

УДК 636.085.55

Н.Н. БАРАШКОВ, д-р хим. наук, профессор, *Micro-Tracers Inc., (Сан-Франциско, США),*
 П.В. ПИСАРЕНКО, д-р с-г. наук, профессор, В.Ю. КРИКУНОВА, канд. хим. наук, доцент,
Полтавская государственная аграрная академия,



Т.В.САХНО, д-р хим. наук, профессор, *Полтавский университет экономики и торговли,*
 О.А. КРИКУНОВ, *Полтавское отделение Академии наук технологической кибернетики Украины*

ФЕРРОМАГНИТНЫЕ МИКРОТРЕЙСЕРЫ КАК ИНДИКАТОРЫ КАЧЕСТВА ОДНОРОДНОСТИ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ЖИВОДНОВОДСТВА И ПТИЦЕВОДСТВА

Аннотация

Мировой объем производства комбикормов в настоящее время составляет более 900 миллионов тонн в год. Качество перемешивания комбикормов чрезвычайно важно, и нередко их производители, стараясь достичь полноты смешивания, необдуманно расходуют электроэнергию, трудозатраты и капиталовложения в процессе чрезмерной продолжительности перемешивания. Кроме того, избыточное перемешивание может приводить к частичному распаду витаминов и лекарственных препаратов, добавляемых к комбикормам. В случае, когда продолжительность смешивания недостаточна, концентрация отдельных ингредиентов может быть слишком низкой или, наоборот, слишком высокой. Неоправданный разброс в концентрациях ингредиентов комбикормов, как правило, приводит к экономическим потерям. Периодическая и планомерная проверка качества смешивания вполне логична и оправдана экономически. Начиная с середины 90-х годов, ветеринарные службы ряда стран проявляют значительный интерес к гарантии того, что комбикорма, содержащие лекарственные препараты, были перемешаны весьма равномерно.

Производители комбикормов несут прямую ответственность за качество своей продукции. Покупатели комбикормов, так же, как и их производители заинтересованы в поддержании высокого качества комбикормов. Поэтому для оценки качества перемешивания необходима разработка детального плана по отбору образцов в процессе перемешивания и анализу этих образцов. Контроль производства комбикормов является обязательным элементом проверки качества пищевых продуктов.

Данная статья посвящена ферромагнитным микротрейсерам, которые используются для оценки однородности смешивания компонентов комбикормов. Проанализированы их преимущества в сравнении с другими типами трейсеров. Микротрейсеры могут использоваться для маркировки витаминных, минеральных или лекарственных препаратов, добавляемых в комбикорма. Качественные результаты по определению и идентификации микротрейсеров могут быть получены с использованием банки Мейсона. Для количественной оценки качества смешивания и оценки уровня контаминации рекомендовано использования вращательного детектора. Методика обсчета экспериментальных данных включает применение статистики Пуассона и расчет значений Хи квадрат.

Ключевые слова: смешивание, комбикорм, качество, микротрейсеры, маркеры, премикс, вращательный детектор, банка Мейсона.

Введение

Качество в сочетании с ценой является ключевым условием создания конкурентоспособной продукции в условиях интеграции Украины в европейское экономическое пространство. Для сельскохозяйственных предприятий вопросы качества производимых комбикормов становятся особенно актуальными.

Рассматривая составляющие наиболее значимых финансовых звеньев в структуре себестоимости продукции птицеводства и животноводства, следует отметить, что кормовое сырье не имеют себе равных в плане объема расходов. Все остальные расходы, включая электроэнергию, расходы на воду, тепло и так далее значительно уступают расходам на кормовое сырье[1].

Во-вторых, от качества комбикормов зависит не только безопасность самих животных и птицы, но и безопасность людей, которые потребляют животноводческую и птицеводческую продукцию, полученную с использованием этих комбикормов. Поэтому, в настоящее время усиливается не только контроль готовой животноводческой продукции, но и комбикормов, а также сырья, входящего в их состав [3].

В-третьих, у производителя комбикормов

должна быть твердая доказательная база качества поставляемой ими продукции, а для этого нужны быстрые и недорогие методы контроля качества дорогого сырья, особенно премиксов, витаминов, аминокислот, ферментов, лекарственных препаратов, антиоксидантов, адсорбентов и др. Очень важно правильно рассчитать кормовую программу для всех видов животных и птицы, а также производить точную дозировку и однородное смешивание всех компонентов. Смешивание - это один из основных процессов производства комбикормов[4].

