

Екологічно безпечна переробка рицини

Обґрунтовано та досліджено елементи технології детоксикації насіння рицини ІЧ-випромінюванням.

Ключові слова: рицина, детоксикація насіння, ІЧ-випромінювання, макуха.

Вступ. Сучасна ситуація з виробництвом рицини касторової олії в Україні складна, її виробництво практично згорнуто. Це пов'язано з відсутністю переробних підприємств. У той же час, наприклад, у Росії, посівні площі рицини зросли до 80 – 100 тис. га, що з урахуванням досягнутого рівня врожайності цієї культури дозволяє зняти проблему дефіциту рицинової олії і надалі створити пе-редумови для її експорту. За даними Росстату у 2014 р. врожай рицини збільшився порівняно з 2000 р. у 1,5 рази. У 2003 році, у м. Волгограді (Росія) запущений новий сучасний завод з переробки насіння рицини на олію, що призвело до сталого поступового збільшення посівних площ під цією культурою. Також зростає і світовий попит на рицинову олію, за останні 10 років він збільшився у 2,5 рази [1], особливо у Китаї. Це пов'язують із появою суперсучасних технологій, які на базі рицинової олії дозволяють отримувати високотехнологічні продукти, що мають величезний попит.

Цікавість до білково-олійної сировини в Україні також зростає. Українське насіння соняшнику, сої, ріпака та інших культур, їх шроти та олія продаються на висококонкуренційних світових ринках. Аби конкурувати на світових ринках, ці культури повинні забезпечувати високу врожайність, мати високу рентабельність, низьку собівартість і попит покупців. Саме всім цим вимогам відповідає рицина.

До того ж, припинення виробництва рицинової олії в Україні негативно відбивається на функціонуванні тих галузей промисловості, які є основними її споживачами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Насіння рицини (*Ricinus communis*) містить 50% олії і 18-23% білка, але при цьому містить ряд токсичних компонентів, таких як білок рицини (біля 3%), деякі глікопротеїди, які є сильнодіючими білково-поліцукровими алергенами та алкалоїд рицинін (біля 0,15%). Рицин відкладається тільки у насінні (головним чином у оболонці насіння) [2,3].

При переробці насіння рицини на олію залишається біля 40-45% відходів у вигляді макухи та шротів, що містять до 40% білку, 15% жиру та інші біологічно цінні речовини [4]. Вони є високопоживним білковим продуктом (71 корм. од. в 100 кг). Білок був і залишається найдорожчим інгредієнтом у кормах тварин: його вартість у системі раціонів перевищує 70% загальної вартості поживних речовин. Нестача поживних речовин, особливо білка, спричиняє зниження приростів, збільшення строків відгодівлі, перевитрату кормів і, як наслідок, собівартість вітчизняної тваринницької продукції вища, ніж у країнах ЄС. Але відходи переробки

рицини на олію не можна використовувати у натуральному вигляді на корми сільськогосподарським тваринам або вивозити до полів як добрива. Їх обов'язково треба піддавати детоксикації і тільки після цього можна використовувати на корм. Макуха або шрот, які отримують під час вичавлювання олії з насіння рицини, отруйні та містять до 0,15 – 0,18% рицину [5]. Отруєння ними дуже небезпечно для сільськогосподарських тварин.

Урожай рицини в Україні завдяки наполегливій праці селекціонерів може значно зрости. Врожайність сучасних сортів рицини на дослідних ділянках досягає 29,7 ц/га, а сучасних гібридів – до 45,5 ц/га [1]. Найбільш значно у технологіях вирощування та переробки рицини просунулась Китайська народна республіка, для чого при Шандунському (Shandong) університеті було створено Касторовий інститут. Але до цього часу екологічна та економічна проблема утилізації відходів переробки рицини не вирішена і вона значно стримує розвиток касторової галузі.

Постановка завдання. Основою всіх технологій детоксикації є деструкція токсичних речовин під впливом фізичних і хімічних чинників.

Основними технологічними прийомами, які застосовуються для детоксикації відходів, що утворюються після виділення олії з насіння рицини, є:

- екстрагування токсинів (з використанням хімічних речовин);
- термічна обробка у присутності вологи;
- комбінована дія фізичних та хімічних факторів.

