



of foods modified by enzymatic hydrolysis device structure of proteins. Digestibility of protein was evaluated by the increase of hydrolysis products as a result of enzymatic hydrolysis.

Proved that putting of recipes whey protein concentrate and rice flour is appropriate, as it allows to receive soul-milk product "Vitalakt" and cheese's pasta with better performance digestibility. It is shown that the rate of protein digestion of dairy products for baby food higher than the ingredients of these products separately. This protein digestibility milk was higher for the plant. Thus, the rate of digestibility for dairy baby food was within 70-77 %, and rice flour – 41,8 %. The use of whey protein concentrate and related processing technology increases the availability of protein for proteolytic enzymes.

Key words: biological value, milk products for child's food, rice flour, enzymatic method, digestibility.

REFERENCES

1. Pokrovskiy, A. (1964). *Biohimicheskie obosnovaniya razrabotki produktov povyshennoy biologicheskoy tsennosti. Voprosy pitaniya*, 1, 3-16.
2. Pokrovskiy, A. (1975). *O biologicheskoy i pischevoy tsennosti produktov pitaniya. Voprosy pitaniya*, 3, 25-29.
3. Chernova, E. (2001). *Novyy metod otsenki biologicheskoy tsennosti belkov kulinarно obrabotannykh krup. Izvestiya vuzov. Pischevaya tehnologiya*, 1, 11-13.
4. Pokrovskiy, A., Ertanov, I. (1965). *Atakuemost belkov pischevyykh produktov proteoliticheskimi fermentami in vitro. Voprosy pitaniya*, 3, 38-44.
5. Lipatov, N. (ml.), Yudina, S., Lisitsin, A. (1994). *Uovershenstvovannyiy pribor i metodika dlya opredeleniya perevarimosti belkov in vitro. Voprosy pitaniya*, 4, 43-44.

Надійшла 19.04.2017. До друку 29.04.2017

Інститут продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук України,
02660, м. Київ, вул. С. Сверстюка, 4а.

Тел. (044)517-12-30, факс (044)517-02-28, моб. (095)763-16-34

e-mail: Rudakova11@yandex.ua



УДК 636.085.55

Т.В. САХНО, д-р хим. наук, профессор, Полтавский университет экономики и торговли,

И.В. КОРОТКОВА, канд. хим. наук, доцент, Полтавская государственная аграрная академия,

Н.Н. БАРАШКОВ, д-р хим. наук, профессор, Micro-Tracers Inc., (Сан-Франциско, США)



ИЗУЧЕНИЕ СЕГРЕГАЦИИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ МИКРОТРЕЙСЕРОВ ОТ ПРЕМИКСОВ: РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ В МОДЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ И УСЛОВИЯХ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ

Аннотация

Рассмотрены теоретические аспекты определения однородности комбикормовой продукции и условий проявления сегрегации.

Цель работы заключается в проведении исследования возможной сегрегации частиц ферромагнитных микротрейсеров и премикса в процессе хранения и доставки продукции от его производственной площадки до потребителя. Во взятых образцах продукции (6 образцов по 25 г и 4 образца по 200 г) из различных местоположений в упаковке (стандартный бумажный мешок весом 25 кг) определена концентрация микротрейсера, рассчитаны величины стандартного отклонения и коэффициент вариации. Установлено, что в 25 г суб-образцах отклонение между концентрациями микротрейсера в различных точках отбора, находится в интервале 0,28-0,49%. Различия концентрации микротрейсера в 200 г суб-образцах относительно небольшие (от 0,49 до 0,52%), а среднее значение коэффициента вариации составляет 3,4%. Средняя концентрация микротрейсера в 200 г суб-образцах была заметно выше (0,50%), чем в 25 г суб-образцах (0,37%). Полученные данные дают основание заключить, что умеренная сегрегация между микротрейсером и премиксом происходит во время отгрузки продукта с производственной площадки потребителю, вероятно, из-за различий в размерах частиц этих материалов.

Проведено сравнение данных по сегрегации, полученных в результате модельных испытаний. Проанализирована роль сегрегации отдельных компонентов премиксов в процессе их производства, хранения и транспортировки. Показано, что сегрегация может проявляться в результате неравномерного распределения частиц премиксов, различающихся между собой по величине, форме и плотности. Обсужден вклад каждого из этих компонентов в сегрегационный процесс.

