

## К ПОНИМАНИЮ ДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ МЕТАЛЛОВ НА БИОДОСТУПНОСТЬ КОМПОНЕНТОВ ЭКСТРУДАТОВ

**В работе приведены результаты экспериментальных исследований по оценке свойств экструдатов с включением высокодисперсных порошков металлов. Выявлен факт селективного изменения биодоступности химических элементов из экструдатов. Получаемые композиции не характеризовались повышением продуктивного действия.**

**Ключевые слова:** корма, обработка кормов, высокодисперсные порошки металлов, экструдирование, переваримость, биодоступность.

Экструдирование является одним из наиболее эффективных и широко применяемых способов обработки сырья в животноводстве, что во многом обусловлено уникальными свойствами, приобретаемыми кормами после экструзии [8]. Вместе с тем в литературе описывается и негативное влияние экструдирования на качество кормов, выражающееся в снижении атакуемости биополимеров пищеварительными ферментами, падении степени усвояемости минеральных веществ из корма, увеличении эндогенных потерь эссенциальных элементов [6].

К числу методов, повышающих биологическую ценность экструдатов, относится способ включения в состав исходного продукта минеральных веществ, например клинкерной пыли (КП) [4, 7].

Скармливание клинкерной пыли в составе экструдированного продукта сопровождается значительным повышением биодоступности химических элементов кормов. Однако известно и отрицательное действие клинкерной пыли, связанное с высоким содержанием в ней токсичных элементов, что влечет за собой их избыточное накопление в тканях тела, а также морфологические и физиологические изменения органов подопытной птицы [7].

В связи с вполне актуальными являются исследования по оценке перспективности использования в экструдатах других, менее токсичных веществ.

В литературе имеются сведения об эффективном использовании высокодисперсных порошков металлов железа, марганца, цинка, меди в кормлении цыплят-бройлеров [3, 5].

Высокодисперсные порошки металлов при введении в организм обладают рядом преимуществ, они малотоксичные, отличаются высо-

кой биодоступностью, могут рассматриваться и как депо при внутримышечном введении [1].

В рамках представляемой работы оценено биологическое действие экструдатов, содержащих высокодисперсные порошки металлов.

### Материалы и методы

На первом этапе были проведены лабораторные исследования по оценке отдельных свойств экструдированных продуктов (удельная поверхность, переваримость сухого вещества «in vitro», биологическая доступность химических элементов), установлен оптимальный состав экструдированной кормосмеси.

Дозировка вводимых в экструдат металлов оптимизировалась с учетом химического состава клинкерной пыли [7].

При проведении исследований были использованы высокодисперсные порошки металлов производства компании Alfa Aesar GmbH & Co KG: железа с размером частиц менее 10 мкм (ЕЕС № 231-096-4) и хрома – 6–9 мкм (ЕЕС № 231-175-3), высокодисперсный порошок меди производства Sigma-Aldrich Chemie GmbH с размером частиц 40 мкм (ЕЕС № 231-159-6). Дозировка металлов, вводимых при экструдировании, составляла: 10 мг хрома, 2 г железа, 30 мг никеля, 0,1 г меди [5].

Второй этап включал в себя эксперимент на модели цыплят-бройлеров с целью оценки действия экструдатов с высокодисперсными порошками металлов на продуктивность, обмен веществ и физиологические характеристики организма птицы.

Для получения экструдата использовали универсальный одношнековый пресс-экструдер ПЭШ-30/1, производительностью 45 кг/ч и мощностью 7,7 кВт. Процесс экструдирования

проходил при давлении 10 МПа и температуре не более 120 °С, при влажности смеси 30% [2].

Оценка удельной поверхности сырья предполагала использование корма, в воздушно-сухом состоянии помещаемого в мерный цилиндр ( $V = 100$  мл,  $d = 25$  мм), с плотностью корма до  $300 \pm 10$  г/л.

Цилиндр с кормом наполняется ацетоном, и после экспозиции 30 мин. избыток ацетона сливается и цилиндр с образцом взвешивается. Пористость по ацетону (в объемн. %) вычисляется по результатам исследований.

Переваримость сухого вещества определяли методом «in vitro» при помощи «искусственного рубца KPL 01» по методике В.В. Попова, Е.Т. Рыбиной в модификации Г.И. Левахина, А.Г. Мещерякова (2003).