Неточное дозирование и некачественное смешивание микрокомпонентов с другими компонентами комбикорма могут вызвать серьезные проблемы, такие как нарушение здоровья животных и птицы, снижение их продуктивности, значительный разброс по показателям, финансовые потери из-за недополучения готовой продукции. В этом случае ставятся под сомнение данные о безопасности и эффективности животноводческой продукции [2,5].

Качественное производство премиксов, концентратов, комбикормов способствует повышению конкурентоспособности производителей, созданию их прочного имиджа и устойчивой репутации, повышает вероятность выживания на конкурентном рын-



ке. Обычно производители комбикормовой продукции для получения данных по качеству смешивания компонентов используют результаты определения так называемых индикаторов или трейсеров (МТ) [1].

К ним можно отнести хлориды, например хлористый натрий, а также соединения фосфора, кальция, марганца и кобальта, а также витамины, аминокислоты, лекарственные препараты [6]. При этом необходимо разделять, по меньшей мере, пять стадий в процессе подтверждения надежности процесса смешивания: выбор одного или нескольких трейсеров, добавление трейсеров в исследуемый комбикорм, отбор проб смеси, анализ проб, интерпретация результатов.

Какое бы аналитическое вещество не было выбрано для проверки однородности смеси на содержание всех компонентов, оно может быть использовано как микротрейсер. Определение в комбикормах или премиксах, таких трейсеров, как витамины, или лекарственные вещества для подтверждения качества смешивания, является методом, требующим дорогостоящего оборудования, который может приводить к существенным аналитическим ошибкам и часто требует несколько недель до получения достоверных результатов анализа.

Очень часто специалисты применяют поваренную соль как индикатор для оценки качества смешивания путем определения содержания в комбикормах натрия или хлоридов [7]. Однако этот метод также имеет серьезные недостатки. Во-первых, поваренную соль не всегда можно назвать микрокомпонентом, так как ее добавляют из расчета от 2 до 20 кг на тонну комбикорма. Нецелесообразно принимать решение об уровне распределения в готовой смеси лекарственного препарата, добавленного в небольшом количестве на тонну комбикорма, основываясь на результатах по поваренной соли, введенной в десятки и сотни раз больше.

Во-вторых, хлористый натрий может добав-

ляться в комбикорма с другими компонентами, что мешает верной оценке результатов.

Микроэлементы и аминокислоты также широко используются для определения качества смешивания, но и в этом случае анализ отличается дороговизной и относительной медлительностью. Например, для определения аминокислот используется метод жидкостной хроматографии высокого разрешения, который относится к числу трудоемких и достаточно дорогих методов.

В Польше эталонным и в то же время наиболее распространенным методом оценки качества смешивания в премиксах и комбикормах является определение уровня карбонатов и хлоридов. Анализ проводится в соответствии с указаниями Главного ветеринарного управления в химической лаборатории [8].

Материал и методика исследований

В настоящее время все большее распространение для оценки качества смешивания получает использование ферромагнитных микротрейсеров, запатентованных и производимых американской компанией Micro-Tracers Inc. (Сан-Франциско, США). В состав этих МТ входят частички железа или нержавеющей стали (размер от 150 до 350 микрон), на поверхности которых адсорбированы пищевые красители различных цветов. Ферромагнитные трейсеры предложено вводить в оборудование для смешивания в качестве одной из микродобавок при рекомендуемой дозировке 50 г на тонну перемешиваемого комбикорма.

Рис. 1а демонстрирует принцип действия вращательного детектора – прибора, производимого компанией Micro-Tracers Inc., для отделения частиц микротрейсеров от образцов комбикорма, содержащих эти частицы. Устройство этого прибора обеспечивает удерживание ферромагнитных МТ на бумаге, помещенной на поверхность магнита, установленного на оси миниатюрного электродвигателя, который встроен в каркас вращательного детектора.

