

ISSN 1996-6733

ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ ПРОДУКТИВНЫХ ЖИВОТНЫХ

научно-
теоретический
журнал

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК для опубликования материалов кандидатских и докторских диссертаций

2010

2

Российская академия сельскохозяйственных наук

ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ ПРОДУКТИВНЫХ ЖИВОТНЫХ

Научно-теоретический журнал

2010 № 2

Выходит 4 раза в год

Главный редактор

Б.Д. Кальницкий

Редакционная коллегия

Галочкин В.А., Драганов И.Ф., Дудин В.И., Дуборезов В.М., Матвеев В.А.,
Рябых В.П., Решетов В.Б., Черепанов Г.Г. (зам. главного редактора), Тараканов Б.В.,
Харитонов Е.Л., Харитонов Л.В., Шихов И.Я.

Журнал публикует результаты экспериментальных исследований, научные обзоры и методические статьи в области физиологии, биохимии, молекулярной биологии и биотехнологии сельскохозяйственных животных. Особое внимание уделяется работам, выполненным на стыке между фундаментальными исследованиями и прикладными разработками, имеющими важное значение для развития животноводства. Статьи могут быть написаны на английском языке. Рефераты статей публикуются на русском и английском языках.

Russian Agricultural Academy

PROBLEMS OF PRODUCTIVE ANIMAL BIOLOGY

2010 N 2

B.D. Kalnitsky - Editor-in-Chief

Editorial board:

V.A. Galochkin, V.I. Dudin, I.Ph. Draganov., V.M. Duborezov, V.A. Matveev,
V.P. Ryabykh, V.B. Reshetov, G.G. Cherepanov (*Deputy Editor-in-Chief*), B.V. Tarakanov,
E.L. Kharitonov, L.V. Kharitonov, I.Y. Shikhov

«Problems of Productive Animal Biology» is a scientific journal publishing results of experimental research, reviews and methodological articles in the field of physiology, biochemistry, molecular biology and biotechnology of farm animals. Particular attention is given to the works performed at the interface between basic research and applied developments. The papers may be written in English. The abstracts are published in Russian and English languages.

Адрес редакции: 249013, г. Боровск Калужской области, ВНИИФБиП

Тел.: (495)9963415; (495)9963443; (48438)43026

факс (48438)42088; e-mail bifip@kaluga.ru

К ПРОБЛЕМЕ ОДНОРОДНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОДОБАВОК ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОМБИКОРМОВ И ПРЕМИКСОВ

Крюков В.С, Пикалова И.Н.

Ленинградский комбинат хлебопродуктов им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

В статье проанализировано состояние проблемы в мире, определены ориентиры для обеспечения однородности состава в процессе смешивания с микродобавками, описаны научные подходы для совершенствования производства высококачественных комбикормов и премиксов. Рассмотрена роль размеров и количества частиц в обеспечении однородности смешивания при приготовлении кормовых смесей с микродобавками, проанализировано влияние фактора разбавления при смешивании их с наполнителем, типа маркера для оценки однородности смешивания. По мнению авторов, эти характеристики должны учитываться при закупках комбикормов и премиксов и при совершенствовании технических условий по производству кормосмесей, поскольку действующие нормативы не создают условий для производства качественных кормовых смесей, особенно для птицы и молодняка свиней.

Ключевые слова: комбикорма, премиксы, микродобавки, равномерность смешивания, маркеры однородности, качество кормовых смесей

Проблемы биологии продуктивных животных, 2010, 2: 97-111

Введение

С увеличением продуктивности животных повышаются требования к однородности состава кормов. В странах с развитым животноводством комбикорм с однородностью 95% считают отличным, 90% – хорошим, 80% и менее – неприемлемым, тогда как в известном руководстве, изданном ещё в СССР в 1991 г. (Правила организации..., 1991), однородным считался корм с показателем однородности не ниже 75%. В 2008 году ВНИИКП издал «Руководство по технологии комбикормов, белково-витаминно-минеральных концентратов и премиксов», в котором упоминается, что в настоящее время вышеуказанную величину можно считать устаревшей.

Требования к однородности комбикормов за последние годы возросли в связи с усложнением их рецептуры, включающей всё больше компонентов; при этом не играет особой роли, попадают ли компоненты в корма непосредственно в смеситель или с премиксами. Установлено, что однородность корма для цыплят и поросят раннего возраста является важным фактором, влияющим на рост и потребление корма. Животные старшего возраста потребляют больше корма, который дольше задерживается в желудочно-кишечном тракте, поэтому они менее чувствительны к вариативности его состава. (McCoy et al., 1994; Traylor et al., 1994; Groesbeck et al., 2007). С практической точки зрения коэффициент вариации состава комбикорма, равный 5%, вполне достижим. Так, на комбикормовых заводах Франции за 5 лет, начиная с 1999 года, коэффициент вариации состава смеси, определяемый с применением индикаторных веществ, снизился с 7 до 5% (Bolton, Clayton, 2006).

В настоящее время производители смесителей в рекламных проспектах нередко указывают, что их машины позволяют приготовить комбикорм с однородностью 95% при соотношении 1:100000. Для непосвящённых в детали или доверчивых потребителей – это абст-

рактные цифры, однако, если отнестись к ним строго, то их в лучшем случае можно считать полуправдой. Величины, отражающие массу продукта, привычны, так как на их основе учитывают сырьё по бухгалтерским документам, точность процессов дозирования в технологической линии, по ним контролируют качество комбикормовых продуктов при химическом анализе их состава. В то же время обычно недостаточно обращают внимания на гранулометрический состав сырья, что создаёт существенные проблемы для производства качественных продуктов. Количество частиц в сырье или в премиксе практически никогда не рассчитывают. Этот показатель, как и однородность комбикормов или премиксов, не входит в число обязательных нормируемых показателей, хотя они особенно важны для оценки качества премиксов и в определённых условиях могут стать определяющими для производства качественных комбикормов. На основании анализа однородности премиксов можно оценить их качество и совершенство технологии.

Вопросам оценки «однородности кормов» посвящено немало исследований, но при этом в большинстве из них авторы не указывают число частиц для используемых индикаторных веществ, не приводят гранулометрическую характеристику основных компонентов смеси, а также ряд других физических характеристик смешиваемых веществ. В результате при отсутствии подробного описания условий кормления в экспериментах на животных бывает трудно объяснить те противоречивые выводы, к которым приходят авторы, что вводит в заблуждение практических работников. Положение усугубляется и тем обстоятельством, что по этой теме в мировой литературе имеется ограниченное число публикаций

Целью данной работы было проанализировать состояние проблемы в мире и определить ориентиры для обеспечения однородности физического состава в процессе смешивания при производстве комбикормов и премиксов.