Для оценки биодоступности металлов была создана модель искусственного рубца, в который помещались измельченные образцы корма. Образцы погружали в ванну с рубцовой жидкостью, после чего ванну помещали в термостат при температуре 38 °С на 24 часа. Далее образцы ополаскивали водой и погружали на следующие 24 часа в раствор пепсина. По окончании данного периода пробы промывали и сушили до постоянного веса. На основании полученных данных считали переваримость сухого вещества.

Содержание исследуемых элементов определяем согласно ГОСТ 30178-96.

Биодоступность элементов вычисляли в процентах по разнице содержания оцениваемых элементов до и после экспозиции в искусственном рубце.

Исследования на цыплятах-бройлерах были проведены в условиях вивария Оренбургского государственного университета и Всероссийского НИИ мясного скотоводства.

В ходе исследований по принципу аналогов было сформировано две группы цыплят-бройлеров семидневного возраста кросса «Смена 7» по 30 голов в каждой. Бройлеры обеих групп в течение подготовительного периода находились в одинаковых условиях кормления и содержания. Кормление подопытной птицы осуществляли в соответствии с рекомендациями ВНИТИПа (2004). Затем начиная с 20-дневного возраста цыплят-бройлеров опытной группы перевели на рацион, содержащий высокодисперсные порошки металлов (вводили в рацион 1% экструдата). Экструдат включал в себя

отруби пшеничные и высокодисперсные порошки металлов (хром, железо, никель, медь).

Проводился ежедневный учет потребления птицей корма по каждой группе, оценивалось изменение живой массы птицы в течение учетного периода по группам в зависимости от полученного рациона. Для этого ежедневно проводили индивидуальное взвешивание птицы.

С целью оценки влияния опытного корма на интерьерные показатели тела цыплят-бройлеров, а также продуктивность и обмен химических элементов в организме птицы в возрасте 32 дня был проведен убой подопытной птицы. Убой проводился по общепринятой методике.

Для второго эксперимента были отобраны 60 голов цыплят-бройлеров, которые также методом аналогов разделили на две группы ( $n=30$ ). В течение подготовительного периода всю птицу кормили одинаково, с 35-дневного возраста цыплятам-бройлерам заменяли зерновую часть основного рациона на 10% экструдированного продукта.

Изучение химического состава кормов, их остатков, помета, а также биосубстратов подопытных животных производилось по стандартным методикам в независимой аккредитованной испытательной лаборатории ГНУ «Всероссийский НИИ мясного скотоводства» РАСХН (аккредитация Госстандарта России - Росс. RU №00012ПФ59 от 12.05.2000 г.).

Оценка элементного состава корма и биосубстратов цыплят-бройлеров, полученных во время убоя, осуществлялась методом атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии (АЭС-ИСП и МС-ИСП) в испытательной лаборатории АНО «Центр биотической медицины», г. Москва (аттестат аккредитации – ГСЭН. RU. ЦОА. 311, регистрационный номер в государственном реестре – Росс. RU 0001.513118 от 29 мая 2003).

Основные данные, полученные в исследованиях, были обработаны с использованием программ «Excel», «Statistica 6,0». Различия считались достоверными при  $p \leq 0,05$ . Цифровые данные, полученные в ходе проведения исследований, обрабатывались методом вариационной статистики (Гатаулин А. М., 1992) [5].

### **Результаты и обсуждение**

При оценке удельной поверхности образцов выявлено, что экструзионная обработка отрубей сопровождалась повышением показате-

ля пористости, которая возросла относительно нативных отрубей с 42,6 до 51,4%.

Добавление КП и высокодисперсных порошков не оказывает влияния на оцениваемый показатель (табл. 1). Увеличение удельной поверхности продукта в результате экструзионной обработки открывает доступ для активной деятельности микроорганизмов и их ферментов, тем самым интенсифицируя процесс пищеварения. Эти данные подтверждаются исследованиями переваримости сухого вещества испытуемых образцов.

Замена КП высокодисперсными порошками металлов в экструдате в целом не влияет на степень переваримости сухого вещества и составляет порядка 78,2%, что выше экструдированных отрубей на 7,2%.

Исходя из этого, можно заключить, что введение в рацион испытуемой кормовой добавки сопровождается увеличением доступности компонентов всего основного рациона (рис. 1).