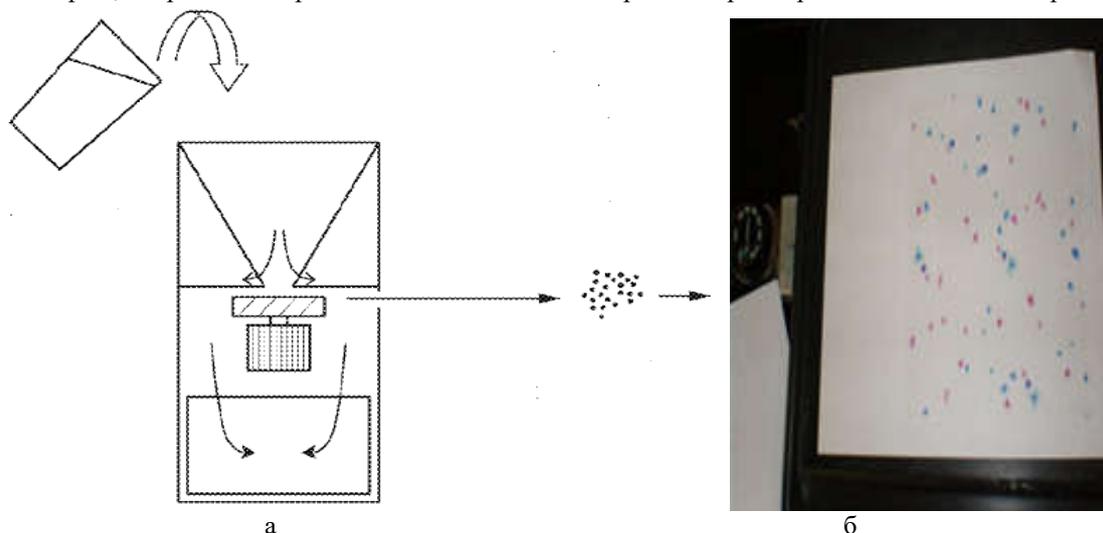


Рис.1. Принцип действия вращательного детектора и использование детектора для извлечения микротрейсеров из образцов комбикорма:

а - упрощенная схема извлечения микротрейсеров при помощи магнита, установленного в роторном детекторе; б - типичный вид фильтровальной бумаги с цветовыми пятнами от двух отличных по цвету микротрейсеров.



Рис.2. Принцип действия банки Мейсона и ее использование для идентификации природы микротрейсеров:

а - общий вид банки Мейсона;

б - Типичный вид цветowych пятен в случае присутствия микротрейсера красного цвета.

После отделения частиц микротрейсера их переносят на поверхность фильтровальной бумаги достаточного размера (например, 18 x 18 см) и обрабатывают подходящим растворителем (в большинстве случаев смесью этилового спирта и воды). После подсушивания фильтровальной бумаги на электрической плитке (рис. 1б), цветные пятна подсчитывают или вручную или при помощи специальной программы путем сканирования, или использования СМАРТФОНА <http://www.microtracers.com/downloads>

Банка Мейсона представляет собой стеклянную емкость, объемом около $6 \cdot 10^{-4} - 7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$, в крышку которой вделан керамический магнит. Фильтровальная бумага диаметром 7см помещается внутрь такой крышки, т.е. на поверхность магнита. Достаточно поместить 50г-70 г комбикорма или премикса, содержащего ферромагнитный микротрейсер,

внутри банки Мейсона и основательно потрясти ее содержимое в течение 15-20 секунд для того, чтобы основное количество частиц МТ собралось на поверхности фильтровальной бумаги. Простое проявление цветowych пятен водой или смесью воды и спирта (в большинстве случаев частицы располагаются в виде концентрических кругов, которые соответствуют магнитным линиям керамического магнита) покажет наличие определенного типа микротрейсеров.

Результаты и их обсуждение

В таблице 1 приведены экспериментальные результаты, полученные в одном из экспериментов с использованием микротрейсеров. Видно, что найденное количество частиц МТ в 5 анализируемых образцах оказывается довольно близким по значению к усредненному числу частиц (77).

Таблица 1

Экспериментальные результаты по проверке качества смешивания с использованием микротрейсера

| Номер анализируемого образца | Количество цветных пятен (X)* | Абсолютное значение $X - X_{\text{ср}}$ | Значение $(X - X_{\text{ср}})^2$ | Chi-квадрат** | Вероятность*** |
|------------------------------|-------------------------------|---|----------------------------------|---------------|---------------------|
| 1 | 71 | 6 | 36 | 275:77 ~ 4 | 0.736 x 100 = 73.6% |
| 2 | 86 | 9 | 81 | | |
| 3 | 68 | 11 | 121 | | |
| 4 | 83 | 6 | 36 | | |
| 5 | 78 | 1 | 1 | | |
| | | | $\Sigma = 275$ | | |

*) Среднее значение $X_{\text{ср}} = 77$, **) Усредненное до ближайшего целого числа, ***) Вероятность определена по данным Таблицы 2

