

Автори: Т.В. Сахно, А.О. Семенов, Ю.Е. Сахно, М.М. Барашков

Полтавський університет економіки і торгівлі, Полтавський державний аграрний університет

Університет Делавера, м. Ньюарк, Делавер, США, Micro Tracers, Inc., м. Сан-Франциско, Каліфорнія, США

Джерело: Вісник Полтавської державної аграрної академії №1/2022

Визначення гомогенності кормів для тварин з використанням феромагнітних мікротрейсерів

Для того, щоб конкурувати як на внутрішньому, так і на європейському ринках, підприємства повинні виробляти безпечні харчові продукти високої якості, які відповідають очікуванням споживачів. При цьому набуває актуальності запровадження системи управління якістю, щоб переконатися, що підприємство контролює безпеку корму.

Доцільно зазначити, що одним із важливих етапів виробництва промислових кормів є процес змішування, який визначає однорідність суміші, що, як наслідок, впливає на кінцеву якість корму. Контролювати цей процес також важливо для виробників кормів для тварин, які експортують його на європейський ринок, для отримання сертифіката GMP+ (B1 та B2).

Встановлено, що однорідність корму для курчат та порослят раннього віку є важливим фактором, що впливає на зростання та споживання корму. Тварини старшого віку споживають більше корму, який довше затримується у шлунково-кишковому тракті, тому вони менш чутливі до варіабельності його складу.

На сьогодні проведення досліджень якості змішування кормів найбільш ефективно за допомогою маркерів – феромагнітних мікротрейсерів, виробництва компанії Micro-Tracers, Inc (Сан-Франциско, Каліфорнія, США), що обумовлено їх перевагами:

1. їх повна безпека для тварин, що призводить до відсутності необхідності знищення вмісту змішувачів після закінчення тесту;
2. низька витрата мікротрейсера (не більше 50 г на тону преміксу або комбікорму);
3. відомі та фіксовані точність і похибка;
4. аналіз може бути виконаний на місці виробництва кормів, що особливо корисно за необхідності діагностики проблем змішування, які вимагають швидких відповідей.

Рис. 1. Банка Мейсона, фільтрувальний папір, розчинник



Рис. 2. Обертальний детектор для аналізу наявності мікротрейсерів



Феромагнітні мікротрейсери широко використовуються в таких галузях сільськогосподарського виробництва, як оцінка якості змішування продукції, маркування компонентів комбікормів, контроль за крос-контaminaцією та оцінка ефективності роботи змішувачів.

Перевірка процесу змішування продукції передбачає такі процедури: вибір індикатора, додавання мікротрейсера до тестової подачі, відбір проб продукції, аналіз зразків, інтерпретація результатів. Аналіз якості змішування здійснюється за допомогою банки Мейсона (рис. 1) або обертального детектора (рис. 2).

Феромагнітні мікротрейсери є частинками заліза або нержавіючої сталі, на поверхні яких адсорбовані харчові барвники різних кольорів. Існують три типи мікротрейсерів, що виробляються на основі заліза (Microtracers TM):

1. Microtracer F (залізна крихта, 25 тис. частинок на грам).
2. Microtracer FS (нержавіюча сталь, 50 тис. частин на грам).
3. Microtracer RF (відновлений порошок заліза, більше 1 млн частинок на грам).

При складанні вітамінних, мінеральних або лікарських преміксів мікротрейсер використовується для позначення їхньої присутності в готових кормах, а також для ідентифікації кормових добавок та кормів, що містять

такі добавки. При кількісному аналізі Microtracers можуть використовуватися не тільки для визначення ефективності змішування, але і для оцінки адекватності періодичного «очищення» змішувачів та іншого обладнання при виробництві кормів. Виявлення трейсера у зразках готового корму здійснюється за допомогою магнітного зонда.

Нами були проведені лабораторні дослідження якості змішування кормів для тварин за допомогою обертального детектора (рис. 2) з використанням сертифікованих виробником Microtracer F (розмір частинок яких від 125 до 400 мікрон) та метод F-Lake 100 м. д. Завдяки цьому аналізу виробники можуть отримати міжнародні сертифікати GMP+B1 та GMP+B2, відповідно до стандарту GMP+BA 2.

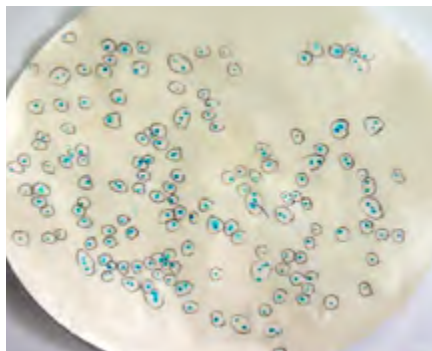
Розглянемо дослідження аналізу технології виробництва промислових комбікормів на працюючому вітчизняному комбікормовому заводі, взявши стадію змішування як контрольні точки, що мають критичне значення для безпечності харчової продукції. Щороку завод проходить аудит Голландських фахівців на відповідність міжнародному стандарту GMP+B1. Тому дослідження якості процесу змішування відповідно до нової версії стандарту GMP+BA2 є обов'язковим.

Дослідження оцінки якості процесу змішування проводилося відповідно

до наведеного стандарту, який передбачає проходження наступних етапів для вимірювання однорідності та перекресного забруднення змішувачів з використанням мікротрейсерів.