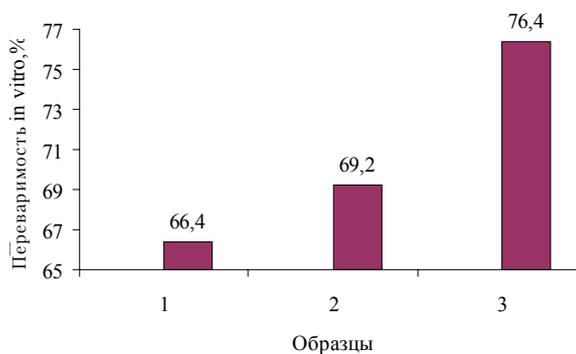
Это можно объяснить тем, что пищевые волокна, входящие в большом количестве в состав исследуемых образцов, в ходе процесса экструдирования при добавлении металлов подвергаются химической модификации, ведущей к изменению свойств продукции.

Данные по биодоступности металлов на модели «in vitro» показывают, что экструдирование способствует повышению степени выхода металлов из корма (табл. 2).

Доступность металлов из отрубей после процесса экструдирования увеличилась по меди на 19,3%, железу 23,1 и цинку на 6,3%.

Введение КП в отруби при экструдировании способствовало повышению биодоступности меди и цинка на 1,0 и 21,3%, а для железа наблюдалось снижение на 3,6% относительно экструдированных отрубей без КП.

Как показывают данные, включение в экструдат высокодисперсных порошков металлов оказало положительное влияние на биодоступность оцениваемых металлов. Так по меди данный показатель повышался почти на 3%, а по железу и цинку – на 7,3 и 21,6%. А по отношению к экструдату с КП оказался выше по меди на 2%, железу и цинку – 10,9 и 0,3% соответственно. То есть при введении высокодисперсных порошков металлов в экструдированный



1 – Основной рацион (ОР);  
2 – ОР + экструдат из отрубей и высокодисперсных металлов (1%);  
3 – ОР + экструдат из отрубей и высокодисперсных металлов (10%).

Рисунок 1. Зависимость переваримости «in vitro» сухого вещества рациона от процента вводимой добавки экструдата

Таблица 1. Удельная поверхность и переваримость «in vitro» сухого вещества экструдированных продуктов, %

Наименование образцов	Пористость, %	Переваримость сухого вещества «in vitro», %
Отруби	42,6±0,89	64,2±1,26
Отруби экструдированные	51,4±2,68*	71,0±0,94
Отруби и КП	42,8±0,75*	67,2±2,88*
Экструдированная смесь отрубей и КП	51,4±1,85*	77,8±4,07
Экструдированная смесь отрубей и металлов (Cu, Fe, Ni, Cr)	50,0±3,91*	78,2±2,28*

Примечание: \* - P<0,05

Таблица 2. Биодоступность микроэлементов «in vitro», %

Наименование образца	Элементы		
	медь	железо	цинк
Отруби	76,1±1,22	69,2±2,30	67,1±2,22
Отруби экструдированные	95,4±7,01	92,3±4,60*	73,4±1,25
Экструдированные смеси отрубей и КП	96,4±4,12**	88,7±1,98**	94,7±2,59**
Экструдированные смеси отрубей и металлов (Cu, Fe, Ni, Cr)	98,38±4,06*	99,6±2,44*	95,0±1,28