Роль размеров и количества частиц при приготовлении кормовых смесей с микродобавками

Примерные требования к однородности комбикормов, которыми руководствуются американские производители, представлены в табл. 1 (Herrman, Behnke, 1994).

Таблица 1. Требования к однородности комбикормов

С v, %	Оценка корма	Корректирующие действия
< 10	Отличный	Нет
10-15	Хороший	Увеличить время смешивания на 25-30%
15-20	Удовлетворительный	Увеличить время смешивания на 50%; Проверить состояние оборудования; Исключить недогрузу и перегрузку; Изменить последовательность загрузки компонентов.
> 20	Плохой	Возможна комбинация выше названных проблем. Выявить технические причины, произвести ремонт и настройку.

Чтобы реальные технологические параметры соответствовали этим значениям, условия их достижения надо ограничить рядом требований к свойствам частиц, – как добавляемых веществ, так и основных компонентов смеси. Данные, приведенные в табл. 2, демонстрируют влияние среднего размера частиц и времени смешивания на коэффициент вариации состава смеси (Behnke, 2005). С увеличением среднего размера частиц коэффициент вариации состава комбикорма возрастает вне зависимости от времени смешивания. При этом смесь с меньшими размерами частиц раньше достигает более высокой однородности

Таблица 2. Влияние размера частиц на эффективность смешивания*

Средний размер частиц комбикорма, мкм	Время смешивания, мин		
	0,5	1,5	3,0
< 699	35,1	8,3	8,8
700 - 899	43,1	10,3	8,7
> 900	50,1	14,3	11,6

Примечание: *по данным (Benhke, 2005)

К такому же выводу пришли Groesbeck и соавт. (2007), изучая вариабельность распределения частиц поваренной соли разной крупности в комбикорме для поросят (рис. 1). Частицы соли, имевшие наименьший размер, быстро достигали максимального распределения по комбикорму, и при продолжении смешивания в течение 8 минут их коэффициент вариации в смеси не изменялся. В то же время частицы, имевшие размер 3 мм, характеризовались гораздо худшей однородностью распределения в комбикорме. Через 60 секунд после начала смешивания коэффициент вариации их содержания в смеси достигал минимального значения ($C_v = 55\%$). При продолжении смешивания резко возрастала их сегрегация ($C_v = 100\%$), достигая максимума через 2,5 мин с последующим медленным снижением. В результате коэффициент вариации содержания крупных частиц соли через 8 минут возвращался к минимальному значению.

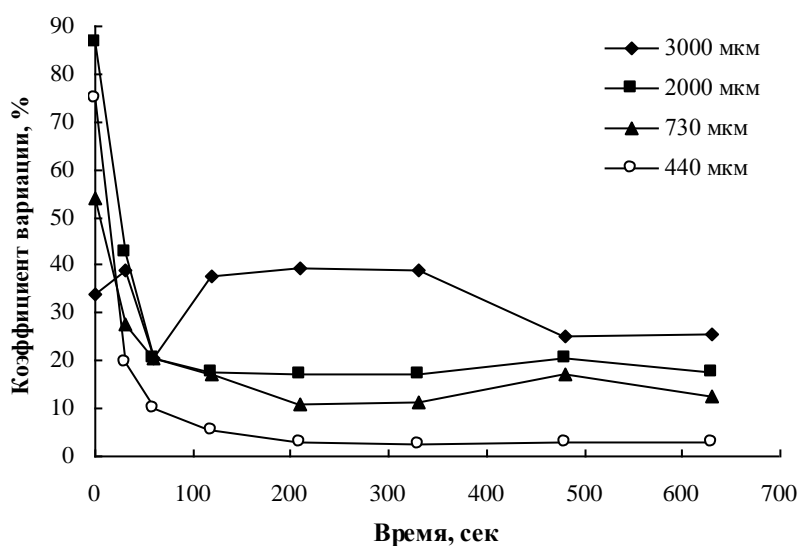


Рис. 1. Распределение в комбикорме частиц поваренной соли разного размера (Groesbeck et al., 2007)

На основании анализа представленных результатов можно сделать важный вывод: смешивание равных количеств одного и того же вещества в одних и тех же условиях приводит к разному его распределению в комбикорме в зависимости от размера смешиваемых частиц.

Среди части специалистов бытует мнение, что при увеличении времени смешивания наблюдается снижение однородности комбикорма, хотя с этим мнением не все согласны. Сравнивая динамику изменения коэффициента вариации содержания крупных и мелких частиц, можно прийти к заключению, что, в зависимости от размера частиц данного вещества, выбранных для контроля, а в широком смысле – от физических свойств этого вещества, по-

лучаются разные результаты. При длительном смешивании комбикорма с крупными частицами добавляемого вещества их сегрегация и распределение устанавливаются на некотором стабильном уровне спустя более длительный промежуток времени и при более высоком коэффициенте вариации, чем при использовании этого же вещества, но мелкоизмельченного. Этот результат тоже не всегда будет воспроизводимым, так как на него будут влиять и другие факторы, такие как удельная плотность частиц, свойства основного компонента смеси, а также правильность эксплуатации смесителя. Его перегрузка даже на 20% ведёт к потере качества смеси (Wicker, Poole, 1991; табл. 3).

*Таблица 3. Влияние степени заполнения смесителя на однородность смеси комбикорма с добавками кристаллических аминокислот**

Заполненный объём, %	Время смешивания, мин	Коэффициент вариации, %	
		лизин	метионин
100	2,0	11,99	34,61
100	2,5	8,33	4,99
100	3,0	4,64	2,59
120	2,0	56,18	34,88
120	2,5	62,58	31,37
120	3,0	33,96	29,80

Примечание: *по данным (Wicker, Poole, 1991)

Из представленных данных видно, что при загрузке смесителя в соответствии с его технической характеристикой, лизин и метионин с высокой равномерностью распределялись в комбикорме, тогда как смешивание того же состава в перегруженном на 20% смесителе не позволило приготовить однородный корм. Российские производители с давних времён характеризуют смесители, указывая их вместимость в килограммах, что является не корректным. В Европе и Америке в технических характеристиках всегда указывают полный и рабочий объёмы, выраженные в литрах. Именно объём заполнения смешивающей камеры играет определяющую роль для приготовления однородной смеси, а её масса будет зависеть от плотности смешиваемого материала.

Что такое однородный корм? Обычно считается, что это такой корм, в любой части (порции) которого присутствуют все компоненты в относительных долях, задаваемых рецептом комбикорма. Если учесть, что понятие «однородность корма» широко используется в специальной литературе с использованием различных величин – от 98 до 50% и менее, то о каком соответствии заданной рецептуре может идти речь, если коэффициент вариации состава смеси превышает величину технически достижимого минимума или погрешность анализа контролируемого вещества?