Предложенный в данной работе метод модельных лабораторных испытаний сегрегации между премиксом и ферромагнитными микротрейсерами является полезным инструментом для изучения процессов сегрегации гранулированных материалов.

Ключевые слова: сегрегация, ферромагнитные микротрейсеры, премикс, ситовой анализ, стандартное отклонение, коэффициент вариации.



Введение

Получение однородных смесей является актуальной задачей для многих отраслей сельскохозяйственного производства и технологических процессов, так как она связана с необходимостью равномерного распределения особо важных и ценных компонентов в конечной продукции. От степени однородности конечной продукции зависит эффективность ее использования. Смесь считается однородной, если содержание компонентов в любой точке объема не отличается от заданного содержания для всей смеси, и, прежде всего, это имеет большое значение для комбикормов, используемых для выращивания молодняка. Суточный рацион, а тем более разовая дача корма молодняку животных и птицы очень мала и может исчисляться несколькими граммами, в которых должны быть равномерно распределены все питательные и биологически активные вещества, которые предусмотрены рецептурой [1]. В работе [2] проведена оценка однородности готовых комбинированных смесей в зависимости от способа отбора средних, точечных и объединенных проб (метод диагоналей) согласно методике [3], учитывающей коэффициент вариации. Установлено, что наиболее точным методом при определении однородности комбинированных смесей является метод отбора точечных проб. Данная методика определения однородности комбикормовой продукции предлагает рассчитывать вариации распределения какого-либо компонента (называя их индикаторными) в тех или иных пробах, предполагая, что все другие компоненты будут распределяться в смеси подобным образом [4].

В нашей предыдущей публикации [5] мы рассмотрели возможность использования ферромагнитных микротрейсеров, предлагаемых компанией Micro-Tracer, Inc [6] для оценки однородности смешивания компонентов комбикормов. Было продемонстрировано, что этот тип аналитических микротрейсеров, отличающийся высокой эффективностью и быстротой использования, обладает рядом дополнительных существенных преимуществ в сравнении с другими типами микротрейсеров. К числу таких преимуществ относится, например то, что ферромагнитные микротрейсеры отличаются полной безопасностью для животных, что приводит к отсутствию необходимости уничтожения содержимого смесителей после окончания теста. Напротив, в случае использования производных кобальта или марганца [7], например, протестированный объем корма подлежит уничтожению вследствие токсичности этих производных. Другие важные преимущества включают в себя низкий расход микротрейсера (не более 50 г на тонну премикса или комбикорма), а также известные и фиксированные точность и погрешность при анализе ферромагнитных микротрейсеров [8]. Важным является то, что анализ с использованием этого компонента может быть выполнен на месте производства кормов [8, 9]. Это является особенно полезным при диагностике проблем смешивания, которые требуют быстрых ответов.

Большинство гранулированных продуктов, производимых и перерабатываемых в различных отраслях сельского хозяйства, являются существенно

неоднородными. Технологические процессы, протекающие при взаимном перемещении частиц, неоднородностью которых пренебречь не представляется возможным, сопровождаются эффектами сегрегации, которые признаются наиболее общим и масштабным негативным фактором в технологии производства и переработки дисперсных материалов.

Сегрегация может возникать в результате неравномерного распределения частиц комбикорма, различающихся между собой по величине, форме и плотности. Это явление наблюдается при движении комбикормовой смеси по поверхности и при ее падении с высоты (например, в емкость), а также в процессе транспортировки. Сегрегация зернистых материалов из-за различий в свойствах частиц происходит во время различных процессов обработки и транспортировки, таких как поток из бункера.