Примечание: \* - P<0,05; \*\* - P<0,01

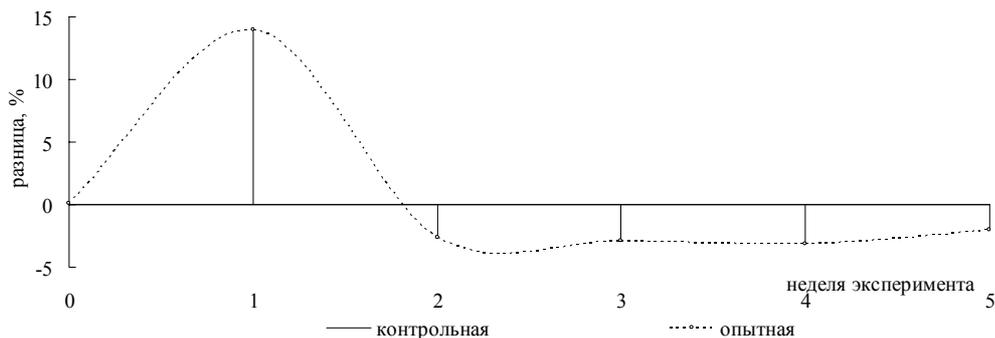


Рисунок 2. Разница по приросту живой массы между контрольной и опытной группами

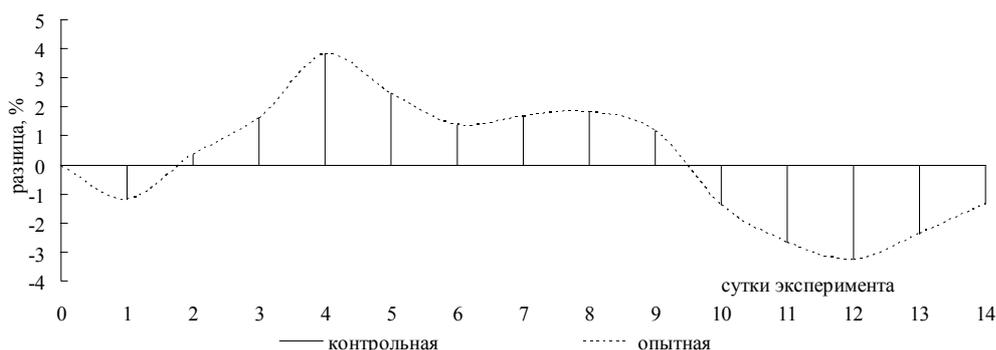


Рисунок 3. Разница по приросту живой массы между контрольной и опытной группами

продукт наблюдается увеличение биодоступности всех оцениваемых металлов.

Более детальное изучение действия экструзионной обработки с включением высокодисперсных порошков было осуществлено на модели цыплят-бройлеров.

Как следует из результатов исследований, добавление в рацион опытной группы экструдированного продукта с высокодисперсными порошками металлов повысило поедаемость корма на 0,21% относительно контрольной группы.

Получение экструдированной смеси отрубей и микропорошков металлов (Cu, Ni, Zn, Cr) не оказало выраженного влияния на динамику живой массы птицы в опытной группе, различия по живой массе были недостоверными (рис. 2).

Как следует из полученных данных, введение в рацион подопытной птицы 1% экструдированной смеси отрубей и микропорошков металлов существенно не отражалось на интенсивности роста. Включение высокодисперсных порошков металлов сопровождалось незначительным увеличением поступления минеральных веществ в рационы кормления опытной

группы. Результаты эксперимента не выявили определенных закономерностей в динамике роста подопытной птицы. Это обусловило необходимость увеличения дозы экструдированного продукта с высокодисперсными порошками металлов в общем рационе, а следовательно, и проведение второго опыта.

Во второй серии исследований, при замене 10% зерновой части общего рациона, в ходе всего учетного периода средняя живая масса птицы опытной группы, получавшей экструдированный продукт с высокодисперсными порошками металлов, достоверных различий с контрольной группой по живой массе не дала.

Для более полной характеристики сравниваемых групп был рассчитан прирост подопытных бройлеров (рис. 3).

Согласно полученным данным экструдированный продукт с высокодисперсными порошками металлов способствовал увеличению переваримости сухого вещества и биодоступности химических элементов из экструдата. Но добавление в рацион птицы экструдированного продукта с высокодисперсными порошками металлов не отразилось на интенсивности роста подопытных цыплят-бройлеров.

**Список использованной литературы:**

1. Богословская, О.Я. Изучение безопасности введения наночастиц меди с различными физико-химическими характеристиками в организм животных / О.Я. Богословская, Е.А. Сизова, В.С. Полякова, С.А. Мирошников, И.О. Лейкунский, И.П. Ольховская, Н.Н. Глущенко // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. - № 2. – С. 47-49.
2. Васильева, Т.В. Экструзионные продукты / Т.В. Васильева // Пищевая промышленность. – 2003. - №12. – С. 19-20.
3. Ле Вьет, Фьюнг. Использование высокодисперсных порошков железа, меди, марганца, цинка в премиксах цыплят-бройлеров: Дис. канд. с.-х. наук / Ле Вьет Фьюнг. – М.: РГБ, 2006 (Из фонда Российской государственной библиотеки).
4. Неретин, Н.А. Влияние электроактивированной клинкерной пыли на использование питательных веществ, энергии и мясную продуктивность бычков симментальской породы при откорме на барде: Дис. на соиск. учен. степ. канд. сельскохоз. наук / Н.А. Неретин. – Оренбург, 2000. – 127 с.
5. Нестеров, Д.В. Применение цинка в различных формах в качестве катализатора экзогенных ферментов / Д.В. Нестеров, С.А. Мирошников, Т.Н. Холодилина // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2008. - № 12. – С. 52-55.
6. Соколова, О.Я. Значение экструдированных кормов в регулировании обмена условно токсичных и эссенциальных микроэлементов в организме кур-несушек / О.Я. Соколова, С.А. Мирошников, Е.А. Дроздова, Т.Н. Холодилина // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2006. - № 12. – С. 232-234.
7. Тиманова, А.С. Использование клинкерной пыли как фактора, способствующего повышению биологической доступности веществ экстрадатов / А.С. Тиманова, С.А. Мирошников, О.Я. Соколова, Т.Н. Холодилина // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2006. - № 12. – С. 258-259.
8. Холодилина, Т.Н. Биодоступность зольных элементов из экстрадосодержащих рационов / Т.Н. Холодилина, С.А. Мирошников, А.И. Гречушкин, Е.А. Дроздова, Г.Б. Зинюхин // Вестник Оренбургского университета. – 2007. - № 12. – С. 214-215.