Неопределённость кроется и в самом определении, – в какой «любой части»? – это может быть 1 тонна или 1 кг, а может быть масса суточного рациона, например, цыплёнка, который в зависимости от возраста может потреблять от 15 до 150 г корма в сутки. Проблема усугубляется ещё и тем, что однородность приготовленного корма необходимо подтвердить. Это достигается химическими анализами, для которых берут навески массой от 2 до 10 граммов. Можно ли ожидать, что расчётная степень однородности разных порций, отобранных из одной и той же смеси, будет одинаковой? Ещё раз вернёмся к определению однородности: «присутствуют все компоненты в относительных долях в соответствии с величинами, заданными рецептом комбикорма». А могут ли все компоненты смеси с одинаковой величиной однородности в заданном соотношении присутствовать в любой порции? Ответ на этот вопрос может быть только отрицательным.

У специалистов сложилось мнение, что при производстве комбикорма или другой кормовой смеси самым важным является точное дозирование всех компонентов. Безусловно, это необходимое условие, но при этом нельзя упускать из виду важнейшее понятие, что

смешиваются и распределяются в объеме смеси не граммы или килограммы веществ, а частицы веществ, являющиеся носителями указанных величин массы.

Если для простоты исключить из рассмотрения влияние технических характеристик смесителя и свойств частиц, то на основании теоретических расчётов можно проследить чёткую зависимость вероятности нахождения определенного количества частиц сырья в 1 кг смеси в зависимости от их числа в 1 т смеси (табл. 4).

Таблица 4. Расчётное распределение частиц по массе смеси*

Количество частиц в 1 тонне смеси	Заданное число частиц в 1 кг смеси	Ожидаемое число частиц в 1 кг с учётом их распределения	Диапазон величин содержания частиц в смеси, %
2000	2	0 – 6	0–300
20000	20	8 – 32	40–160
200000	200	160 – 240	80–120
2000000	2000	1880 – 2120	94–106
3000000	3000	2840 – 3160	95–105

Примечание: * по данным (Tech. Bull. Rohne Pullenk, 1992).

С увеличением числа частиц вероятность их нахождения в 1 кг корма всё больше приближается к заданному количеству. Так, если в смеситель загружена 1 т сырья и к нему будет добавлено количество БАВ, содержащее 20000 частиц, то расчётное содержание этих частиц в 1 кг смеси равно 20. Однако при смешивании, по закону случайного распределения, в 1 кг смеси может оказаться от 8 до 32 частиц. Диапазон колебаний их содержания в смеси в этом случае достигает $\pm 60\%$ по отношению к среднему расчетному значению. Требования к однородности комбикормов для цыплят и поросят составляют 95%; взрослым свиньям и телятам рекомендуется скармливать корма, однородность которых не ниже 90%. Из расчётов, приведенных в табл. 4, следует, что диапазон колебаний содержания частиц (а, следовательно, и массы вещества) в корме можно сузить до 5%, если их количество в 1 кг будет составлять не менее 3000. Вышеприведенные расчёты являются теоретическими, отражают возможное распределение однородных «правильных» частиц, насыпная масса которых близка к массе приготавливаемой смеси, и не учитывают конкретные свойства вещества, его дозу и размеры частиц. В практических условиях не встречаются компоненты, размер частиц которых одинаков и отвечает требуемой величине, поэтому существуют формулы расчёта среднего размера частиц на основании гранулометрического анализа.

Значительный диапазон колебаний размера частиц характерен как для одного вида сырья, так и, ещё в большей степени – для смеси, содержащей разные продукты. Как следует из графика, приведенного на рис. 1, даже фракции частиц разного размера одного и того же вещества будут распределяться в смеси неодинаково равномерно. Насыпная масса кормовых компонентов, используемых для производства комбикормов и премиксов, характеризуется широким диапазоном – от 0,3 до 2,7 г/см³, а размер их частиц может различаться от минимального до максимального в 10-50 раз. Это создаёт существенные трудности при приготовлении однородных смесей. Дополнительные помехи для равномерного распределения частиц в объеме смеси создают электростатические свойства сырья, его влажность. В связи с этим, для производства гарантированно однородного корма вышеупомянутые величины, полученные расчетным путем с учетом количества частиц, увеличивают в несколько раз.

Декларируемая поставщиками характеристика смесителя, обеспечивающего однородность комбикормов или других продуктов при смешивании в соотношении 1:100000, недостоверна, если она не сопровождается указанием диапазона условий, при которых эта величина может быть достигнута. В связи с этим производители комбикормов в Западной Европе, применяя смесители с такими характеристиками, принимают нижний предел массы

дозированного компонента на порядок выше того уровня, при котором поставщики смесителей могут гарантировать высокую степень однородности распределения его в корме. Поэтому часто надёжной считается минимальная доза вещества, включаемого в смесь, равная не 10 г, а 100 г на 1 т. Необходимость принятия такого решения обусловлена не конструктивными особенностями смесителей и дозаторов, а исключительно свойствами используемого сырья.

Важным фактором является уровень профессионального мастерства специалистов при производстве премиксов, которые определяют пригодность тех или иных видов сырья, а также требования к его подготовке перед использованием. Даже на самом совершенном оборудовании невозможно производить продукцию высокого качества, если не подобрано сырьё необходимого гранулометрического состава.

Ряд БАВ включают в состав кормов в количестве менее или около 1 г на 1 тонну (селенит натрия, углекислый кобальт, соли йода, биотин, фолиевая кислота, витамин В₁₂), а количество других компонентов не превышает 10 г/т (витамины В₁, В₂, В₆, К₃). Эти продукты распределяются в комбикорме с большой вариацией, которая обусловлена недостаточным количеством частиц в одном килограмме корма (Панин и др., 2009).