В работе [10] авторы рассматривают влияние различных свойств частиц и геометрии бункера на сегрегацию сферического гранулированного материала во время разгрузки бункера. Исследованы эффекты соотношения диаметра частиц, плотности, массовой доли мелкой фракции, угла стенки бункера, формы поперечного сечения бункера и начальных условий заполнения. В ряде работ показано, что свойства гранулированного материала, геометрия технологического устройства оказывает прямое и важное влияние на сегрегационное поведение частиц [11]. Установлено, что частицы разного размера начинают разделение в процессе первоначальной выгрузки [12]. В тоже время, форма частиц практически не влияет на процесс сегрегации во время разгрузки, однако, плавный поток частиц легче блокировать, когда они имеют более сложную форму: от сферы к треугольнику, цилиндру и даже шестиграннику. Эффект этих четырех различных форм частиц на бункерном сепараторе и разгрузке частиц в бункере был изучен методом дискретных элементов [13]. Результаты исследования показали, что формы частиц мало влияют на моделирование сегрегации по размеру, но действительно влияют на непрерывность потока. Кроме того было показано, что сферические частицы могут использоваться для оценки сегрегации частиц во время загрузки и выгрузки бункера.

Что касается влияния плотности, то было установлено, что более плотные частицы имеют тенденцию концентрироваться вблизи центральной точки подачи [14]. В целом сделан вывод о том, что размер частиц по сравнению с другими свойствами является доминирующим фактором, связанным с явлениями сегрегации в процессе разгрузки комбикормов. В работе [15] было показано, что с увеличением среднего размера частиц коэффициент вариации состава комбикорма возрастал независимо от времени смешивания. При этом смесь с меньшим размером частиц раньше достигала более высокой однородности. К такому же выводу пришли и авторы публикации [16], изучая распределение частиц соли разных размеров по комбикорму для поросят.

Представленный выше краткий анализ имеющихся литературных данных показывает необходимость правильного понимания явления сегрегаций для разработки продуманных производственных

стратегий, связанных с производством, хранением и транспортировкой комбикормов [17].

Материал и методика исследований

В данной работе предложен метод оценки сегрегации между комбикормом и ферромагнитными микротрейсерами серии F (Microtracer F), производимыми компанией Micro-Tracers, Inc (Сан-Франциско, Калифорния, США). Микротрейсеры этой серии представляют собой стальной порошок с относительно широким распределением размеров частиц (от 125 до 400 микрон) с адсорбированными на их поверхности пищевыми красителями.

На первом этапе исследования была разработана схема модельного эксперимента, где заранее приготовленная однородная по составу смесь комбикорма, содержала 1% по весу стальной крошки. Данные по размерам частиц комбикорма и стальной крошки приведены в табл. 1.

Экспериментальное исследование включает в себя следующую процедуру: 16 г стальной крошки тщательно перемешали с 1600 г корма и поместили подготовленную смесь в пластиковый контейнер объемом 4 литра. В стенке контейнера было сделано 8 круглых отверстий (около 7-8 мм в диаметре) и одно отверстие было сделано в днище контейнера (рис.1, а). При этом отверстие № 1 находится рядом с верхней частью контейнера, а отверстие № 9 находится на дне контейнера. Перед наполнением контейнера смесью корма и стальной крошки все отверстия закрываются липкой лентой.

Закрытый пластиковый контейнер поместили в лабораторный встряхиватель (рис. 1, б) и произвели встряхивание смеси в течение 30 минут. По окончании встряхивания отверстие № 2 освобождали от липкой ленты (отверстие № 1 находилось выше уровня насыпанного корма, который уплотняется во время встряхивания контейнера) и, используя стеклянную капиллярную трубку, отбирали около 1,9-

2,3г образца корма. Таковую же процедуру извлечения образцов корма провели для каждого из оставшихся отверстий. Извлечение стальной крошки из образца корма производили с помощью роторного детектора [9]. В табл. 2 представлены результаты проведенных исследований.

Анализ данных табл. 2 подтверждает низкий уровень сегрегации между стальной крошкой и комбикормом в модельных условиях.

На следующем этапе мы провели экспериментальное исследование сегрегации микротрейсера серии F, полученного на основе стальной крошки с размерами, показанными в табл. 1, и комбикормом с размерами, представленными в той же таблице.

