

УДК 635.64

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗЕРНОВОГО КОРМУ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНФРАЧЕРВОНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Мунтян В.О., д.т.н.

Чумак В.О., аспірант *.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-11-74

Анотація – розглянуто особливості дії інфрачервоного випромінювання в процесі підготовки зернового корму для сільськогосподарських тварин. Проаналізовано результати досліджень внутрішньої структури, хімічного складу та харчової цінності зерен після обробки.

Ключові слова – інфрачервоне випромінювання, зерновий корм, мікронізація, хімічний склад, поживна цінність.

Постановка проблеми. В умовах сучасного рівня розвитку аграрного сектору часто постає питання щодо раціонального використання корму у тваринництві. Відомо, що підготовлений корм краще засвоюється організмом тварини. А це дає можливість підвищити продуктивність галузі в цілому. У зв'язку із цим особливої актуальності набули різноманітні методи підготовки зернового та зернобобового корму. До таких відносять: подрібнення, запарювання, плющення, гранулювання, обжарювання, обробка за допомогою високого тиску і температури (екструзія), а також обробка високочастотним полем та інфрачервоним випромінюванням, до яких все частіше звертаються останнім часом.

Кожен з методів потребує певних затрат енергії та матеріальних ресурсів, вони побудовані на основі різних фізичних факторів. Важливо володіти повною інформацією про кожен з методів для того, щоб уникнути невиправданих витрат на виробничий процес. Лише якщо правильно враховано всі переваги і недоліки, використання кожного з них дає можливість підвищити ефективність виробничих процесів у сільському господарстві.

Основним питанням, яке необхідно вирішити в процесі використання методів підготовки кормів, є скорочення енергетичних витрат

* Науковий керівник: д.т.н. В.О. Мунтян
© д.т.н. Мунтян В.О., аспірант Чумак В.О.

та підвищення ефективності обробки кормів, так як деякі з вищевказаних методів є дуже енергоємними та потребують значних капіталовкладень.

Аналіз останніх досліджень. Останнім часом в Україні і закордоном почали розвиватися передові технології, пов'язані з тепловою дією інфрачервоних променів. Такий метод обробки зернового корму дістав назву «мікронізація». Чисельні дослідження показали високу ефективність обробки таким методом. Після дії інфрачервоного випромінювання на корм, значно підвищуються якість його хімічного складу та смак. Тварина більш охоче поїдає його, він краще засвоюється організмом, і як результат підвищується продуктивність в цілому та скорочуються споживання зерна та витрати на корм.

Проводилися дослідження, направлені на вивчення структури і хімічного складу зернових кормів та виявлення їх харчової цінності після обробки інфрачервоним випромінюванням. Ряд дослідів виконувалися з кормовими культурами пшениці, ячменю, кукурудзи, сорго, рису, а також сої та гороху. Порівнювалися зразки вихідного та обробленого матеріалу, і відповідно робилися висновки щодо зовнішнього стану оболонки, хімічного складу (суха речовина, білок, крохмаль) зерен і т.д.

Для вивчення було взято три сорти пшениці (Канзас, Скіпетр та Лаура). Вони оброблялися інфрачервоним випромінюванням протягом 1 хвилини до досягнення внутрішньої температури ядра 90-100°C. При цьому було оцінено склад білка та крохмалю. Лабораторні дослідження показали, що у зразку пшениці «Канзас» відносно початкового складу, загальний білок змінився на 10,0-21,2 %, крохмаль на 61,6-73,9 %, суха речовина на 8,5-11,8 %, об'ємна маса на 753-842 г/л, а твердість ядра склала 0,0-32,0. Коефіцієнт сухої речовини відрізнявся у різних сортів пшениці [3].