В табл. 5 указано расчетное количество частиц сырья с насыпной массой около 1 г/см³, которое должно содержаться в 1 г БАВ, в зависимости от доли включения его в комбикорм. Из приведенных данных можно рассчитать, что для равномерного распределения БАВ в смеси (С_v<5%) необходимо включать такое количество сырья, которое обеспечивает содержание в 1 т около 15 млн. частиц БАВ. Чтобы получить такое количество частиц сырья, вводимого в корм в малых дозах, его надо измельчать более тонко. Так, при включении в корм 1 г вещества размер его частиц должен составлять 0,044 мм. При увеличении дозы в 5 раз крупность помола можно увеличить всего в 1,7 раза. Даже те вещества, которые включают в количестве 40 г/т, должны иметь средний размер частиц 0,149 мм, а соли цинка, марганца и железа, которые включают в корм в количестве 200-400 г/т, в пределах 0,255-0,330 мм. Величины, приведенные в табл. 5, следует рассматривать как усреднённые, тогда как при включении в смесь конкретной дозы сырья с определённой удельной массой необходимо рассчитывать средний размер частиц, гарантирующий их достаточное количество для производства корма с высокой однородностью распределения в нём веществ, входящих в рецепт комбикорма или премикса. Исходя из значений, приведенных в табл. 5, можно предположить, что при дальнейшем увеличении дозы вещества размер частиц может быть увеличен. Однако, если вернуться к табл. 2 и рис. 1, то можно заключить, что размер частиц БАВ не должен превышать 0,45 мм.

Таблица 5. Количество частиц в 1 г сырья, необходимое для равномерного распределения в 1 т кормосмеси*

Количество вещества в 1 т корма	Средний размер частиц		Средняя масса частицы, мкг	Количество частиц в 1 г сырья
	мкм	меш		
10 мг	8			
100 мг	22			
1000 мг	44	325	0,064	15 600 000
4,8 г	74	200	0,307	3 260 000
13 г	105	150	0,833	1 200 000
40 г	149	100	2,551	392 000
55,5 г	177	80	3,559	281 000
184 г	250	60	11,81	84 700
750 г	420	35	48,08	20 800
2 091 г	595	28	133,9	7 466

Примечание: * по данным (Ахе, 1995).

В связи с вышеизложенным стоит поставить вопрос, как часто контролируют размер и число частиц в препаратах БАВ, используемых для производства комбикормов и премиксов? В действующем ГОСТ Р 52356-2005 на премиксы регулируется только максимальный размер частиц премикса, который не должен превышать 1,2 мм. Это свидетельствует о том, что разработчики ГОСТа упустили эту проблему.

Производители кормов и премиксов находятся в плену заблуждения, предполагая, что, добавляя 10 кг премикса на 1 т корма, можно решить проблему производства комбикормов с требуемой однородностью распределения в них БАВ. Это мнение не подтверждено исследованиями и сложилось на основе предположения о том, что, поскольку в премиксе БАВ уже подверглись смешиванию и разбавлению, то в дальнейшем, попадая в корм в составе большой порции и при последующем смешивании, они будут ещё лучше распределяться в комбикорме. Увеличение времени смешивания в разумных пределах, даже за счёт двухстадийного процесса, не ведёт к увеличению однородности смешиваемого продукта. В отдельных случаях после достижения некой максимальной однородности смеси этот показатель может снизиться на несколько процентов в результате сегрегации, однако при продолжении работы смесителя процессы распределения компонентов и их сегрегация придут во взаимное равновесие, определяя постоянную величину однородности (рис. 1). Распределение частиц и их сегрегация характеризуются переменными величинами, которые зависят как от технической характеристики смесителя, так и от числа и свойств распределяемых частиц и свойств основного компонента смеси.

Применение премиксов для производства комбикормов позволяет решить две основные и очень важные проблемы. Первая, организационная, заключается в том, что исключается необходимость иметь в составе предприятия специалистов, которые должны хорошо знать физико-химические и технологические свойства кормовых препаратов витаминов, микроэлементов, ферментов и других БАВ. Приобретение надлежащих источников отдельных БАВ требует создания условий для хранения нескольких десятков наименований БАВ, организации их бухгалтерского учёта и контроля активности. Это является сложной проблемой, поскольку на заводах по производству премиксов список сырья превышает сотню наименований. Преимуществом работы с премиксами является то, что при их использовании достаточно организовать работу только с одним продуктом.

Вторая проблема, технологическая, связана с тем, что при дозированном введении в комбикорм отдельных препаратов БАВ на технологической линии необходимо дополнительно устанавливать 2 - 3 довольно дорогих по стоимости и обслуживанию микродозатора, способных с достаточной точностью подавать в смеситель десятки и сотни граммов вещества. При этом они не должны «потеряться» в транспортных механизмах или «улететь» в аспирацию. В этом отношении требования к дозированию премикса намного проще, чем к дозированию отдельных компонентов. Вышеуказанное усложнение технологической линии, увеличение стоимости оборудования, а также все проблемы, связанные с приобретением отдельных компонентов БАВ, привели к тому, что в мировой практике кормопроизводства такой подход не получил распространения. Других проблем, кроме вышеназванных, использование премиксов не решает. Именно это явилось основополагающим в мировом аспекте для отказа производителей комбикормов от организации самостоятельного дозирования ввода отдельных БАВ в комбикорма и выделения производства премиксов в самостоятельное направление.

В связи с вышеприведенными доводами можно указать на нецелесообразность строительства на новых заводах цехов предварительных смесей (ЦПС) или их существования на ранее построенных предприятиях. Если одна порция продукта, приготовленная в ЦПС, полностью включается в одну порцию главного смесителя, то в этом случае основная роль ЦПС сводится к точному дозированию компонентов, включаемых в корм в малых дозах. В этом случае микродозатор(ы) удален(ы) на значительное расстояние от основной технологической линии, что вызывает задержку части дозированных микрокомпонентов в

транспортных механизмах. Эффективность смешивания в ЦПС в этом варианте не оказывает влияния на однородность производимого комбикорма, так что смеситель, установленный в ЦПС, фактически является лишним.

Более распространённый вариант работы ЦПС заключается в том, что произведённую предварительную смесь делят на несколько порций, которые загружают в смеситель для приготовления конечного продукта. В этом случае коэффициент однородности производимого комбикорма будет ниже, чем в первом случае. Это обусловлено тем, что предварительная смесь будет приготовлена с каким-то коэффициентом вариации состава, а затем часть её будет включена в порцию сырья для производства комбикорма, которая на заключительном этапе будет смешана с коэффициентом вариации, присущим этому этапу, что приведёт к дополнительному снижению однородности распределения веществ в комбикорме.

