прийнято до друку 02.09.2025

Approved 02.09.2025

Розміщено в інтернеті 29.12.2025

Available in Internet 29.12.2025

УДК 637.146 : 579.864 : 664.013

DOI: 10.15673/swonaft.v89i2.3414

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ФЕРМЕНТАЦІЇ СИРУ АЛЬБУМІНОВОГО БІФІДОБАКТЕРІЯМИ

Буштець Д.М., аспірант,
Одеський національний технологічний університет

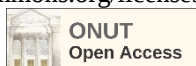
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3828-4742>

E-mail: d.bushtets.postgraduate@gmail.com

Copyright © 2025 by author and the journal «Scientific Works»

This work is licensed under Vthe Creative Commons Attribution International License (CC By).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



Анотація. У статті досліджено процес ферментації альбумінового сиру із застосуванням пробіотичних культур роду *Bifidobacterium* у поєднанні з природною молочнокислою мікробіотою сироватки та встановлено їх ефективність у формуванні ферментованого білкового продукту з високою біологічною цінністю. Показано, що у процесі ферментації відбувається закономірне зниження активної кислотності дослідних зразків від (5,20–5,23) до (4,50–4,61) рН та підвищення титрованої кислотності від (116–118)°Т до (136–145)°Т, що свідчить про активне накопичення органічних кислот у результаті метаболічної діяльності мікроорганізмів.

Доведено, що використання симбіотичних заквасок змішаних культур *Bifidobacterium bifidum* BB 03 + *Bifidobacterium longum* BL 03 + *Bifidobacterium breve* BR 03 або *Bifidobacterium bifidum* BB 03 + *Bifidobacterium longum* BL 03 + *Bifidobacterium adolescentis* BA 03 у поєднанні з природною молочнокислою мікрофлорою сироватки забезпечує більш інтенсивний перебіг ферментаційного процесу. У таких зразках необхідний рівень кислотності досягається вже через 6 годин ферментації, тоді як при використанні монокультури *Bifidobacterium animalis* Bb-12 тривалість процесу збільшується до 8 годин. Встановлено, що у процесі ферментації відбувається інтенсивне зростання кількості пробіотичних мікроорганізмів. Кількість життєздатних клітин біфідобактерій у готовому продукті становить $(1,0–4,3) \times 10^8$ КУО/г, що перевищує мінімально необхідний рівень для пробіотичних продуктів та свідчить про високу