Аналіз сучасного стану проблеми детоксикації відходів [6, 7], які отримують після переробки насіння рицини на олію, показав, що незважаючи на досить різноманітні технологічні прийоми детоксикації, які розроблені в різних державах світу, досі не існує економічної, простої в технологічному виконанні та ефективної технології, яка б забезпечувала якісну детоксикацію великих мас відходів. Тому, виникла необхідність удосконалення технологічного процесу детоксикації рицинової макухи чи шроту з метою використання їх на корм та адаптації цієї технології до виробничого процесу в умовах малотонажного виробництва технічної рицинової олії.

Детоксикація макухи чи шроту, які утворюються внаслідок переробки насіння рицини на олію, обумовлюється економічною та екологічною доцільністю. Розробка надійного та ефективного способу детоксикації рицинової макухи – це проблема, вирішення якої дозволить не тільки включити відходи переробки насіння рицини на рицинову олію у господарчий обіг, збагатити раціон сільськогосподарських тварин білко-

вою кормовою добавкою, а також знизити шкідливий вплив рицинових відходів на довкілля.

Виклад основного матеріалу. Визначено, що одним із методів детоксикації є термічна обробка насіння рицини інфрачервоним випромінюванням (ІЧ - випромінювання нагрітих фізичних тіл з довжиною хвилі в межах від 0,74 мкм до 2000 мкм), у процесі якої інактивуються токсини і відходи (макуха). Суть обробки насіння рицини ІЧ – випромінюванням полягає в зміні структури білків у результаті інтенсивного нагрівання. Опромінювання викликає резонансну вібрацію молекул, при цьому виділяється тепло, підвищується тиск і за рахунок швидкого випаровування води відбувається денатурація білка, що призводить до детоксикації рицину, токсичність якого пов'язана з білком глобуліном [8].

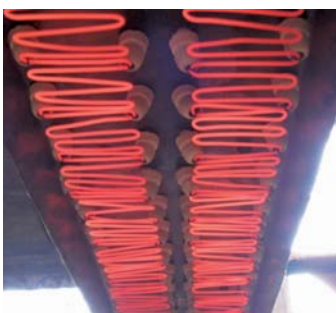


Рис. 1 – Загальний вигляд нагрівального елемента



Рис. 2 – Загальний вигляд підкладки з обробленими насінням рицини

Визначені основні технологічні параметри детоксикації насіння рицини під час обробки ІЧ-випромінюванням: тривалість процесу, відстань від джерела ІЧ-випромінювання і температура насіння під час обробки, яка є параметром, залежним від двох попередніх, що дозволяє регулювати режими процесу. Для проведення досліджень створено експериментальний стенд (рис. 1, 2), який забезпечує обробку насіння рицини ІЧ-випромінюванням з довжиною хвилі від 1,8 мкм до 3,4 мкм, яке проникає вглиб насіння на 2 – 3 мм і розігріває його зсередини.

Базуючись на даних попередньо проведеного аналізу наукових джерел та попередніх лабораторних досліджень, визначили, що відстань між джерелом випромінювання і матеріалом – об'єктом опромінювання – впливає на щільність потоку енергії, який подає на поверхню матеріалу, а також на рівномірність опромінювання. Якщо відстань між об'єктом опромінювання та його джерелом – 100 мм, то щільність потоку в 2 рази вища, ніж на відстані 300 мм. Зокрема, якщо відстань між джерелом випромінювання буде значною, то матеріал, розташований між ними, не піддаватиметься опромінюванню. Зі збільшенням відстані до 300 мм відбувається поєднання епюр опромінювання і рівномірність поля опромінювання підвищується, але щільність потоку зменшується приблизно в 2 рази, що призводить до зниження температури. За температури термічної обробки 150°C забезпечується повна детоксикація токсичної речовини білкової природи – рицину. Але, підвищувати температуру обробки недоцільно, бо швидкість процесу денатурації білків під дією нагрівання нелінійно зростає з підвищенням температури, що призводить до глибокої денатурації білкових молекул.