Основное отличие условий данного эксперимента от эксперимента, описанного выше, состояло в том, что смесь микротрейсера (0.4% по весу) и комбикорма помещалась в стандартный 25-кг бумажный

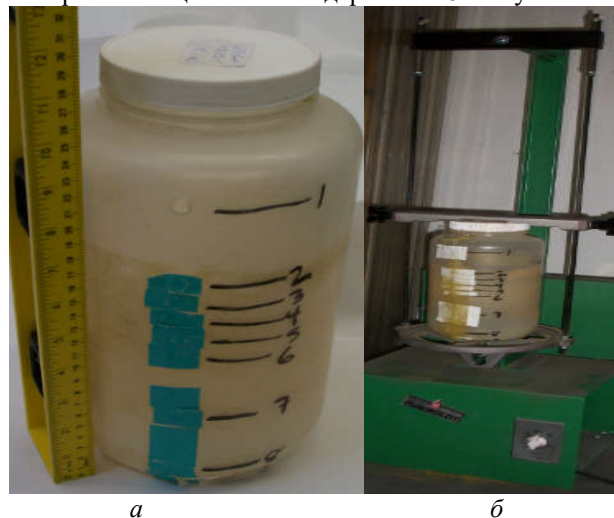


Рис. 1 – Пластиковый контейнер для проведения теста на сегрегацию (а), лабораторный встряхиватель (б)

Таблица 1 – Результаты ситового анализа по определению размеров комбикорма и стальной крошки

Размер (микроны)	Более 840	500 - 840	400 - 500	150 - 400	125 - 150	Менее 125
Премикс, %	0.11	42.97	10.12	46.80	0.00	0.00
Стальная крошка, %	0.00	0.00	0.00	86.44	12.06	1.50

Таблица 2 – Результаты испытания на сегрегацию, проведенного для смеси стальной крошки и комбикорма

Расположение образца	Расстояние между отверстием и дном контейнера, см	Масса образца, г	Вес стальной крошки, г	Содержание стальной крошки в образце, %
1	22 см	- // -	- // -	- // -
2	17 см	1.9831	0.0244	1.23%
3	16 см	2.0575	0.0269	1.31%
4	15 см	2.0609	0.0258	1.25%
5	13.5 см	2.1163	0.0223	1.05%
6	12 см	1.9430	0.0175	0.90%
7	7 см	2.2555	0.0230	1.02%
8	0.5 см	2.2152	0.0195	0.88%
9		1.9454	0.0124	0.64%
	Среднее			0.92%



мешок, используемый для хранения и доставки комбикорма от его производственной площадки до потребителя. Поставка была осуществлена наземной отгрузкой, данных о положении мешка во время транспортировки не имеется.

В соответствии с поставленной задачей 10 суб-образцов продукта отбирались из мешка в соответствие со схемой, представленной на рис. 2. Первые 6 образцов взяты из различных мест в мешке (по 5 проб из каждого местоположения), как указано на рис. 2а. Масса каждого образца составила около 25 г. Для взятия пробы в боковой части мешка было вырезано маленькое «отверстие» с помощью лезвия бритвы; для открытия разреза использовали шпатель и премикс собирался в контейнер, расположенный под отверстием.

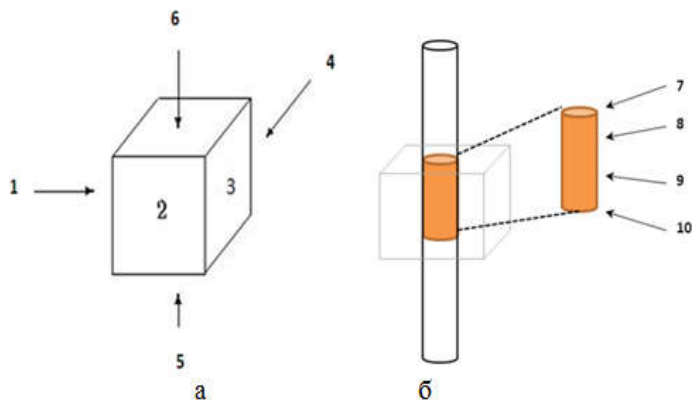


Рис. 2 – а) Положения на мешке, из которых были извлечены суб-образцы (1-6); б) процедура получения проб ~ 200 г суб-образцов (7-10).