Таблица 2

Определения вероятности: по горизонтали – число степеней свободы (число образцов минус 2), по вертикали – значения Chi квадрат χ^2

| Chi квадрат χ^2 | Число степеней свободы | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 0.317 | 0.607 | 0.801 | 0.910 | 0.963 | 0.986 | 0.995 | 0.998 | 0.999 |
| 2 | 0.157 | 0.368 | 0.572 | 0.736 | 0.849 | 0.920 | 0.960 | 0.981 | 0.991 |
| 3 | 0.083 | 0.223 | 0.392 | 0.558 | 0.700 | 0.809 | 0.885 | 0.934 | 0.964 |
| Данные рядов от 4 до 14 опущены* | | | | | | | | | |
| 14 | 0 | 0.001 | 0.003 | 0.007 | 0.016 | 0.030 | 0.051 | 0.082 | 0.122 |
| 15 | 0 | 0.001 | 0.002 | 0.005 | 0.010 | 0.020 | 0.036 | 0.059 | 0.091 |

*) Таблица приведена полностью на сайте компании Micro-Tracers Inc <http://www.microtracers.com/upload/File/itemp.htm>.



Оценку качества смешивания по методике, разработанной компанией Micro-Tracers Inc [9,10,11], проводили на основании статистики Пуассона с использованием значения Хи квадрат χ^2 (табл. 1 и табл. 2). Согласно общепринятым в статистике нормам [12] подсчитывается величина вероятности, которая в случае примера, приведенного в таблице 1, составляет 73.6%.

В зависимости от величины вероятности принято выделять три типа оценки гомогенности полных смесей:

- а) полное смешивание (вероятность выше 5%);
- б) промежуточное (вероятность между 1 и 5%);
- в) неполное смешивание (вероятность ниже 1%) [13].

Таким образом, результаты, приведенные в табл. 1, следует отнести к случаю полного смешивания.

К несомненным преимуществам ферромагнитных трейсеров, по сравнению, например с использованием в качестве трейсеров производных кобальта или марганца [14] относится отсутствие необходимости уничтожения содержимого смесителей после окончания теста. Это связано с полной безопасностью ферромагнитных трейсеров. Напротив, повышенная концентрация солей тяжелых металлов (Co, Mn) в случае их использования в качестве трейсеров приводит к тому, что тестируемый объем смеси становится опасным для животных и подлежит уничтожению.

Многочисленные исследования, проведенные в США [15,16], Сербии [17], Польше [18], Ирландии [19], Италии [20] России [1] и других странах показывают высокую эффективность и быстроту использования ферромагнитных трейсеров для оценки однородности кормов.

К другим преимуществам этих трейсеров относится следующее:

а) для их определения применяется аналитическая процедура с известными и фиксированными точностью и погрешностью;

б) аналитическая процедура с их применением отличается экономичностью, и расход трейсеров не превышает 50 г на тонну премикса или комбикорма;

в) тестирование производится практически «на месте», нет необходимости в использовании дорогостоящей аппаратуры;

г) ферромагнитные трейсеры не меняют цвет премиксов и комбикормов, и результаты тестирования хорошо воспроизводятся. Это связано с тем фактом, что частицы маркеров достаточно равномерны по размерам и определенное количество частиц в грамме трейсера гарантировано их производителем.

Возможность проведения тестирования с микротрейсерами определенной окраски (синего, красного, желтого, зеленого, оранжевого, фиолетового и т.д. цветов) предоставляет перспективу одновременного использования в одном тесте 2-х, 3-х и более цветных трейсеров. Это обуславливает такое преимущество, как определение оптимального времени перемешивания в одном эксперименте.

Добавляют МТ в комбикорм лучше в составе смеси, с которой они вручную смешиваются с другими обычными компонентами комбикормов. Количество такой смеси в исследуемом комбикорме должно быть аналогично количеству компонента, который в соответствии с рецептурой вводится в комбикорм в минимальной дозе. Например, если какой-то препарат добавляют в количестве 500 г на тонну, то готовится смесь из микротрейсеров в объеме также 500 г на тонну. Введение индикатора происходит в том же месте, где и введение других микрокомпонентов. Тогда результаты исследования подтвердят существующие процедуры дозирования и смешивания при производстве готовой продукции.

Микротрейсеры могут служить также для маркировки витаминных, минеральных или лекарственных премиксов в готовых кормах. Для производителей данной продукции очень важно, чтобы в любых ситуациях можно было четко и быстро ее идентифицировать.