**Сведения об авторах:**

Курилкина М.Я., аспирант Всероссийского НИИ мясного скотоводства Россельхозакадемии  
460000, г. Оренбург, ул. 9 января, 29, e-mail: Vniims.or@mail.ru

Мирошников С.А., исполнительный директор Института биоэлементологии Оренбургского  
государственного университета, профессор, доктор биологических наук  
460352, г. Оренбург, пр. Победы, 13, e-mail: inst bioelement@mail.ru

Холодилина Т.Н., старший преподаватель кафедры экологии и природопользования Оренбургского  
государственного университета, кандидат сельскохозяйственных наук  
460352, г. Оренбург, пр. Победы, 13, e-mail: inst bioelement@mail.ru

Ваншин В.В., старший научный сотрудник, доцент кафедры технологии пищевых производств,  
кандидат сельскохозяйственных наук  
460352, Россия, г. Оренбург, пр. Победы, 13.

Kurilkina M.Ya., Miroshnikov S.A., Kholodilina T.N., Vanshin V.V.

On understanding of influence of superfine metal powder on bioavailability of extrudates components  
The article presents results of experimental investigation over evaluation of features of extrudates containing  
superfine metal powder. The authors discover data on selective change of bioavailability of chemical elements  
from extrudates. Received compositions could not be characterized by increase in productive effect.

Key words: fodder, fodder treatment, superfine metal powder, extrusion, digestion, bioavailability

**Bibliography:**

1. Theological, O.Y. Study of security administration copper nanoparticles with different physical and chemical characteristics to animals / O.Y. Theological, EA Sizov, V.S. Polyakov, S.A. Miroshnikov, I.O. Leykunsky, I.P. Olkhovskaya, N.N. Glushchenko // Bulletin of the Orenburg State University. - 2009. - № 2. - S. 47-49.
2. Vasil'eva, T. Extrusion products. / T. Vasilieva // Food Industry. - 2003. - № 12. - S. 19-20.
3. Le Viet Fyung. Use of highly dispersed powders of iron, copper, manganese. Zinc premix in broiler chickens: Dis. Cand. Agricultural Science / Le Viet Fyung. - M: RSL, 2006 (from the fund of the Russian State Library).
4. Neretin, N.A. Influence electroactivated clinker dust on the use of nutrients, energy and meat productivity of bulls in fattening Simmental on residues: Dis. on soisk. scholar. step. Kand. Agricultural. Science / N.A. Neretin. - Orenburg: 2000. - 127 pp.
5. Nesterov, D.V. The use of zinc in various forms as a catalyst for exogenous enzymes / D.V. Nesterov, S.A. Miroshnikov, T.N. Kholodilin // Bulletin of the Orenburg State University. - 2008. - № 12. - S. 52-55.
6. Sokolov O.Y. The value of extruded feeds in the regulation of exchange conditionally toxic and essential trace elements in the body of laying hens / O.Y. Sokolova, S.A. Miroshnikov, E.A. Drozdova, T.N. Kholodilina // Bulletin of the Orenburg State University. - 2006. - № 12. - S. 232-234.
7. Timanova, A.S. Using the clay dust as a factor contributing to increased bioavailability of substances extrudates / A.S. Timanova, S.A. Miroshnikov, O.Y. Sokolova, T.N. Kholodilina // Bulletin of the Orenburg State University. - 2006. - № 12. - S. 258-259.
8. Kholodilin, T.N. Bioavailability of mineral elements from ekstrudsoderzhaschih rations / T.N. Kholodilina, S.A. Miroshnikova, A.I. Grechushkin, E.A. Drozdova, G.B. Zinyuhin // Bulletin of the Orenburg University. - 2007. - № 12. - S. 214-215.