Взятие еще 4 суб-образцов производилось с помощью пластмассового цилиндра, диаметром около 5 см, как показано на рис. 2б. Масса каждого суб-образца составила около 200 г. Образцы получали осторожным продавливанием цилиндра через центральную часть мешка. Продавливание осуществлялось таким образом, чтобы процедура извлечения суб-образцов вызывала минимальное перемешивание внутри мешка. Данные 4 суб-образца были собраны на основе вертикального местоположения и пронумерованы, как указано на рис.2б.

Фактический вес извлеченных микротрейсеров измеряли с использованием аналитических весов.

Результаты и обсуждение

Для каждого образца определена концентрация микротрейсера, рассчитаны величины стандартного отклонения (SD) и коэффициент вариации (CV). Полученные результаты представлены в табл. 3.

Анализ образцов 1-6 (5 образцов из каждого местоположения) показывает, что отклонение между концентрациями микротрейсера в них находится в интервале 0,28-0,49%, в среднем 0,37%. Отклонения в 5 суб-образцах (в 6 разных местах) менее значимы, чем различия между концентрациями микротрейсера в выбранных местах, и среднее значение CV составляет 12,3%. Образцы из двух мест, расположенных ближе к верхней части пакета и близко к его дну, показывают, что концентрация микротрейсера в них выше, чем ожидалось (в среднем 0,485%), а в 4 местах рядом со стороной мешка концентрация микротрейсера ниже, чем ожидалось (в среднем 0,308%).

Анализ данных 200 г суб-образцов 7-10 (два взяты из верхней и нижней части мешка и два из центра мешка) позволяет заключить, что различия концентрации микротрейсера в них относительно небольшие (от 0,49 до 0,52%), а среднее значение CV составляет 3,4%.

Следует отметить, что средняя концентрация микротрейсера в 200 г суб-образцах была заметно выше (0,50%), чем в 25 г суб-образцах (0,37%).

Полученные данные дают основание заключить, что умеренная сегрегация между микротрейсером и премиксом происходит во время отгрузки продукта с производственной площадки потребителю, вероятно, из-за различий в размерах частиц этих материалов (см. табл. 1).

Выводы

Проанализирована роль сегрегации отдельных компонентов комбикормов в процессе их производства, хранения и транспортировки. Показано, что сегрегация может проявляться в результате неравномерного распределения частиц комбикорма, различающихся между собой по величине, форме и плотности.

Таблица 3 – Основные характеристики исследуемых образцов: концентрация микротрейсера, стандартное отклонение, коэффициент вариации (1-6-25г образцы, 7-10 - 200 г образцы)

Расположение образца	Среднее содержание микротрейсера, %	Стандартное отклонение (SD)	Коэффициент вариации (CV)
1	0.29%	(+/- 0.06%)	20.51%
2	0.28%	(+/- 0.04%)	12.82%
3	0.31%	(+/- 0.04%)	12.67%
4	0.35%	(+/- 0.03%)	7.08%
5	0.48%	(+/- 0.07%)	13.66%
6	0.49%	(+/- 0.03%)	7.04%
среднее	0.37%	(+/- 0.10%)	12.30%



concentration of Microtracer in the 200 g sub-samples was noticeably higher (0.50%) than average concentration from analysis of 25 g sub-samples (0.37%). The results obtained allow us to conclude that the moderate segregation between Microtracer and premix is taking place during shipment of product from the manufacturing site to the customer probably due to difference in particle sizes of these materials.

The comparison on segregation data obtained as a result of model tests was made. The role of segregation of individual components of premixes in the process of their production, storage and delivery was analyzed. It was shown that segregation can be manifested as a result of uneven distribution of premix particles which differing in size, shape and density. The contribution of each of these components in the segregation process was discussed.

The method of model laboratory segregation tests between premix and ferromagnetic Microtracer which is proposed in this study seems to be a useful tool for investigating the processes of segregation of granular materials.

