

# ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНОЙ ФОРМЫ РАЦИОНА НА ПИЩЕВОЕ ПОВЕДЕНИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ ЖКТ БРОЙЛЕРОВ

В исследованиях, проводимых в последние десятилетия, все больше внимания уделяется тому факту, что высокая продуктивность в птицеводстве зависит не только от компонентного состава корма и его питательной ценности. Физическая и структурная форма рациона имеет не меньшее значение. В гранулированном корме под структурной формой понимается как структура гранулы (макроструктура), так и структура частиц, входящих в ее состав (микроструктура). Макроструктура непосредственно связана с более высоким потреблением корма, она способствует улучшению его конверсии и увеличению приростов животных и птицы. Микроструктура оказывает значительное влияние на функциональность пищеварительного тракта, в первую очередь благодаря стимуляции мускульного желудка. Многочисленные исследования продемонстрировали, что добавление в рацион таких структурных элементов, как овсяная шелуха, древесные опилки, цельные зерна или крупные их частицы, стимулирует развитие мускульного желудка (Biggs и Parsons, 2009; Svihus, 2011). Установлено, что уменьшение относительного размера желудка и другие связанные с этим нарушения функций кишечника вызваны недостатком «микроструктуры» в рационе птицы (Engberg, Hedemann и Jensen, 2002; Svihus и соавт., 2004; Zaefarian, Abdollahi и Ravindran, 2016). Более грубое измельчение зерна, которое обеспечивается увеличением размера отверстий сита в молотковой дробилке, может стать подходящим способом решения данной проблемы. Помимо стимулирующего действия крупных частиц на желудок, их производство способствует снижению издержек, так как уменьшается расход энергии на стадии измельчения. Согласно исследованию A.F. Vukmirović и соавт. (2017) удельный расход энергии на тонну измельченного материала на сите с отверстиями диаметром 3 мм был на 3,5 и 5% выше, чем при использовании сит с отверстиями 6 и 9 мм, соответственно. Таким образом, регулировка размера отверстий сита в дробилке будет одновременно способствовать улучшению питательной ценности корма и снижению затрат на его производство.

Однако необходимо учитывать, что крупные частицы корма в процессе его гранулирования подвергаются измельчению. Гранулы формируются в тот момент, когда пресс-валцы проталкивают частицы кормовой смеси через фильеры матрицы и возникают значительные

дополнительные усилия сдвига (Svihus и соавт., 2004; A.F. Vukmirović и соавт., 2017). При этом количество крупных частиц (размером более 2 мм) снижается, а мелких (менее 0,075 мм) увеличивается (Abdollahi и соавт., 2011).

Принимая во внимание преимущества использования частиц грубого помола, важно найти альтернативный способ их сохранения в рационе бройлеров. В связи с этим был исследован метод сохранения микроструктуры, при котором наиболее крупные частицы, образующиеся в процессе измельчения, не подвергались бы гранулированию. Таким образом, была выдвинута гипотеза о том, что смешивание крупных частиц и гранул позволит поддерживать высокое потребление корма и стимулировать развитие мускульного желудка.

## РАЦИОНЫ В РАМКАХ ИССЛЕДОВАНИЯ

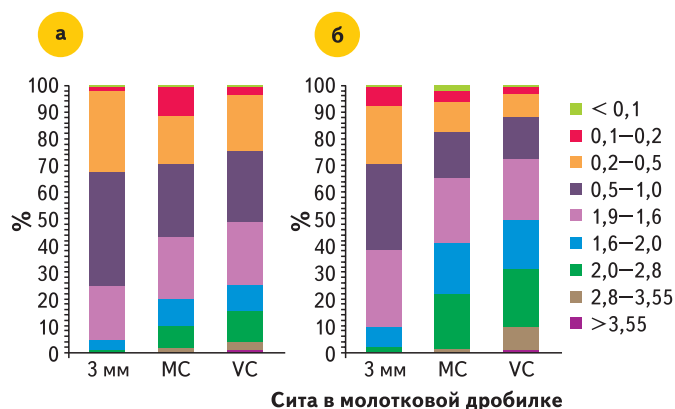
Экспериментальные рационы были разработаны в Центре технологий кормления Норвежского университета естественных наук (Centre for Feed Technology, Norwegian University of Life Sciences). Их состав представлен в таблице 1.