Роль фактора разбавления при смешивании с наполнителем

Вернёмся к тому, что задача по производству однородных кормов не будет решена, если не достигается надлежащая степень измельчения каждого вещества, обеспечивающего получение необходимого числа частиц. Увеличение массы премикса не решает проблему однородности распределения в объеме корма отдельных БАВ, потому что входящие в его состав вещества, попадая в смеситель, при смешивании будут распределяться в нём в соответствии со свойствами, присущими конкретному веществу, независимо от предварительного разбавления или смешивания с наполнителем. Такой вывод сделали американские исследователи из Канзасского университета ещё в 1983 году (McElhiney, Tangprasertchai, 1983). Для испытаний использовали БАВ, которое включали в комбикорм в чистом виде или после разбавления в результате предварительного смешивания в 2 - 50 раз. После смешивания корма, в который вносили испытуемое вещество, из каждого замеса отбирали по 20 образцов массой 50 г для химического анализа. Из представленных в табл. 6 данных следует, что разбавление вещества не повысило равномерность его распределения в комбикорме в процессе смешивания. Диапазон колебаний его концентрации в корме, при всех предварительных разбавлениях, находился в пределах 212 - 280 г/т или 86,5 - 114,3%. В образце, отобранном из корма, в который вносили неразбавленный препарат, диапазон колебаний составил 92,8 - 120,5%. Коэффициент вариации содержания БАВ, рассчитанный по средним значениям для 6 вариантов, в которых использовали разбавленное и неразбавленное вещество, был равен 1,0%. Это с высокой степенью достоверности подтверждает отсутствие различий по однородности распределения БАВ после предварительного его смешивания с наполнителем (табл. 6).

*Таблица 6. Содержание БАВ в корме в зависимости разбавления**

№ варианта	Уровень разбавления	Результаты исследований		Коэффициент вариации, %
		в среднем по 20 образцам, г/т	диапазон колебаний, г	
1	Не разбавлен	249	231 - 300	6,59
2	1 : 1	248	224 - 265	4,34
3	1 : 5	247	212 - 279	6,56
4	1 : 10	244	218 - 268	6,64
5	1 : 25	244	220 - 280	7,17
6	1 : 50	243	227 - 274	4,97

Примечание: * по данным (McElhiney, Tangprasertchai, 1983).

Аналогичные исследования были проведены в институте кормовых технологий в Брауншвейге (Feil, Strauch, 2006) (рис. 2). При изучении вариабельности распределения

маркера (метилвиолет, 10 г/т) в комбикорме для поросят было установлено, что уже через 45 сек после начала смешивания был получен корм, коэффициент вариации содержания маркера в котором был равен 4,0%. При продолжении смешивания проявлялся эффект сегрегация и коэффициент вариации на 60-й секунде от начала смешивания возрос до 6,5%. Продолжение смешивания привело к достижению некоего равновесия между величиной распределения и сегрегации, и коэффициент вариации установился на уровне 4,2%. Этот же маркер предварительно разбавляли путём смешивания с наполнителем и вносили в смесь в составе смеси массой 100, 500 или 2000 г. Определение содержания маркера в кормах и последующие расчёты позволили установить, что во всех случаях величина коэффициента вариации маркера не зависела от его предварительного разбавления, и через 120 сек смешивания коэффициент вариации для всех смесей составлял 4-5%.

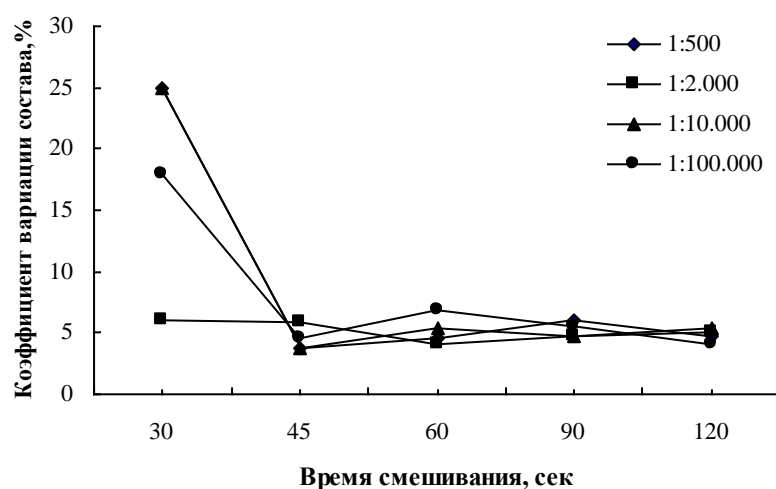


Рис. 2. Динамика коэффициентов вариации состава (распределения маркера метилвиолет, 10 г/т) комбикорма при разных уровнях разбавления (Feil, Strauch, 2006).

Эти же исследователи (Feil, Strauch, 2006) изучали распределение меди в комбикорме. В корм добавляли чистый сульфат меди в количестве 150 г/т или его массу доводили до 500 и 2000 г путем предварительного смешивания с наполнителем (рис. 3).

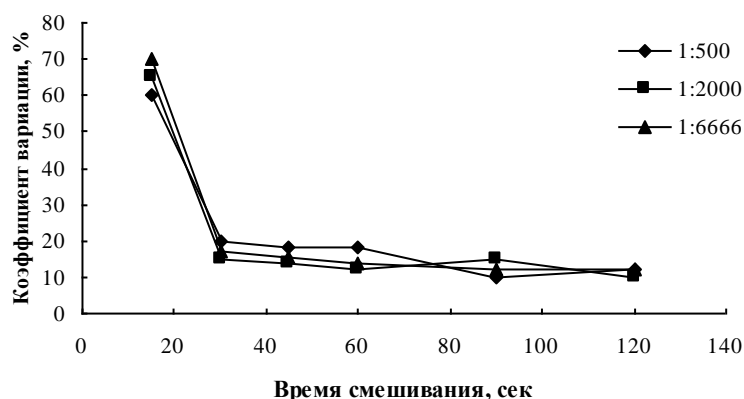


Рис. 3. Динамика коэффициентов вариации распределения меди в комбикорме при разных уровнях разбавления наполнителем (Feil, Strauch, 2006).

Результаты анализа показали, что разбавление сульфата меди не повышало однородность его распределения в комбикорме; через 2 мин смешивания коэффициент вариации концентрации меди во всех вариантах достиг одинаковой величины.

Такие же результаты после 2 мин смешивания были получены в случае замены лопастного смесителя на ленточный, хотя динамика показателей вариации распределения меди в корме в процессе смешивания была различной (рис. 3 и 4). Это, с одной стороны, отражает различия в физике процесса смешивания, характерные для машин двух типов, а с другой стороны, не выявляет заметных преимуществ лопастных смесителей, получивших распространение в последние годы, по сравнению с ленточными по эффективности действия. Преимуществом ленточных смесителей является их меньшая энергоёмкость.