Иногда возникают вопросы, касающиеся снижения продуктивности животных и птицы из-за несоответствия комбикормов рецептуре или даже отсутствия необходимого лекарственного препарата. В этом случае определить наличие маркированного продукта очень просто, так как существует и качественный метод с использованием банки Мейсона и количественный метод с применением вращающегося детектора.

Так, производитель премикса вводит в свою продукцию маркеры одного цвета (например, красного), и определить наличие такого премикса в комбикорме с помощью банки Мейсона - дело нескольких минут. Также легко проверить, добавлен ли любой другой компонент в комбикорм или концентрат.

Производя высокооднородные комбикорма в Европе и в Америке комбикормовые заводы, независимо от того, добавляют они лекарственные вещества в корма или нет, зарегистрированы в соответствующих национальных государственных органах и обладают данными, подтверждающими однородность смешивания компонентов комбикормов, а также уровень их контаминации. Наш отечественный производитель при производстве столь важного продукта для животных и птиц должен иметь тоже все необходимые требования к однородности комбикормов, которыми руководствуются зарубежные производители.

Минимизировать перекрестное загрязнение лекарственными средствами не лечебных кормов очень важно, так как их остатки при высоких уровнях могут быть просто токсичными, например, никарбазин в комбикормах для племенной птицы, салиномицин в комбикормах для взрослых индеек, моненсин в кормовых смесях для лошадей [21].

Выводы

Контроль качества смешивания при выработке комбикормов с помощью трейсеров является одной из составных частей общей системы контроля производства здоровых пищевых продуктов животноводства для людей.

Метод определения контаминации с помощью микротрейсеров относится к простым и доступным

методам. Его можно использовать не только для определения процента загрязнения комбикормов лекарственными добавками, но и выявления наиболее эффективной системы очистки оборудования для смешивания.

Микротрейсеры могут быть полезны и в момент приобретения оборудования, так как позволяют быстро определить качество его работы. Производителю важно знать время и скорость смешивания, эффективный объем смеси, размер частиц компонентов смеси. Вся эта информация может быть получена при использовании микротрейсеров.

Ферромагнитные микротрейсеры нашли ши-

рокое применение в 66 странах мира, с их использованием приготовлено более 500 млн. т готовой продукции.