При обробці зерен помітно знизився ступінь сухої речовини ($p = 0,001$), у порівнянні зі швидкістю і ступенем зникнення сухої речовини та білка контрольних зразків. В результаті мікронізації підвищився коефіцієнт переварювання крохмалю пшениці. Проте, виділення аміаку в інкубаційному середовищі було помітно знижено, припускаючи, що обробка збільшила опір білка мікробному ураженню. Склад сухої речовини, білка і крохмалю був різний у кожного виду злакових зерен. Мікронізація знизила швидкість зникнення сухої речовини ($p = 0,011$) та розкладання білкових фракцій ($p = 0,03$), при цьому коефіцієнт розкладання крохмалю на фракції підвищився ($p = 0,004$) у кожного з трьох злаків. Експертиза у природних умовах за допомогою скануючої електронної мікроскопії підтвердила, що білок матриці має

достатній опір проти мікробної активності. Дані результати говорять про те, що мікронізація сприяє підвищенню ефективності обробки зернових та може бути використана для збільшення проценту виходу білка у злакових зерен та переварювання крохмалю [3].

Формулювання цілей статті. На основі вивчених матеріалів необхідно провести аналіз процесу обробки кормових культур за допомогою інфрачервоного випромінювання. Вказати на характерні особливості дії ІЧ-променів. Зробити висновок про те, чи є доцільним використання даного способу підготовки корму для тварин, його ефективність та енергоємність.

Основна частина. Звичайно теплові методи потребують певних енергозатрат та супроводжуються втратами тепла, але загальна ефективність їх дуже висока. В Україні існує вже велика кількість спеціалізованих машин для обробки злакових та бобових зерен, які носять назву мікронізатори. Кожен з них відрізняється конструкцією та продуктивністю. Вони широко використовуються у виробничих процесах.

Обробка зернових з використанням інфрачервоних променів останнім часом почала широко використовуватися у сільському господарстві зарубіжних країн, а також в Україні. Такий спосіб переробки кормового зерна дістав назву «мікронізація». Під терміном «мікронізація» розуміють високотемпературну обробку продуктів, при якій здійснюється дуже швидке нагрівання зерна за допомогою інфрачервоного випромінювання.

Згідно з рис. 1, потік інфрачервоного випромінювання, потрапивши на зволене зерно, зосереджує вологу в окремих краплинах по всьому об'єму матеріалу. Діючи на матеріал, промінь проникає в середину зерна на певну глибину (залежить від структури зернини та від інтенсивності випромінювання), дрібні краплі вологи в зерні під дією променів починають нагріватися та випаровуватися. Так як коефіцієнт поглинання води вище сухої речовини, то промені діятимуть інтенсивніше при більшому зволоженні зерен [1].

Процес підігрівання, пароутворення та пароперегріву рідини в середині зерна показаний на рис. 2 у вигляді діаграми.

Як видно з діаграми, весь процес охоплює три стадії. При досягненні у водяній капсулі перегрітим паром критичних значень температури та тиску, відбувається своєрідний вибух. Енергія вибуху розламує зерно та вивертає його вміст назовні. У цей час в зерні відбуваються корисні біохімічні зміни [1].

Фактично відбувається варіння зерна за рахунок його власної вологи. Закипаючи, рідина перетворюється в пару та утворює пористу

структуру. Миттєве нагрівання дозволяє швидко нагріти зерно, а іноді навіть спучити (підірвати) верхній шар (оболонку).

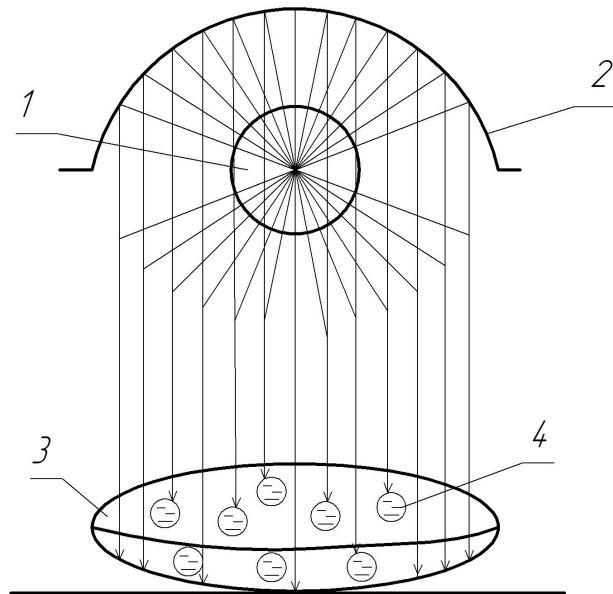


Рис. 1. Процес дії інфрачервоних променів на зерно пшениці:

- 1 – випромінювач інфрачервоних променів;
- 2 – відбивач;
- 3 – пшеничне зерно;
- 4 – краплини вологи в середині зерна.

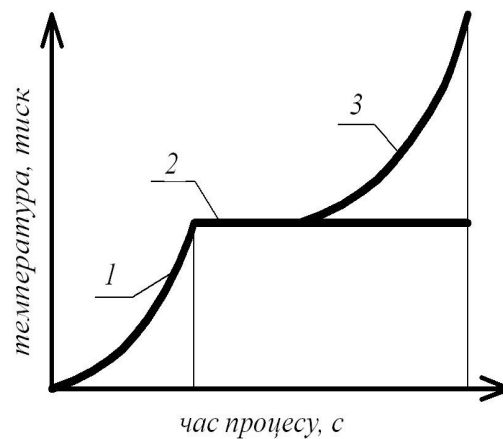


Рис. 2. Графік зміни фазного стану вологи в середині зерна:

- 1 – процес нагрівання;
- 2 – процес пароутворення;
- 3 – процес пароперегріву

Розглянемо основні закони, за якими відбувається процес обробки зерна інфрачервоним випромінюванням.

Рівняння елементарної енергії, яка споживається джерелом інфрачервоного випромінювання за певний проміжок часу має наступний вигляд [2]

$$d\mathcal{E} = P \cdot d\tau, \quad (1)$$

де P – потужність джерела інфрачервоного випромінювання, Вт;
 τ – проходження процесу за певний проміжок часу, с.

Відповідно, потужність, яка споживається джерелом випромінювання від трьохфазної мережі буде визначатися

$$P = 3U_{\phi} \cdot I_{\phi}, \quad (2)$$

де U_{ϕ} – фазна напруга, В;
 I_{ϕ} – фазний струм, А.

Якщо вважати, що навколишнє середовище між випромінювачем та матеріалом не поглинає енергію, то елементарна енергія складатиме

$$d\mathcal{E}' = A \cdot P \cdot \eta \cdot d\tau, \quad (3)$$

де A – коефіцієнт поглинання зерном енергії ІЧ-випромінювання;

η – коефіцієнт корисної дії випромінювального пристрою.

Елементарна енергія, яка поглинається матеріалом, буде витрачатися на нагрів зерна та на втрати енергії в навколишнє середовище шляхом конвекції та випромінювання [2]

$$A \cdot P \cdot \eta \cdot d\tau = C \cdot d\tau + P_K \cdot d\tau + P_B \cdot d\tau, \quad (4)$$

де C – теплоємність зерна, Дж/°С

P_K – втрати енергії в навколишнє середовище шляхом конвекції;

P_B – втрати енергії в навколишнє середовище шляхом випромінювання.

$$C = c_3 \cdot m_3, \quad (5)$$

де c_3 – питома теплоємність зерна, Дж/кг·°С;

m_3 – маса зерна, кг.

Питома теплоємність вологого зерна

$$C = \frac{c_{c3}(100 - W) + c_e \cdot W}{100} = \frac{c_{c3} \cdot 100 + c_e \cdot u}{100 + u}, \quad (6)$$

де c_{c3} і c_e – відповідно питома теплоємність сухої речовини зерна та води, Дж/кг·°С;

W , u – вологість та вологомісткість зерна, %.

Втрати енергії шляхом конвекції

$$P_K = \alpha_K \cdot F(t - t_n), \quad (7)$$

де α_K – коефіцієнт конвекційного теплообміну, Вт/м²·°С;

F – площа теплообміну, м²;

t – температура зерна, °С;

t_n – температура навколишнього середовища, °С.