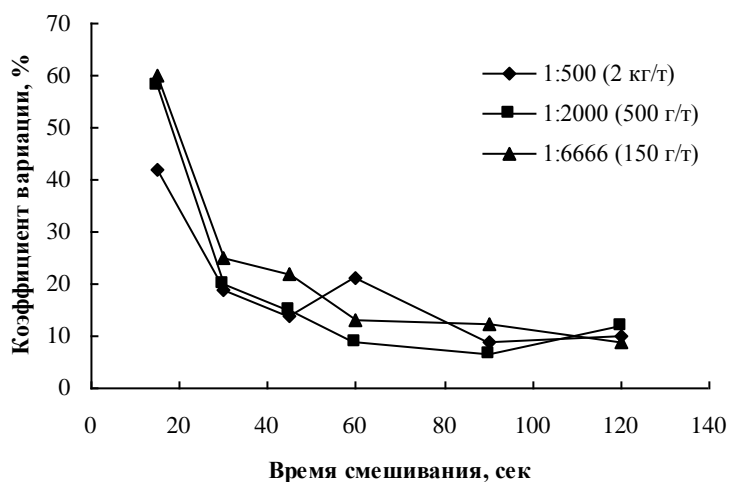


Рис. 4. Динамика коэффициентов вариации распределения меди в комбикорме при использовании ленточного смесителя и разных уровней разбавления наполнителем (Feil, Strauch, 2006)

Приведенные данные ещё раз подтверждают, что разбавление вещества (предварительное смешивание) не влияет на его распределение в объеме смеси. Это вполне естественно, так как при разбавлении не изменялись ни физические свойства вещества, которые определяют его поведение в процессе смешивания, ни число частиц сульфата меди в смеси.

Роль типа маркера для оценки однородности смешивания

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что тестирование смесителя по общепринятой методике подтвердило возможность распределения маркера, внесенного в кормосмесь в дозе 10 г/т (1:100000), с коэффициентом вариации не более 5%. Однако результаты не были подтверждены при замене маркера на медный купорос, доза которого была в 15 раз выше, чем маркера. С увеличением дозы вещества в смеси следовало бы ожидать снижения коэффициента вариации, однако это ожидание было бы правомерным, если бы увеличили дозу того же самого вещества (маркера), то есть вещества с теми же физическими характеристиками. Разбавление медного купороса несколько не приблизило коэффициент вариации до потенциально возможного, установленного с использованием маркера. При этом условия испытаний были одинаковыми, т.е. использовали тот же смеситель и корм, приготовленный по одному и тому же рецепту. Это подтверждает, что распределение веществ в кормосмеси определяется в первую очередь физическими свойствами используемых веществ. Таким образом, природа маркера при тестировании смесителя будет сказываться

ваться на его технических характеристиках. В данном исследовании при использовании специального маркера эффективность смесителя оказалась выше, чем при применении сульфата меди; в первом случае смешивание при соотношении 1:100000 было произведено с коэффициентом вариации не более 5%. При смешивании с сульфатом меди, даже при соотношении 1:6666, коэффициент вариации содержания меди в смеси составил 10%.

Оценивая результаты изучения вариабельности распределения специального маркера и сульфата меди в кормосмеси, можно прийти к выводу, что приготовленная смесь имела разную степень однородности. Однако, согласиться с таким выводом нельзя, поскольку добавление в кормосмесь маркера в дозе 10 г/т или сульфата меди в дозе 150 г/т не могло повлиять на физико-механические свойства основной массы смеси в такой мере, которая могла бы изменить её однородность.

При изложении материала в данной работе употребляется широко распространённое понятие «однородность комбикорма», однако необходимо иметь в виду, что оно не опирается на конкретные технические характеристики, отражающие качество смеси, поэтому нередко вводит в заблуждение специалистов. Правильнее говорить об однородности распределения данного отдельного вещества или нескольких веществ в комбикорме, не забывая при этом, что степень однородности распределения каждого вещества будет различной. К выводу о том, что «...показатель, характеризующий однородность смешивания частиц комбикорма по какому-то одному индикаторному веществу, не является полной характеристикой однородности смеси» ранее пришли Панин И.Г. и Колпаков Ю.М. (2004). Вместе с тем можно указать на широко употребляемый алогизм, когда говорят о распределении премикса (смеси) в комбикорме (смеси). Это, видимо, сложилось потому, что премикс является одним из компонентов комбикорма и практики уделяют внимание словам: «один компонент» корма и при этом в стороне остаётся то, что он является смесью, а не монокомпонентом. При публикации статей, научных отчётов и прочих материалов, авторы, используя понятие «однородность комбикорма», обычно без пояснений подразумевают, что речь идёт о распределении в кормосмеси какого-либо определенного маркерного вещества.

Из вышеизложенного следует, что приводимые в рекламных проспектах или технических характеристиках смесителей указания о том, что «однородность комбикорма $C_v < 5\%$ при соотношении 1:100000» не характеризуют однородность комбикорма. Они характеризуют смеситель, который способен распределить с указанным коэффициентом вариации только конкретный маркер, причем в смеси, имеющей определённые характеристики, тогда как на другие случаи вышеупомянутые указания не могут распространяться. Это утверждение полностью относится ко всем кормовым смесям, включая премиксы.

Подмена правильного выражения «однородность распределения отдельного вещества в комбикорме» на лишённое технического обоснования выражение «однородность комбикорма» выгодно производителям смесителей, потому что оно носит яркий рекламный характер. Паспортную техническую характеристику смесителя, указывающую на эффективность смешивания, нужно воспринимать как сравнительную по отношению к смесителям других конструкций, испытанных по аналогичной методике.

Маркеры, рекламируемые в качестве субстанций для определения однородности комбикорма, находят всё большее распространение, но они отражают заинтересованность в продажах производителей маркеров и оборудования для их определения. Особенно распространены продукты американской фирмы «Micro Tracers, Inc., San Francisco, CA 94124» которая производит маркеры, известные под названием «микротрейсеры» (Eisenberg, Eisenberg, 1992), представляющие собой окрашенные частицы железа определённого размера («Microtraser Red #40») и приборы для их выделения из смесей.

Применение маркеров является оправданным для решения конкретных задач, которые включают: 1) сравнение смесителей между собой на основании изучения эффективности распределения маркера в смеси; 2) выявление изменений технической характеристики

смесителя при эксплуатации с течением времени; 3) выявление изменения физических свойств смеси на основании изучения распределения в ней маркера.

Результаты исследований, опубликованные в работе (Clark et al., 2007), показали, что смешивание набора компонентов для производства комбикорма для цыплят бройлеров по-разному влияло на однородность их распределения в смеси (табл. 7).

*Таблица 7. Коэффициенты вариации содержания отдельных компонентов комбикорма и маркеров однородности смешивания**

№ варианта	Вещество, изучаемое в качестве маркера	Коэффициент вариации, %	
		Время смешивания	
		2,5 мин	5 мин
1	DL- Метионин	14,56	9,47
2	L-Лизин- HCl	16,00	8,70
3	Соль поваренная (по хлору)	12,75	15,08
4	Фосфор	6,46	6,27
5	Марганец	20,80	17,59
6	Микротрейсер Red #40 (по числу частиц)	11,72	10,43
7	Микротрейсер Red #40 (по светопоглощению красителя, смытого с частиц)	20,09	18,64
8	Микротрейсер RF-Blue Lake	25,15	25,54
9	Семдурамицин (Aviax)	16,11	11,23

Примечание: * по данным (Clark et al., 2007).