Сегодня для маркировки своей продукции их используют крупные производители лекарственных препаратов. И все это потому, что из всех известных методов определения однородности смеси применения микротрейсеров - самый быстрый, доступный и экономичный метод. Население планеты требует безопасные источники питания. За этим призвана следить система контроля НААСР, потому что предотвращение проблем гораздо важнее и правильнее, чем реагирование на результаты их появления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черемных Л. А. Проверка качества смешивания стала проста и доступна / Черемных Л. А. // БИО Журнал для специалистов птицеводческих и животноводческих хозяйств. – 2008. – № 9 (96). – С. 35–37.
2. Єгоров Б. В. Особливості технології виробництва високооднорідних кормових добавок // Єгоров Б. В., Макаринська А. В., Ворона Н. В. // Зернові продукти і комбікорми. – 2014. – № 2 (54). – С. 37–40.
3. Крюков В. Производство однородных комбикормов и премиксов / Крюков В. // Животноводство России. – 2010. – № 8. – С. 59–62.
4. Опара В. О. Визначення ступеня однорідності комбікормів у господарських умовах [Електронний ресурс] / В. О. Опара, О. В. Корж, В. В. Попсуй // Вісник Сумського національного аграрного університету. – Сер. «Тваринництво». – 2015. – Вип. 6 (28). – С. 125–128.
5. ДСТУ ISO 22000:2007 Системи управління безпечністю харчових продуктів Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга (ISO 22000:2005, IDT Київ ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ 2007.
6. Zinn R. A. A guide to feed mixing / Zinn R. A. University of California, Davis. 2000. – <http://animalscience.ucdavis.edu/faculty/zinn/pdf/04.pdf>.
7. Ferromagnetic microtracers and their use in feed applications / Barashkov N., Eisenberg D., Eisenberg S., Mohnke J. XII Int. Feed Technol. Symp. Novi Sad, 2008.
8. Jolanta B. Krolczyk Homogeneity assessment of multi-element heterogeneous granular mixtures by using multivariate analysis of variance / Jolanta B. Krolczyk // Tehnički vjesnik 23, 2(2016), 383–388.
9. Eisenberg S. Markers in Mixing Testing: Closer to Perfection / Eisenberg S., Eisenberg D. Feed Management, November 1992. – P. 1–4.
10. Eisenberg D. Mix with Confidence / Eisenberg D. International Milling, June 1994. – P. 1–5.
11. Eisenberg S. Particle Size and Mixing Problems for Aquatic Feeds / Eisenberg S., Eisenberg D. Feed Manufacturing, Technology IV, AFIA, 1994. – P. 498.
12. Ronald L. The ASA's Statement on p-Values: Context, Process, and The American Statistician / Ronald L., Wasserstein N., Lazar A. 2016,70:2. – P. 129–133.
13. GMP + Certification Scheme for the Animal Feed Sector 2006 (version: 20.10.'09/corr.09.11.'09).
14. Shelford J. A. Additive for livestock feeds / Shelford J. A. US Pat. Appl. 20040076659, 2004.
15. Ferromagnetic microtracers with multicolored code information and method of their identification / Barashkov N., Mohnke J., El-Fenni M.R., Eisenberg D., Eisenberg S. US Provisional Pat. Appl., 60/880,491, 2007.
16. Barashkov N. Iron-based microtracers and their use in feed applications / Barashkov N., Eisenberg D. // Сучасне матеріалознавство та товарознавство: теорія, практика, освіта : матеріали I Міжнар. наук.-практ. інтернет-конференції (м. Полтава, 26–27 лютого 2014 р.) – Полтава : ПУЕТ 2014. – С. 16–26.
17. Evaluation of homogeneity in feed by method of Microtracers® / Đuragić O., Lević J., Sredanović S., Lević Lj. Arch. Zootech. 12 (2009) 85–91.
18. Jolanta B. Krolczyk. The effect of mixing time on the homogeneity of multi-component granular systems / Jolanta B. Krolczyk. // Transactions of famena XL-1 (2016) 45–56.
19. Corrigan O. I., Wilkinson M. L., Ryan J., Corrigan K. Harte & O. F. The Use of Microtracers ® in a Medicated Premix to Determine the Presence of Tiamulin in Final Feed Drug Development and Industrial Pharmacy. – Vol. 20. – 1994. – Issue 8. – P. 1503–1509.
20. Bagliacca G., Paci M., Marzoni E. Lisi Impiego di Particelle di Ferro Colorate (Microtracers) Come Traccianti Dei Mangimi E PER IL Controllo Della Miscelazione M. Large Animals Review, Anno 8, n. 1, Febbraio 2002. – P.1–4.
21. Трепалина Е. Тест-системи для контролю іонофорних кокцидиостатиків в кормах «Комбікорма» / Трепалина Е., Галкин А. – 2015. – № 5. – С. 83–85.



**NIKOLAY BARASHKOV¹, PAVEL PYSARENKO², VALENTINA KRYKUNOVA²,
TAMARA SAKHNO³, OLEG KRYKUNOV⁴**

1-Micro-Tracers, Inc, San Francisco, CA, USA

2-Poltava State Agrarian Academy, Poltava, Ukraine

3-Poltava University of Economics and Trade, Poltava, Ukraine sakhno2001@mail.ru

4-Poltava Department of Academy of Sciences of Technological Cybernetics of the Ukraine, Poltava, Ukraine,

FERROMAGNETIC MICROTRACERS AND THEIR USE FOR EVALUATION OF THE HOMOGENEITY OF FEED FOR AGRICULTURAL ANIMALS AND POULTRY

Abstract

The worldwide formula feed industry manufactures more than 900 million tons annually. Manufacturers waste labor, energy and capital when they mix feeds longer than necessary to achieve a complete blend. Excess mixing may also cause degradation of vitamins and medications. If feed is not completely mixed, portions of the feed will contain either too much or too little of the formulated ingredients. This excess variability causes economic losses to users of the feed and may increase the incidence of illegal drug residues. Periodic routine mixer testing is both economically and ethically justified. The mid-1990s brought an increased interest from regulatory authorities in many countries in assuring medicated feeds are mixed completely and that all micro ingredients are added as formulated.

Feed manufacturers owe a response to the public to ensure their feeds are properly manufactured. This interest coincides with their self-interest to make the best product reasonably possible. This benefits the feed manufacturer's customers and the feed manufacturer himself if he is an integrated producer. By developing and implementing well-designed sampling and analysis plans to document the efficacy of these manufacturing processes the feed manufacturer can validate his mixing and micro ingredient addition operations.