Таблица 1. Состав рационов

Компонент	Количество, г/кг
Пшеница	433,0
Кукуруза	250,0
Соевый шрот	200,0
Кукурузный глютен	40,0
Соевое масло	36,0
Премикс SLK 1,5%*	16,0
Известняковая мука	9,0
Монокальцийфосфат	9,0
Диоксид титана	5,0
Соль	2,0
Гидрокарбонат натрия (пищевая сода)	2,0

\*Премикс содержит (в расчете на 1 кг корма): Fe — 42,7 мг; Mn — 128 мг; Zn — 96 мг; Cu — 16 мг; I — 1,33 мг; Se — 0,32 мг; Vit. A — 10 600 ME; Vit. D<sub>3</sub> — 4400 ME; Vit. E — 75 мг; Vit. K<sub>3</sub> — 4,3 мг; Vit. B<sub>1</sub> — 3,2 мг; Vit. B<sub>2</sub> — 8 мг; Vit. B<sub>6</sub> — 4,8 мг; Vit. B<sub>12</sub> — 0,032 мг; Са-D-пантотенат — 16 мг; ниацин — 69 мг; биотин — 0,32 мг; фолиевая кислота — 2,13 мг; холин — 1340 мг; бетаин — 530 мг; 6-фитазы 3.1.3.26 4a18 — 1066 FYT; β-ксилаза 3.2.1.8 — 1707 FXU.

Пшеницу и кукурузу измельчали в молотковой дробилке на ситах с отверстиями диаметром 3 мм и на двух новых ситах (заявка на патент подана), что позволяет получить три различных гранулометрических состава. Дробилка оснащена электродвигателем мощностью 18,5 кВт, работающем при 18 А; ротор с 24-мя молотками толщиной 6 мм; скорость вращения — 98 м/с; расстояние между молотками и ситом — 15 мм. Распределение частиц по размерам при каждом измельчении определялось методом сухого просеивания. Гранулометрический состав частиц представлен на рисунке.



Сита в молотковой дробилке

Гранулометрический состав измельченных кукурузы (а) и пшеницы (б) с использованием сит диаметром 3 мм, МС (частицы средней крупности) и ВС (очень крупные частицы)

Для производства трех вариантов кормов, состоящих только из гранул, измельченные пшеница и кукуруза из каждого помола смешивались с другими компонентами, обрабатывались паром и гранулировались в пресс-грануляторе производительностью 1,2 т/ч (электродвигатель 37 кВт, 350 об/мин), на котором установлена матрица толщиной 42 мм с отверстиями диаметром 3 мм. Зазор между пресс-вальцами и матрицей 0,5 мм. Чтобы измерить температуру гранул после гранулирования, образцы сразу же помещались в изолированный бокс, оснащенный термометром.

Для использования в четырех смешанных рационах (смесь гранул и зерна различной степени помола) кукурузу и пшеницу измельчали с применением двух новых сит. На них получали очень крупные или средней крупности частицы. После этого их просеивали на вибростоле, работающим при постоянной скорости и оснащенном ситом с отверстиями размером 2 мм. Крупные частицы отделялись от мелких и классифицировались как зерно грубого помола после первого просеивания. Затем его еще раз просеивали на том же вибростоле для того, чтобы отделить оставшиеся мелкие частицы. Сход с сита назвали грубо измельченное зерно после двух просеиваний. Мелкие частицы, полученные в

результате первого и второго просеиваний, направлялись в тот же пресс-гранулятор, что описан выше.

После гранулирования корм поступал в охладитель, который работает по принципу противоточного теплообмена, когда гранулы и поток холодного воздуха движутся в противоположном направлении. Скорость их подачи, температура пара и гранул после гранулирования, твердость и индекс прочности гранул были измерены для каждого рациона (табл. 2).