Увеличение времени смешивания с 2,5 до 5 минут существенно повысило равномерность распределения в корме добавленных аминокислот и семдурамицина и оказало слабое влияние на распределение марганца и микротрейсера, специально предназначенного для тестирования смесителей. После 5 минут смешивания коэффициент вариации состава смеси по изучаемым веществам различался в 3 раза и был в пределах от 6,27 до 18,64%. Лучшей однородностью распределения характеризовались аминокислоты и фосфор, тогда как коммерческий микротрейсер RF-Blue Lake показал наибольшую величину вариации и комбикорм, тестируемый с его применением, следовало бы признать низкокачественным. Высокую неоднородность показал также микротрейсер Red #40. Увеличение времени смешивания до 5 минут снизило однородность распределения поваренной соли. На этот факт следует обратить особое внимание, так как соль иногда рекомендуют использовать в качестве маркера для характеристики однородности производимых кормов. Если вернуться к рис. 1, то можно отметить, что её распределение в смеси очень зависит от крупности помола. К сожалению, в оригинальной публикации авторы вышеприведенной таблицы не привели физические характеристики контролируемых веществ, что затрудняет интерпретацию различий в их поведении при смешивании.

Тестирование смесителей с применением предлагаемых на рынке маркеров даёт возможность только сравнивать смесители между собой, при условии, что используемая при этом смесь обладает одними и теми же физическими характеристиками. Можно также заключить, что при использовании смесителей современных конструкций однородность смесей в большей степени зависит от свойств используемого сырья, чем от особенностей конструкции смесителя. Значения однородности распределения отдельных веществ в кормосмеси были разными и величина, характеризующая распределение любого из них, никак не может быть перенесена на все компоненты смеси, то есть на комбикорм в целом.

Использование сырья с одними и теми же характеристиками для производства комбикорма и премиксов позволяет достигать меньшей вариации распределения БАВ в премиксе. Это обусловлено тем, что в 1%-ных премиксах концентрация БАВ, а соответственно и содержащих их частиц, будет в 100 раз выше, чем в комбикорме, что облегчает возможность более равномерного распределения веществ в премиксе. Даже минимальная доза селенита натрия, добавляемого в корм в количестве 0,445 г/т, в премиксе возрастает до 44,5 г/т.

Согласно теоретическим расчётам, при среднем размере частиц селенита натрия около 150 мкм (размер частиц коммерческого препарата) можно приготовить премикс, в 1 кг которого содержится 8440 частиц с коэффициентом вариации их концентрации, равным 1,11%. Это даёт право производителю премикса характеризовать продукт как высококачественный. В действительности премикс является промежуточным продуктом – сырьём для производителя комбикормов, и с 10 кг премикса в 1 т комбикорма поступит 84440 частиц селенита натрия или 84,4 частицы в расчёте на 1 кг корма. В этом случае коэффициент вариации ожидаемого числа частиц в корме составит 10,9%, а в суточной порции, потребляемой цыплёнком, равной 50 г, $C_v = 48,8\%$. Эти величины выше рекомендуемой для цыплят. Для приготовления корма с ожидаемым коэффициентом вариации селена не более 5%, в нём должно содержаться не менее 400 частиц/кг, что может быть обеспечено при содержании 40000 частиц в 1 кг премикса, при среднем их размере 87,8 мкм (0,088 мм). Из этого следует вывод, что премиксы следует считать качественными, если они произведены с гарантией последующего однородного распределения в комбикорме входящих в их состав БАВ.

Число частиц в 1 кг премикса, равное 40000, обеспечивающее 400 частиц в 1 кг корма, можно считать исходным для любого БАВ, содержание которого в корме будет ожидаться с коэффициентом вариации $\pm 5\%$. Хотя при содержании в 1 кг премикса 40000 частиц коэффициент вариации их ожидаемой концентрации в премиксе составит $\pm 0,5\%$, подтвердить высокое качество премикса, не говоря уже о корме, с достаточной степенью надёжности будет невозможно. Это обусловлено тем, что для химического анализа будет взята навеска массой 3 г, в которой возможное количество частиц (а, следовательно, и содержащегося в них вещества) размером 0,088 мм будет ожидаться с коэффициентом вариации $\pm 9,1\%$. Для того, чтобы подтвердить высокое качество премикса химическим анализом, используя навеску массой 3 г, в 1 кг премикса должно содержаться 133330 частиц. Это требование можно обеспечить путём измельчения селенита натрия до частиц со средним размером 0,059 мм. Однородность распределения селена в комбикорме в этом случае ожидается с коэффициентом вариации $\pm 0,86\%$, однако подтвердить эту высокую однородность его распределения в корме путём химического анализа не удастся, даже если на анализ будет взято 10 г корма, так как коэффициентом вариации ожидаемой концентрации частиц в навеске в этом случае равен $\pm 8,7\%$. Для гарантированного подтверждения высокой однородности приготовленного комбикорма необходимо взять навеску массой не менее 30 граммов, что проблематично, поэтому концентрация селена и ряда БАВ с низкими долями включения в комбикорм относятся к негарантируемым показателям. Это обусловлено не качеством корма, а невозможностью обеспечения в навеске, отбираемой для анализа, достаточного числа частиц БАВ и, соответственно, анализируемого вещества. Методика оценки вариации содержания питательных веществ в разных порциях кормов недавно была изложена в работе (Панин и др., 2009).

Представленные выше расчёты сделаны на примере селенита натрия, как наиболее проблемном БАВ, однако они могут быть выполнены для каждого компонента премикса или комбикорма. Такие расчёты необходимо проводить для веществ, относящихся к микрокомпонентам, и на этом основании определять требования к размеру частиц сырья, позволяющему производить качественные комбикорма и премиксы. Премиксы следует считать качественными, если они произведены с гарантией, подтверждающей указанное количество каждого компонента как в составе премикса, так и в составе приготовленных с их использованием комбикормов. Последнее возможно только при распределении в комбикорме входящих в их состав БАВ с требуемым показателем однородности.