Quality control mixing of feed is an integral part of the general system of control over the production of healthy food for people. This article is devoted to a wide variety of analytical ferromagnetic tracers used to assure the quality of mixed formula animal and poultry feeds. When formulated in vitamin, mineral or medicated premixes, a Microtracers^{Tr} serves to mark the presence of the premix in the finished feeds as well as to identify the premix and feeds containing it as proprietary. Some qualitative results on this subject can be obtained with using Mason Jar procedure. When assayed quantitatively, a MicrotracersTM can be used to document efficacy of mixing as well as adequacy of batch to batch "cleanout" of mixers and other feed manufacturing equipment. The application of Rotary Detector for quantitative separation of microtracer from the feed samples is described and use of Poisson and chi-squared probabilities for interpretation of mixer study results are presented.

Key words: feed quality, microtrace, markers, premixes, carryover, cleanout, the Rotary Detector, the Mason Jar

REFERENCES

1. Cheremnykh L. A. Proverka kachestva smeshyvaniya stala prosta y dostupna // *BYO Zhurnal dlia spetsyalystov ptysevodcheskykh y zhyvotnovodcheskykh khoziajstv* 2008. - № 9 (96) . - S.35-37.
2. Yehorov B. V. Osoblyvosti tekhnolohii vyrobnytstva vysokoodnoridnykh kormovykh dobavok // Yehorov B. V., Makaryns'ka A. V., Vorona N. V. // *Zernovi produkty i kombikormy*. - 2014. - № 2 (54). - S.37- 40.
3. Krjukov V. Proizvodstvo odnorodnykh kombikormov i premiksov // *Zhivotnovodstvo Rossii*. 2010. №8. S. 59–62.
4. Opara V. O. Vyznachennia stupenia odnorodnosti kombikormiv u hospodars'kykh umovakh [Elektronnyy resurs] / V. O. Opara, O. V. Korzh, V. V. Popsuj // *Visnyk Sums'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu : naukovy zhurnal*. - Ser. "Tvarynystvo" / Sums'kyj natsional'nyj ahrarnyj universytet. - Sumy : SNAU, 2015. - Vyp. 6 (28). – S. 125-128.
5. DSTU ISO 22000:2007 Systemy upravlinnia bezpechnistiu kharchovykh produktiv Vymohy do bud'-iakykh orhanizatsij kharchovoho lantsiuha (ISO 22000:2005, IDT Kyiv DERZhSPOZhYVSTANDART UKRAYNY 2007
6. Zinn R. A. A guide to feed mixing / Zinn R. A. University of California, Davis. 2000. – <http://animalscience.ucdavis.edu/faculty/zinn/pdf/04.pdf>.
7. Ferromagnetic microtracers and their use in feed applications / Barashkov N., Eisenberg D., Eisenberg S., Mohnke J. XII Int. Feed Technol. Symp. Novi Sad, 2008.
8. Jolanta B. Krolczyk Homogeneity assessment of multi-element heterogeneous granular mixtures by using multivariate analysis of variance / Jolanta B. Krolczyk // *Tehnički vjesnik* 23, 2(2016), 383–388.
9. Eisenberg S. Markers in Mixing Testing: Closer to Perfection / Eisenberg S., Eisenberg D. *Feed Management*, November 1992. – P. 1–4.
10. Eisenberg D. Mix with Confidence / Eisenberg D. *International Milling*, June 1994. – P. 1–5.
11. Eisenberg S. Particle Size and Mixing Problems for Aquatic Feeds / Eisenberg S., Eisenberg D. *Feed Manufacturing, Technology IV, AFIA*, 1994. – P. 498.
12. Ronald L. The ASA's Statement on p-Values: Context, Process, and The American Statistician / Ronald L., Wasserstein N., Lazar A. 2016,70:2. – P. 129–133.
13. GMP + Certification Scheme for the Animal Feed Sector 2006 (version: 20.10.'09/corr.09.11.'09).
14. Shelford J. A. Additive for livestock feeds / Shelford J. A. US Pat. Appl. 20040076659, 2004.