Таблица 2. Параметры процесса гранулирования и индекс прочности гранул

Рацион	Скорость подачи гранул, кг/ч	Температура увлажненного паром корма, °С	Температура гранул после гранулирования, °С	ИПГ, %
SP	800	75,00	82,00	85,43
VCP	800	75,00	81,50	82,00
VCPM1	600	82,00	83,60	89,37
VCPM2	600	82,00	83,00	92,97
MCP	800	75,00	82,00	82,07
MCPM1	600	82,00	82,90	90,77
MCPM2	600	82,00	83,10	90,73

Примечание: ИПГ — индекс прочности гранул; SP — стандартные гранулы; VCP — гранулы, содержащие крупные частицы измельченного зерна; VCPM1 — зерно очень грубого помола, смешанное с гранулами, содержащими мелкие частицы после одного просеивания; VCPM2 — зерно очень грубого помола, смешанное с гранулами, содержащими мелкие частицы после двух просеиваний; MCP — гранулы, содержащие частицы среднего размера; MCPM1 — зерно умеренного помола, смешанное с гранулами, содержащими мелкие частицы после первого просеивания; MCPM2 — зерно умеренного помола, смешанное с гранулами, содержащими мелкие частицы после второго просеивания.

Для получения смешанных рационов охлажденные гранулы смешивали в двухвальном смесителе с очень крупной фракцией измельченного зерна. Гранулы, в которых использовалась мелкая фракция после первого просеивания, смешивали с оставшимися крупными фракциями, полученными после очень грубого (27,8% пшеницы и 12,1% кукурузы) и умеренного (26,5% пшеницы и 10,2% кукурузы) измельчения. Они представляли собой рационы, условно названные как «зерно очень грубого помола, смешанное с гранулами, содержащими мелкие частицы после первого просеивания (VCPM1)» и «зерно умеренного помола, смешанное с гранулами, содержащими мелкие частицы после первого просеивания (MCPM1)». Соответственно два других рациона были получены из очень грубо измельченного зерна (26,0% пшеницы и 9,1% кукурузы), смешанного с гранулами, содержащими мелкие частицы после двух просеиваний (VCPM2), и умеренно измельченного зерна (22,2% пшеницы и 7,2% кукурузы), смешанного с гранулами, содержащими мелкие частицы после двух просеиваний (MCPM2). В качестве маркера пищеварения использовался диоксид титан (TiO<sub>2</sub>) в количестве 5 г на 1 кг корма. Все

Таблица 3. Физическая структура экспериментальных рационов

Рацион	Измельчение	Полностью гранулированный	Смешанный (гранулы:россыпь)	Измельченное зерно после одного просеивания	Измельченное зерно после двух просеиваний
SP	Фракция 3 мм	Да	—	—	—
VCP	Грубое	Да	—	—	—
VCPM1	Грубое	—	Да (60:40)	Да	—
VCPM2	Грубое	—	Да (65:35)	—	Да
MCP	Умеренное	Да	—	—	—
MCPM1	Умеренное	—	Да (63:37)	Да	—
MCPM2	Умеренное	—	Да (71:29)	—	Да

рационы были идентичными по составу и содержанию питательных веществ, единственное различие заключалось в их физической структуре. Ее описание представлено в таблице 3, химический состав рационов — в таблице 4.

### УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Эксперимент проводили в мае 2021 г. на птицефабрике Центра животноводства Норвежского университета естественных наук. В общей сложности 3150 цыплят-бройлеров кросса Ross 308 в суточном возрасте разместили случайным образом в 63 загонах (2,4 м × 1,9 м) по 50 особей. Цыплята содержались на подстилке из древесных опилок при средней температуре в помещении 33,8°C, которая снижалась на 1°C каждые два дня до достижения ими 21-дневного возраста. Световой день во всех загонах в первый день составлял 23 ч, начиная со второго дня — 18 ч и 6 ч темнота. Загоны были оборудованы двумя кормушками и устройством ниппельного поения с пятью ниппелями на линии, доступ к воде и корму был свободным в течение всего эксперимента. До 10-го дня жизни цыпленка получали стартовый гранулированный корм, с 10-го дня — семь экспериментальных рационов, случайным образом распределенных между девятью повторными загонами, их скармливали до 34 дня. Регистрировали потребление корма, отслеживали падеж и прирост живой массы на 10, 17 и 34-й день жизни птицы. На 12-й день в каждом загоне под кормушками, куда подавались корма VCP, VCPM1 и VCPM2, были разложены бумажные листы размером 1 × 1 м для сбора помета через 4 ч после их размещения и учета просыпанного корма. До начала гранулометрического анализа частицы образцы помета хранили в морозильной камере при температуре –20°C.

### ОЦЕНКА ПИЩЕВОГО ПОВЕДЕНИЯ

На 27-й день было проведено наблюдение за пищевым поведением птицы, потреблявшей рационы MCP, MCPM1 и MCPM2, без лишнего вмешательства в ее жизнь. В течение четырех минут, через каждую минуту, регистрировали количество особей, которые ели или стояли близко и по направлению к кормушке. Процент поедающих корм цыплят рассчитывали путем деления их общего числа, наблюдаемого за четыре минуты, на общее число в загоне в этот день.

Таблица 4. Химический состав экспериментальных рационов, г/кг

Рацион	Сухое вещество	Сырой протеин	Крахмал	Сырой жир
SP	876	201,5	399,0	51,0
VCP	884	208,0	386,0	55,0
VCPM1	888	195,0	391,0	51,0
VCPM2	881	195,0	370,0	53,0
MCP	882	208,0	386,0	55,0
MCPM1	880	195,0	397,0	50,0
MCPM2	880	201,5	396,0	51,0

Для оценки предпочтительного птицей размера частиц кормов VCPM1 и MCPM2 кормушки опустошали и наполняли заново, а перед тем, как дать цыплятам доступ к корму, собирали репрезентативные образцы. Через 1, 2, 3 и 4 ч собирали весь корм в одной из шести секций кормушки, при этом каждый последующий час секция менялась.

### ПРЕПАРИРОВАНИЕ И ОТБОР ПРОБ ХИМУСА

На 32-м дне жизни цыпленка из каждого загона случайным образом выбирали по одной особи и проводили их убой (в соответствии с Директивой 2010/63/EU). Полость тела вскрывали, удаляли околожелудочный жир и регистрировали вес и pH желудка с содержимым и без него. pH измерялся путем введения зонда в сердцевину желудка через переднее отверстие. Образцы химуса из двенадцатиперстной кишки, верхней и нижней части тощей кишки, верхней и нижней части подвздошной кишки собирались вручную путем осторожного выдавливания содержимого и сразу же отправлялись на хранение в морозильную камеру при температуре –20°C.

### ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Репрезентативные пробы корма измельчали в режущей лабораторной мельнице, в которой применялись сита с отверстиями размером 0,5 мм и 1 мм, а помет и содержимое подвздошной кишки — с помощью ступки и пестика. Количество сухого вещества в корме и в содержимом кишечника, их зольность определяли после высушивания при температуре 105°C в течение ночи и озоления при 550°C

в течение 12 ч, соответственно. Общий азот в корме — по методу Къельдаля (пересчет на сырой протеин N x 6,25). Содержание титана (Ti) в рационе, экскрементах, содержимом тощей и подвздошной кишки — в соответствии с методом для расчета переваримости, описанным Short и соавт. (1996). Количество крахмала устанавливали путем ферментации в присутствии термостабильной альфа-амилазы и амилоглюкозидазы (McCleary, Solah и Gibson, 1994). Видимую переваримость питательных веществ (крахмала и белка) рассчитывали по формуле:

$$100 - 100 \times \frac{\text{TiO}_2 \text{ в рационе}}{\text{TiO}_2 \text{ в содержимом желудка}} \times \frac{\text{Количество питательного вещества в содержимом желудка}}{\text{Количество питательного вещества в рационе}}$$

### ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ

Гранулометрический состав образцов измельченного зерна, семи экспериментальных рационов и образцов, полученных в ходе теста на предпочтение птицей частиц, исследовался с помощью ситового анализа (диаметр сит: 3,55 мм, 2,8 мм, 2 мм, 1,6 мм, 1 мм, 0,5 мм, 0,2 мм, 0,1 мм и поддон). Примерно по 100 г каждого образца помещали в верхнее сито, затем пробу встряхивали в течение 1 мин в аналитической просеивающей машине при амплитуде 1,2 мм/г.