Таким чином, зі збільшенням температурних режимів термічної обробки склад і кількісне співвідношення протеїнових фракцій сировини може сильно відрізнятися від аналогічних показників макухи у бік значного погіршення кормових якостей. У той же час щадні температурні режими, як правило, покращують білковий склад олійної макухи, що позитивно впливає на засвоєння білка організмом тварин.

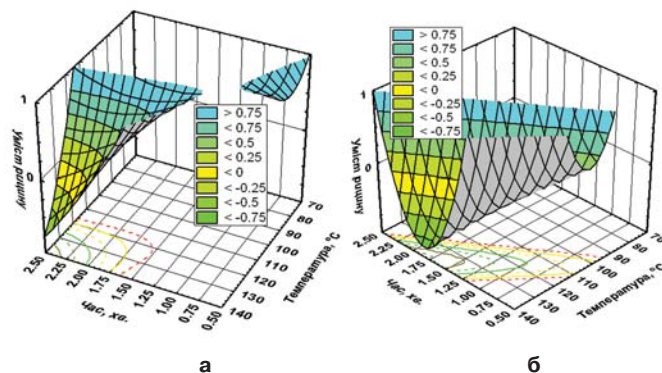


Рис. 3 – Залежність вмісту рицину від режимів обробки ІЧ-випромінюванням: а – необрушеного; б – обрушеного насіння рицини

За результатами проведених експериментальних досліджень визначені залежності вмісту рицину від режимів обробки ІЧ-випромінюванням (рис. 3) та раціональні технологічні параметри детоксикації насіння рицини:

- відстань між джерелом випромінювання і насінням рицини, яка забезпечує повну детоксикацію рицину – 150 мм для необрушеного і 110 мм для обрушеного насіння рицини;
- щадний температурний режим, який забезпечує повну детоксикацію рицину і не погіршує кормові властивості макухи – 137°C для обрушеного і 146°C для необрушеного насіння рицини;
- тривалість перебування насіння рицини в зоні ІЧ-обробки для необрушеного насіння – 2,5 хв., для обрушеного – 1,5-2,0 хв.

Визначено вплив технологічних режимів оброблення насіння рицини ІЧ-випромінюванням на якісні показники кінцевої продукції. Необхідність проведення таких досліджень пов'язана із тим, що застосування обробки насіння рицини ІЧ-випромінюванням з метою детоксикації отруйної речовини – рицину, проводиться вперше і дані впливу технологічних параметрів цього процесу на якість отриманої рицинової олії та макухи – відсутні. Під впливом ІЧ-випромінювання процес детоксикації відбувається значно швидше, ніж за застосування традиційних методів волого-теплової обробки. При цьому у клітинному вмісті змінюється перебіг як ферментативних, так і некаталітичних біохімічних перетворень, спричинених різким підвищенням температури, що може призвести до погіршення показників якості кінцевої продукції.

Визначення основних органолептичних і фізико-хімічних параметрів рицинової олії в експериментальних і контрольних зразках проводилося відповідно до ГОСТ 6757-96, а макухи – за ГОСТ 17290-71. Додатково досліджувалися показники, які характеризують важливі властивості цих продуктів переробки насіння рицини.

Встановлено, що рицинова олія і макуха, отримані внаслідок переробки насіння рицини, яке пройшло обробку ІЧ-випромінюванням і в якому за результатами реакції гемаглютинації повністю відсутній рицин, за органолептичними і фізико-хімічними показниками відповідають вимогам стандартів. А температура спалаху (найменша температура, за якої за встановленими умовами випробування над її поверхнею утворюється пара, здатна спричинити спалах у повітрі під впливом джерела запалювання) у випробуваній олії – 350 °С, що значно перевищує вимоги ГОСТ (не менше 240°С), що робить її незамінною під час використання в умовах високої пожежної небезпеки.

Враховуючи, що олія рицини має і такі унікальні властивості, як не застигання за низьких температур, що дозволяє отримати неперевершені за якістю змащувальні матеріали, особливо для техніки, яка працює у екстремальних холодних умовах, додатково був досліджений і цей показник. Визначено, що досліджувана олія має температуру застигання від –16 до –18°С, що відповідає характеристикам найкращих світових рицинових олій.