Key words: segregation, ferromagnetic Microtracer, premixes, standard deviation, coefficient of variation

REFERENCES

1. Svezhencev A.I. *Korma i kormlenie sel'skohozyajstvennoj pticy: monografiya* / A.I. Svezhencev, R.M. Urdzik, I.A. Egorov. – Dnepropetrovsk: ART-PRESS. - 2006. - S. 232 – 361.
2. Makarinskaya A.V. *Teoreticheskie i prakticheskie osnovy ocenki odnorodnosti kombinirovannyh smesey* /A.V. Makarinskaya // *Naukovij visnik Poltav'skogo universitetu ekonomiki i trgovli.* - 2016. - № 1(78) - S.68-76.
3. Egorov B. V. *Teoreticheskie i ehksperimental'nye obosnovaniya proizvodstva kompleksnyh napolnitelej* / B.V. Egorov, A.V. Makarinskaya, V.E. Brazhenko // *Naukovi praci [Odes'koї nacional'noї akademii harchovih tekhnologij].* - 2002. - Vip. 24.- S.175–177.
4. Spesivcev A. S. *Process smeshivaniya pri proizvodstve kombikormov* /A.S. Spesivcev // *Kombikorma.* – 2016. – № 3. – S. 37–41.
5. Barashkov N.N. *Ferromagnitnye mikrotrejsery kak indikatory kachestva odnorodnosti kombikormov dlya zhivotnovodstva i pticevodstva* / N.N. Barashkov, P.V. Pisarenko, V.YU. Krikunova, T.V. Sahnno, O.A. Krikunov // *Zernovi produkty i kombikormi.* - 2016. - T.63. - № I.3. - C.34-40.
6. www.microtracers.com
7. Shelford J. A. *Additive for livestock feeds* / J. A. Shelford US Pat. Appl. 20040076659, 2004.
8. Eisenberg D.A. *MicroTracer(TM) F and their uses in assuring the quality of mixed formula feeds* / D.A Eisenberg // *Adv. Feed Technol.* - 1992. – 7. – P. 78-85.
9. Barashkov N., Eisenberg D., Eisenberg S., Mohnke J. *Ferromagnetic MicroTracer and their use in feed applications. XII International Feed Technology Symposium, Novi Sad, 13-16 th November, 2007.*
10. Ketterhagen W. R. *Granular segregation in discharging cylindrical hoppers: A discrete element and experimental study* / William R. Ketterhagen, Jennifer S. Curtis, Carl R. Wassgren, Angela Kong, Padma J. Narayan, Bruno C. Hancock // *Chem. Eng. Sci.* – 2007. – V. 62. – № 22. – P. 6423–6439.
11. Tang P. *Methods for Minimizing Segregation: A Review* / P. Tang, V.M. Puri // *Part. Sci. Technol.* – 2004. – V. 22 (22). – P. 321-337.
12. Shinohara K. *Size segregation of multicomponent particles during the filling of a hopper*/ Kunio Shinohara, Boris Golman, Takahumi Nakata // *Adv.Powder. Technol.* – 2001. – 12(1). – P. 33–43.
13. Yaowei Yu. *Segregation behavior of particles in a top hopper of a blast furnace* / Yaowei Yu, Henrik Saxén // *Powder Technol.* – 2014. – V. 262. – P. 233–241.
14. Shinohara K. *Segregation pattern of multi-component particles of different densities during the filling of a vessel* / K. Shinohara, B. Golman, T. Mitsui // *Powder Handling and Processing.* –2002. –V. 14. – № 2. – P. 91–95.
15. Kryukov V.P. *Proizvodstvo odnorodnyh kombikormov i premiksov* /V.P. Kryukov // *ZHivotnovodstvo Rossii.* – 2010. – №10. – S. 57–58.
16. Groesbeck C. N. *Diet mixing time affects nursery pig performance* / C. N. Groesbeck, R. D. Goodband, M. D. Tokach, S. S. Dritz, J. L. Nelssen and J. M. De Rouchey // *J. Anim. Sci.* – 2007. – V.85. – P.1793–1798.
17. Spesivcev A.S. *Sovershennyj zavod – sovershennye kombikorma* /A.S. Spesivcev // *Kombikorma.* – 2012. – № 2. – S. 59–61.

Надійшла 09.04.2017. До друку 19.04.2017

Адрес для переписки:

Полтавская государственная аграрная академия,
36000, г. Полтава, ул. Сковороды 1/3,
Тел: +38 (050) 7023858,
e-mail: irinakorotkova10@mail.ru