1. Невеликий паперовий фільтр поміщали на магніт у обертальному детекторі та накрили верхній бункер.
2. Зважували зразки в мішечках, фіксували вагу.
3. Повністю перенесли зразок у працюючий обертальний детектор, залишок в мішечку зважили та записали.
4. Зупинили бункер обертального детектора.
5. Увімкнули обертальний детектор для так званого режиму чищення (він працює протягом 5 с, а потім знову автоматично зупиняється). Протягом цих 5 с очистили невеликий фільтрувальний папір і край кільця, що фіксує, від легких домішок корму (в основному, дрібних частинок пилу) за допомогою щітки.
6. Повністю змочили великий фільтрувальний папір у резервуарі для проявного розчину, поклали фільтрувальний папір на чисту гладку робочу поверхню та видалили надлишки проявного розчину папером.
7. Зняли кільце з магніту й обережно перенесли невеликий фільтрувальний папір прямо вгору від ротора без втрати частинок мікротрейсера.
8. Розмагнітили частинки мікротрейсера на маленькому фільтрувальному папері.
9. Перенесли маленький фільтрувальний папір горизонтально над великим фільтрувальним папером.
10. Висипали частинки мікротрейсера з маленького фільтрувального паперу на великий фільтрувальний папір так, щоб усі частинки лежали окремо. Приблизно через 10 с перенесли великий фільтрувальний папір в сушильну шафу, і поява кольору частинок мікротрейсера зупиняється за рахунок тепла.
11. Пінцетом витягли великий фільтрувальний папір із сушильної шафи, коли вона висохла. Підписали великий фільтрувальний папір олівцем. Кожна частка мікротрейсера проявляється у вигляді кольорової точки на великому фільтрувальному папері (рис. 3).

Рис. 3. Визначення кількості мікротрейсерів на фільтрувальному папері



Кількість кольорових точок дорівнює кількості частинок. Підрахунок точок здійснюється розрахунком або за допомогою відповідної комп'ютерної системи (наприклад, системи оцінки та оцінки зображень TraCo). Для отримання правильних результатів статистична оцінка виконується відповідно до розподілу Пуассона.

У дослідженні якості змішування кормів був використаний типовий змішувач для широко використовуваної конструкції лінії дозування та змішування. Суміш в обох змішувачах дозували автоматично, рекомендований виробником час змішування становить 3 хв. Відповідно до стандартів на комбікорм змішувачі повинні характеризуватися здатністю до змішування: для

Табл. Кількість частинок мікроіндикаторів у послідовних пробах (за повторами), відібраних під час розвантаження змішувача комбікормів

Кількість мікротрейсерів у проаналізованих зразках		Розрахунки	
130	138	показник	значення
124	161	Кількість проаналізованих зразків	20
146	134	Ступінь свободи	19
151	148	Середнє значення	140,9
160	160	Середнє квадратичне відхилення	14,93
145	158	Коефіцієнт варіації, %	10,6
134	141	Коефіцієнт варіації Пуассона, %	8,42
141	143	Хі-квадрат	30,06
107	150	Ймовірність однорідності, %	5,1
112	135		

виробництва всіх кормових сумішей (здатність змішування 1 : 10000) – коефіцієнт варіації $\leq 15\%$, для виробництва преміксів (здатність змішування 1 : 100000) – коефіцієнт варіації $\leq 10\%$. Отримані результати вимірювань перевіряли статистично для визначення коефіцієнта варіації як величини для оцінки якості процесу змішування на основі критеріїв (табл.).

З наведених у таблиці експериментальних результатів, отриманих при перевірці роботи змішувача комбікормів з допомогою мікротрейсерів, видно, що виявлена кількість їх частинок в 20 аналізованих зразках виявляється досить близькою за значенням до усередненого числа частинок.

Використання ймовірності p (оцінка однорідності) визначається наступним чином:

- якщо $p \geq 25\%$, можна зробити висновок, що суміш відмінна. Чим ближче значення p до 100%, краще суміш;
- якщо $5\% \leq p < 25\%$, можна зробити висновок, що суміш є гарною;
- якщо $1\% \leq p < 5\%$, однозначного статистичного висновку зробити не можна. Рекомендується повторити тест.
- якщо $p < 1\%$, можна дійти невтішного висновку, що суміш неоднорідна.

Отже, за результатами дослідження можемо зробити висновок, що змішування комбікорму є гарним, оскільки значення p знаходиться у діапазоні між 5% і 25%. Проведені дослідження свідчать, що аналіз гомогенності кормів для тварин за допомогою феромагнітних мікротрейсерів дозволяє оцінити якість змішувачів, що використовуються виробниками. Це підтверджує безпеку кормів для тварин і надає гарантії споживачеві щодо виробництва, обробки, торгівлі, зберігання та транспортування кормових інгредієнтів і кормів для тварин не лише в Україні, а й у більшості європейських країн.

За результатами аналізу кількості частинок мікроіндикаторів у послідовних пробах (за повторами), відібраних під час розвантаження змішувача комбікормів, зроблено висновок, що змішування комбікорму є гарним, оскільки значення ймовірності однорідності знаходиться у діапазоні між 5% і 25%. Таким чином, виробництво відповідає міжнародному стандарту GMP+B1, а корм для тварин може реалізовуватися на європейському ринку. 