Для вивчення впливу обробки ІЧ-випромінювання на якість макухи визначали перетравність білків рицини за різних режимів ІЧ-обробки. Процес перетравлення білків рицини досліджували за методом Покровського – Єртанова. Атакованість білків протеолітичними ферментами – пепсином і трипсином (фірми «Serva») визначали, використовуючи інкубацію дослідних зразків за температури 37°С протягом 6 годин. Про величину протеолізу судили за вмістом продуктів гідролізу в «переварі». Кількість продуктів гідролізу визначали методом Лоурі, який характеризується високою чутливістю. Перетравність білка виражали у відсотках, приймаючи за 100% вміст білка у навазці.

З'ясовано, що режими обробки ІЧ-випромінюванням впливають на перетравність білків рицини травними ферментами. Обробка за температури вищої за 150°С, призводить до зниження перетравності білка як пепсином, так і трипсином. Сумарна перетравність білка зразка, обробленого за температури 158°С, була майже на 20% нижчою порівняно з контролем. Визначені режими обробки насіння рицини ІЧ-випромінюванням забезпечують сумарний рівень перетравності білка 50,5 – 57,5%, що відповідає контрольному показнику. Визначено, що макуха отримана з насіння рицини, яке оброблялося ІЧ-випромінюванням містить 0,79 корм. од. та 385 г/кг перетравного протеїну. Характеристику кінцевих продуктів переробки насіння рицини надано на рис. 4.

Висновки.

1. За результатами проведених досліджень щодо впливу технологічних режимів оброблення насіння рицини ІЧ-випромінюванням на якісні показники кінцевої продукції зроблено висновок, що рицинові олія і макуха відповідають вимогам міждержавних стандартів із збереженням споживчих властивостей.

2. Визначено, що під час термічної обробки ІЧ-випромінюванням температурний режим, який забезпечує детоксикацію перебуває в межах від 137°С до 145°С; тривалість перебування оброблюваного матеріалу в зоні ІЧ-обробки для необрушеного насіння



Рис. 4 – Продукти переробки насіння рицини

складає 2,5 хв., для обрушеного – 1,5-2,0 хв. Рациональна відстань між випромінювачем і поверхнею насіння складає: для необрушеного – 150 мм; обрушеного – 110 мм.

Список літератури

- [http:// www.castoroil.in /](http://www.castoroil.in/) The Comprehensive Castor oil Report costs. – 2015.
- ГОСТ 17290-71: Шрот клещевинный кормовой.
- Источники пищевого белка / Под ред. и с предисл. В.Н. Соифера. – М.: Колос, 1979. – 302 с.
- Лер Р. Переработка и использование сельскохозяйственных отходов // Пер. с англ. В.В. Но-викова / Под ред. и с предисл. А.Н. Шимко. – М.: Колос. – 1979. – 415 с.
- Гуменюк Г.Д., Жадан А.М., Коробко А.Н. Использование отходов промышленности и сельского хозяйства в животноводстве. – К.: Урожай, 1991. – 216 с.
- Склянкин Ю.В., Стычинский С.Л. Безотходная переработка сельскохозяйственного сырья: эколого-экономический аспект. – К.: Урожай, 1988. – 168 с.
- Fuller G., Walker H., Mottola A., Kuzmicky D., Kohler G., Vohra P. 1971. Potential for detoxified castor meal. Journal of the American Oil Chemists' Society, 48, 616.
- Спосіб переробки насіння рицини на олію і кормову макуху: Патент № 49843, Україна // Шевченко І.А., Дідур В.А., Безпалов Р.П., Семиряк В.П., Троїцька О.О. – 2010, Бюл. № 9. – 5 с.

Аннотация. Обоснованы и исследованы элементы технологии детоксикации семян клещевины ИК-облучением.

Summary. Technology components of the of castor seeds detoxification by infrared radiation are substantiated and investigated.

Стаття надійшла до редакції 13 вересня 2015 р.