Втрати енергії через випромінювання

$$P_B = \alpha_B \cdot F \cdot \left[\left(\frac{t}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_n}{100} \right)^4 \right], \quad (8)$$

де α_B – коефіцієнт теплообміну випромінюванням, Вт/м²·°С.

Враховуючи вищевказані параметри та розрахунки, приведемо рівняння потужності інфрачервоного випромінювача

$$P = \frac{(t_{opt} - t_n) \alpha_{KB} \cdot F}{A \cdot \eta} \quad (9)$$

де t_{opt} – оптимальне значення температури процесу обробки (мікронізації) зерна, для різних культур, °С;

t_n – температура навколишнього середовища, °С;

α_{KB} – сумарний коефіцієнт теплообміну конвекції та випромінювання. $\alpha_{KB} = \alpha_K + \alpha_B$, Вт/м²·°С;

F – площа теплообміну, м².

Дане рівняння може бути використане при розрахунку потужності випромінювачів інфрачервоних променів для мікронізації різноманітних культур.

Мікронізація підвищує поживну цінність зерна, воно краще засвоюється організмом тварини. З однієї порції переробленого корму, організм одержує набагато більше енергії та поживних речовин, ніж з порції непідготовленого зерна. При цьому значно поліпшується смак та аромат корму. У зерні зберігаються вітаміни (В, В2, РР), корисні мікроелементи (залізо, магній, фтор, кальцій) та необхідні організму харчові волокна, що мають властивості сорбенту.

Висновки. Впровадження нових технологій підготовки зернового корму для сільськогосподарських тварин має велике значення у розвитку аграрного виробництва. Вже давно експериментально доведено, що після обробки кормовий матеріал краще споживається та засвоюється тваринами, підвищується його біологічна цінність, а відповідно зростає продуктивність виробничих процесів у сільському господарстві. Швидкий розвиток методів теплової обробки дозволяє вирішувати ряд основних питань підготовки та використання зерна для потреб аграрного сектору. Використання даного явища у поєднанні з іншими методами обробки підвищує не тільки ефективність процесу, а й економію енергетичних ресурсів в цілому.

Література

1. Волф Л. Уильям Справочник по инфракрасной технике / У.Л.Волф, Г.Д. Цисис, Л. Биберман. В 4-х тт. Т.4. Проектирование ин-

фракрасных систем: Пер с англ. под ред. *Н.В. Васильченко*. – М.: Мир, 1999. – 472 с.

2. *Криксунов Л.З.* Справочник по приборам инфракрасной техники / *Л.З. Криксунов, В.А. Волков*. – К.: Техніка, 1980. – 232 с.

3. *McAllister T.A.* Effects of micronization on the digestion of cereal grains in situ and in vitro [Электронный ресурс] / *T.A. McAllister, H. Sultana*. – Canada: Lethbridge Research Centre, Agriculture and Agri-Food. – Режим доступа до журн.: <http://www.ajas.info/Editor/manuscript/upload/24-109.pdf>

4. Электронный научно-методический комплекс «Облучение». Лекционный курс. Раздел 1, глава 8. Облучательные установки инфракрасного нагрева и особенности их расчета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://light.jino.ru/obluchenie/obluch/gl8.htm>

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ЗЕРНОВОГО КОРМА ПРИ ПОМОЩИ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Мунтян В.О., Чумак В.О.,

Аннотация

Рассмотрены особенности действия инфракрасного излучения в процессе подготовки зернового корма для сельскохозяйственных животных. Проанализированы результаты исследований внутренней структуры, химического состава и пищевой ценности зерен после обработки

ANALYSIS OF FEED GRAIN PROCESSING WITH INFRARED RADIATION

V Muntyan, V. Chumak.

Summary

It was considered peculiarities of infrared radiation in the process of preparing the grain food for agricultural animals. Analyzed the research results of internal structure, chemical composition and nutritional value of grains after treatment.