Мокрому просеиванию подвергали все семь рационов и собранные образцы помета. Основной принцип мокрого просеивания заключался в точном определении гранулометрического состава микроструктур, представленных в гранулах. Репрезентативные пробы весом по 100 г замачивались в 500 мл водопроводной воды на два часа, образцы помета — только на 30 мин. Затем их последовательно пропускали через сита (0,1 мм, 0,2 мм, 0,5 мм, 1 мм, 1,6 мм, 2 мм, 2,8 мм и 3,55 мм) с избытком воды, как описано в работе Rodgers и соавт. (2012). Амплитуда движения жидкости составляла 1,2 мм, время просеивания — около 9 мин. После высушивания сит с частицами при температуре 104°C в течение ночи вычисляли процентное соотношение сухого вещества, остав-

шегося на каждом сите, и использовали его для расчета гранулометрического состава.

Для определения гранулометрического состава содержимого двенадцатиперстной, тощей и подвздошной кишки использовали лазерный дифракционный анализатор размера частиц Malvern Mastersizer S. Примерно 5–6 г образца растворяли в дистиллированной воде, диспергировали в диспергаторе и пропускали через оптический блок, в котором диспергированный образец попадает под луч лазера. Набор детекторов регистрирует интенсивность рассеянного частицами света (от двух источников — красного и синего) в широком диапазоне углов. Фокусное расстояние составляло 300 мм, глубина ячейки — 24 мм. Результаты отображались в виде объема и диаметра (D-форма) частиц в любом заданном диапазоне. Среднее значение (D50) распределения размера частиц на основе объема — это размер (в микронах), при котором 50% частиц измеренного объема образца больше этого размера, а 50% — меньше (Malvern Operator Guide, 1999).

### СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Данные были обработаны методом одностороннего дисперсионного анализа ANOVA (ANalysis Of VAriance) с применением статистических программ SAS и языка программирования R. При этом использовалась общая линейная модель и уравнение:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij},$$

где  $Y_{ij}$  — измеряемая переменная,

$\mu$  — общее среднее значение,

$T_i$  — эффект от применения экспериментальных рационов,

$\varepsilon_{ij}$  — случайная ошибка.

По материалам «British Poultry Science», октябрь, 2024 («Effect of grinding method and extent of pelleting of broiler diets on performance, feeding behavior and digestive tract functionality», S. Dhakal, H. Hetland & B. Svihus). ■

*Результаты эксперимента*

*будут опубликованы в следующем номере.*

*Перевод: Елена Четверова, компания ALB Group*



### ИНФОРМАЦИЯ

**ГК «Агропромкомплектация»** начала поставку свиней со своих новых свинокомплексов в Рязанской области — «Поплевинского» и «Моловского». Первые партии животных были отгружены на Курский и Дмитрогорский мясоперерабатывающие заводы (КМПЗ и ДМПЗ, входят

в группу компаний). Ежедневно на КМПЗ и ДМПЗ рязанские свинокомплексы направляют четыре машины по 165 голов в каждой. Средний вес одного животного составляет 125 кг. В дальнейшем, когда «Поплевинский» и «Моловский» выйдут на полную производственную мощность, объем

поставок увеличится. В частности, в декабре свинокомплексы отгрузят 17 260 свиней на убой: суммарно КМПЗ и ДМПЗ примут 16 300 голов, еще 960 голов будут поставлены сторонним контрагентам.

*По материалам  
apkholding.ru / press-tsentr /*