Гранулометрические параметры премиксов, регламентируемые действующими ГОСТ Р 51095-97 и ГОСТ Р 52356-2005, не создают условий для производства не только качественных комбикормов, но и премиксов, поскольку не учитывают необходимость регулирования размера частиц каждого вида сырья. Размеры частиц сырья, используемого для

производства премиксов, должны регулироваться не только в зависимости от количества вещества, достаточного для приготовления однородного премикса, но и с учётом последующего возможного производства однородного комбикорма. Учитывая, что в смеси распределяется не некая масса вещества, а его частицы, в настоящей статье уделено большое внимание именно этому показателю качества. Однако на однородность смесей, кроме числа частиц оказывают влияние и другие физические свойства, которые следует учитывать, но это тема для другого сообщения.

Заключение

Подводя итоги, можно сделать заключение, что не существует единственного показателя и, соответственно, метода, характеризующего однородность комбикорма. Привычное выражение «однородный комбикорм» вводит в заблуждение, как производителей, так и потребителей кормов. Показатель, отражающий однородность распределения в комбикорме какого-то одного индикаторного вещества, не является характеристикой однородности смеси, поскольку не отражает распределение в ней других компонентов. Вопросам оценки «однородности кормов» посвящено немало исследований, но при этом в большинстве из них авторы не указывают число частиц для используемых индикаторных веществ, не всегда указывают природу индикаторного вещества, не приводят гранулометрическую характеристику основного компонента смеси, а также ряд других физических характеристик смешиваемых веществ. Не указываются характеристики смесителей и объём их заполнения. В результате при отсутствии подробного описания условий кормления в экспериментах на животных бывает трудно объяснить те противоречивые выводы, к которым приходят авторы, что вводит в заблуждение практических работников.

Премиксы следует признавать качественными, если они обеспечивают производство комбикормов с однородностью распределения в них критических компонентов не ниже заданной. В сложившейся ситуации потребителям премиксов необходимо понять обоснованность вышеизложенных подходов к требованию качества премиксов и потребовать от производителей выпуска продукции с необходимыми параметрами. Эти параметры должны отражаться в договорах на поставку, поскольку действующий ГОСТ на премиксы не создаёт условий для производства качественных кормов.

В настоящей статье обсуждена только роль количества и размеров частиц добавляемых веществ в обеспечении однородности их распределения в кормосмеси при производстве комбикормов и премиксов, однако следует иметь в виду, что на распределение БАВ в объеме кормовой смеси дополнительно влияют технические возможности смесителя и условия транспорта ее после смешивания, так как эти факторы могут повысить сегрегацию компонентов. На этом основании можно предполагать, что требования к размеру частиц БАВ и их количеству в получаемой кормовой смеси должны быть ещё более строгими, а к самой смеси – более конкретными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В.А. Руководство по технологии комбикормов, белково-витаминно-минеральных концентратов и премиксов. Том 2. Воронеж, 2008, 294 с.
2. Панин И.Г., Колпаков Ю.М. Методика оценки однородности комбикормовой продукции. Аграрная наука, 2004, 8: 21-22.
3. Панин И.Г., Колпаков Ю.М., Шенцова Е.С., Гречишников В.В. Оценка вариации питательных веществ в суточных рационах кормления животных. Комбикорма, 2009, 5: 76-77.
4. Правила организации и ведения технологических процессов производства продукции комбикормовой промышленности. Воронеж, 1997, 286 с.
5. Ahe D.E. Factors affecting uniformity of a mix. Anim. Feed Sci. Technol., 1995, 53: 211-220.
6. Behnke K.C. Effect of particle size on mixing efficiency. Presentation. Iowa Pork Congress, 2005.

7. Bolton Y., Clayton G. Cross Contra? Feed Intern., 2006, 4: 28-29.
8. Clark P.M., Behnke K.C., Poole D.R. Effects of marker selection and mix time on the coefficient of variation (mix uniformity) of broiler feed. J. Appl. Poultry Res., 2007, 16: 464- 470.
9. Eisenberg S., Eisenberg D. Markers in mixer testing: closer to perfection. Feed Manag., 1992, 11: 8-20.
10. Feil A., Strauch W. Direktzugabe von Zusatzstoffen - Teil 2. Feed Magazine/Kraftfutter, 2006, 4: 24-29.
11. Groesbeck C. N., Goodband R. D., Tokach M. D., Dritz S. S., Nelssen J. L., De Rouchey J. M. Diet mixing time affects nursery pig performance. J Anim. Sci., 2007, 85: 1793-1798.
12. Herrman T., Behnke K. Feed manufacturing – testing mixer performance. Bul. MF-1172 Revised, Kansas St. University Cooperative Extension Service, Manhattan, KS, 1994.
13. McCoy R.A., Behnke K.C., Hancock J.D., McElhiney R.R. Effect of mixing uniformity on broiler chick performance. Poultry Sci., 1994, 73(2): 443 - 449.
14. Wicker D.L., Poole D.R. How is your mixer performing. Feed Manag., 1991, 42(9): 40-43.
15. McElhiney R.R., Tangprasertchai P. The effect of dilution levels in premixes on micro ingredient dispersion in animal feeds. Anim. Feed. Sci. Technol., 1983, 8: 139-146.
16. Tech. bull. Rohne Pullenk, 1992, 16.
17. Traylor, S. L., Hancock J. D., Behnke K. C., Stark C. R., Hines R. H. Mix time affects diet uniformity and growth performance of nursery and finishing pigs. Kansas State Univ. Swine Day, 1994: 171 -175.

Поступило в редакцию: 22.03.2010

Получено после доработки: 16.05.2010

To the problem of micro additives mixing uniformity in the manufacture of concentrates and premixes

Kryukov V.S. Pikalova I.N.

Kirov Complete Feed Meal, St. Petersburg, Russia

SUMMARY. In the article the present state of the art of providing mix uniformity of concentrate and premixes with micro ingredients is analyzed, and modern scientific approaches are delineated to allow for production of high quality feed mixes. The role of quantity and dimensions of micro supplement particles is discussed; the effects of dilution with carrier substances and type of markers on mixing uniformity are analyzed. On the author's opinion, these traits must be taken into account by purchases in commercial firms and by developing technical standards since existing standards do not build up the prerequisites needed for manufacture of high quality concentrates and premixes, particularly for chicken and growing pigs.

Key words: concentrates, premixes, micro ingredients, mixing uniformity, markers of uniformity, feed quality

Probl. Biol. Prod. Anim. (Russia), 2010, 2: 97-111

Свидетельство о регистрации средства массовой информации (ПИ № ФС77-28675)
выдано Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны
культурного наследия 22.06.2007 г.

Подписано в печать 28.05.2010 Формат бумаги 84x108/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 12,3 Тираж 500 экз. Отпечатано с готового оригинала-макета в типографии
«Оптим Пресс», г. Обнинск, Гурьянова, 21