15. Ferromagnetic microtracers with multicolored code information and method of their identification / Barashkov N., Mohnje J., El-Fenni M.R., Eisenberg D., Eisenberg S. US Provisional Pat. Appl., 60/880,491, 2007.
16. Barashkov N. Iron-based microtracers and their use in feed applications / Barashkov N., Eisenberg D. // Suchasne materialoznavstvo ta tovaroznavstvo: teoriya, praktika, osvita : materiali i mizhnar. nauk.-prakt. internet-konferencii (m. Poltava, 26–27 lyutogo 2014 r.) – Poltava : PUET 2014. – с. 16–26.
17. Evaluation of homogeneity in feed by method of Microtracers® / Đuragić O., Lević J., Sredanović S., Lević Lj. Arch. Zootechn. 12 (2009) 85–91.
18. Jolanta B. Krolczyk. The effect of mixing time on the homogeneity of multi-component granular systems / Jolanta B. Krolczyk. // Transactions of famena XL-1 (2016) 45–56.
19. Corrigan O. I., Wilkinson M. L., Ryan J., Corrigan K. Harte & O. F. The Use of Microtracers ® in a Medicated Premix to Determine the Presence of Tiamulin in Final Feed Drug Development and Industrial Pharmacy. – Vol. 20. – 1994. – Issue 8. – P. 1503–1509.
20. Bagliacca G., Paci M., Marzoni E. Lisi Impiego di Particelle di Ferro Colorate (Microtracers) Come Traccianti Dei Mangimi E PER IL Controllo Della Miscelazione M. Large Animals Review, Anno 8, n. 1, Febbraio 2002. – P.1–4.
21. E. Trepalina. A. Galkin Test-sistemy dlja kontrolja ionofornykh kokcidostatikov v kormakh «Kombikorma» №5, 2015. С.83-85.

Надійшла 09.09.2016. До друку 19.09.2016

Адреса для переписки:

вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039



УДК 636.085.55 – 021.62 : 62 – 182.3 : 331.482

В.С. БРАЖЕНКО, канд. техн. наук, доцент, О.О. ФЕСЕНКО, канд. техн. наук, доцент

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса



КОМПЛЕКСНІ ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ НА ПЕРЕСУВНИХ КОМБІКОРМОВИХ АГРЕГАТАХ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Анотація

У статті проаналізовано сучасний стан інноваційних технологій виробництва комбікормової продукції та перспективи розвитку тваринництва та птахівництва в умовах фермерських господарств України. Одним із напрямків інтенсивного розвитку тваринництва та птахівництва є ефективне виробництво комбікормової продукції із застосуванням енергоефективних технологій та засобів ресурсозбереження. Впровадження інноваційних технологій та модернізація підприємств комбікормової промисловості України дозволяють розширити асортимент високоякісної готової продукції підвищеної продуктивної дії. Для ефективного застосування інноваційних технологій в умовах фермерських господарств і за практичним досвідом роботи відомих виробників-фірм Західної Європи передбачено виробництво пересувних малогабаритних комбікормових агрегатів, устаткування.

Встановлено, що модернізація конструктивних елементів об'єктів, які поєднують декілька процесів, операцій у машинах, сприяє зменшенню характеристик металоємності й енергоємності. За рахунок поєднання основних і допоміжних операцій досягається зменшення загальної маси конструкцій комбікормових агрегатів, питомих витрат енергії, спрощення монтажних і налагоджувальних робіт та покращення технічного обслуговування обладнання. Комплектність обладнання агрегатів дозволяє швидко регулювати способи контролю якості продукції і застосувати заходи щодо підвищення якісних показників готової продукції.

За аналізом досвіду роботи фахівців у проектних розробках варіантів побудови схем технологічних процесів підготовки та виробництва комбікормової продукції розроблено структурні схеми зв'язку технологічних процесів та обладнання на пересувних комбікормових агрегатах.

Застосування технологічних процесів підготовки сировини та виробництва продукції максимально враховує потреби замовника за адресними комбікормами для сільськогосподарських тварин.

Виробництво комбікормової продукції на пересувних комбікормових агрегатах здійснюють на відкритому просторі та у закритому просторі, що потребує додаткової розробки вимог охорони праці, правил пожежної безпеки, оскільки у господарствах зберігається велика кількість горючої рослинної сировини та продуктів її переробки.

Інноваційні технічні рішення за проектними, конструкторськими розробками розширюють сфери використання установки для переробки рослинних кормів і зернофуражу різної вологості, забезпечують стабільну пневмоподачу, знижують енергоємності в 1,5...2 рази, підвищують ефективність змішування компонентів до 85...98%.

Ключові слова: комбікормові агрегати, технологічні процеси, обладнання, комбікормова продукція, правила пожежної безпеки.