

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА КЛЕТЧАТКИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА

А. Я. РАЙХМАН

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 17.03.2025)

Изучена эффективность применения рационов с различным уровнем кислотно-детергентной клетчатки, который зависит от фазы вегетации растения при их консервировании. Выполнена оптимизация рационов с кормами разного качества в зависимости от уровня непереваримой клетчатки в них. Обнаружено, что при повышении уровня лигнизированной клетчатки, возрастает потребность в концентрированных кормах и снижается эффективность производства. Эта закономерность проявляется особенно ошутимо при высоких надоях, когда доля концентрированных кормов возрастает от 4,24 до 9,77 кг, и рентабельность производства снижается на с 47,56 до 23,74 % соответственно.

Ключевые слова: кормовые смеси, комбикорма, математическое моделирование в Excel, оптимизация рационов, кислотно-детергентная клетчатка.

The efficiency of using diets with different levels of acid-detergent fiber, which depends on the phase of plant vegetation during their preservation, was studied. Optimization of diets with feed of different quality was performed depending on the level of indigestible fiber in them. It was found that with an increase in the level of lignified fiber, the need for concentrated feed increases and production efficiency decreases. This pattern is especially noticeable at high milk yields, when the share of concentrated feed increases from 4.24 to 9.77 kg, and production profitability decreases from 47.56 to 23.74 %, respectively.

Key words: feed mixtures, compound feed, mathematical modeling in Excel, diet optimization, acid-detergent fiber.

Введение. Современные достижения науки о кормлении животных свидетельствуют о необходимости более точного подхода в нормировании углеводов, особенно при составлении рационов для молочного скота.

Углеводы – основной источник энергии, а также материал, обеспечивающий нормальную моторику преджелудков. Объектом наших исследований было установить влияние различных фракций клетчатки на состав рационов коров и эффективность производства молока при использовании кормов, заготовленных в разные фазы созревания растений [11].

Особое место занимает качество клетчатки в консервированных кормах из трав. Современная схема зоотехнического анализа выделяет

два ключевых показателя для оценки качества, это – нейтрально-детергентная клетчатка (НДК) и кислотно-детергентная клетчатка (КДК). Они используются в кормлении животных для балансировки рационов и оптимизации продуктивности.

Кислотно-детергентная клетчатка (КДК) – это фракция корма, которая остается после обработки образца кислотным детергентом (раствором серной кислоты и цетилтриметиламмония бромид, СТАВ) в условиях кипячения. Этот метод позволяет выделить наиболее устойчивые к перевариванию компоненты клеточной стенки растений, такие как целлюлоза и лигнин, в то время как гемицеллюлоза и другие растворимые компоненты разрушаются.

КДК является важным показателем в оценке кормов, так как она отражает содержание трудноперевариваемых компонентов, которые практически не усваиваются животными. Высокое содержание КДК в корме указывает на низкую питательную ценность и может снижать общую перевариваемость корма. Однако лигнин, входящий в состав КДК, играет важную роль в формировании структуры растений и может влиять на доступность других питательных веществ. В табл. 1 представлено содержание КДК в грубых кормах и кукурузном силосе в зависимости момента скашивания растений при их консервировании [12, 13].

Таблица 1. Содержание КДК в кормах по фазам вегетации, г/кг натурального корма

Фаза вегетации	Сено	Сенаж	Силос	Комбикорм
Ранняя фаза	374	1344	840	288
Средняя фаза	498	1680	1050	344
Фаза колошения	498	1680	1050	399

Превышение уровня кислотно-детергентной клетчатки (КДК) на каждые 10 % сверх нормы может привести к снижению потребления кормов примерно на 5–10 %. Это снижение связано с:

1. Уменьшением аппетита у коров: Избыточное содержание клетчатки увеличивает наполнение рубца, что замедляет процесс переваривания и создает ощущение сытости у животного.

2. Снижением энергетической доступности: Корма с высоким содержанием КДК предоставляют меньше энергии, что влияет на общее потребление сухого вещества.

3. Увеличением нагрузки на пищеварительную систему: Сложности в переработке избыточной клетчатки могут снижать эффективность потребления корма.

Принципиальная разница между НДК и КДК) заключается в их составе и способе выделения, что отражает их устойчивость к перевариванию и питательную ценность для животных.

Тогда как НДК служит источником энергии для жвачных животных за счет ферментации гемицеллюлозы и части целлюлозы, КДК не является источником энергии, так как лигнин и целлюлоза в её составе практически не усваиваются. Это обстоятельство положено в основу снижения питательной ценности кормов с высоким содержанием КДК [11, 13].

Влияние клетчатки на моторику преджелудков у молочных коров является критически важным аспектом их физиологии и здоровья. Клетчатка, особенно грубая клетчатка, играет ключевую роль в поддержании нормальной работы рубца, сетки и книжки. Моторика преджелудков – это сократительная активность мышц рубца, сетки и книжки, которая обеспечивает:

- Перемешивание содержимого рубца.
- Переваривание корма микроорганизмами.
- Отрыгивание газов (например, метана) и жвачки.
- Продвижение переваренного корма в следующие отделы желудочно-кишечного тракта.

Нормальная моторика преджелудков необходима для эффективного переваривания корма, усвоения питательных веществ и поддержания здоровья коровы.

Роль клетчатки в моторике преджелудков:

а) Стимуляция сокращений рубца:

- Грубая клетчатка (например, сено, солома) механически раздражает стенки рубца, стимулируя его сокращения.
- Эти сокращения обеспечивают перемешивание корма, что способствует равномерной ферментации микроорганизмами.

б) Формирование жвачки:

- Клетчатка способствует образованию жвачки, которая необходима для повторного пережёвывания корма.
- Жвачка улучшает измельчение корма, что повышает его доступность для микроорганизмов рубца.

в) Поддержание pH рубца:

- Клетчатка стимулирует слюноотделение, которое нейтрализует кислоты, образующиеся при ферментации корма.
- Это помогает поддерживать оптимальный уровень pH в рубце (6,0–6,5), что важно для здоровья микрофлоры.

d) Предотвращение застоя корма:

- Достаточное количество клетчатки в рационе предотвращает застой корма в рубце, что снижает риск развития заболеваний (например, атонии рубца).

При недостатке клетчатки в рационе моторика преджелудков нарушается, что приводит к:

- Снижению сократительной активности рубца: Корм плохо перемешивается, что ухудшает его переваривание.

- Уменьшению образования жвачки: Корм недостаточно измельчается, что снижает его доступность для микроорганизмов.

- Снижению слюноотделения: так как слюна имеет щелочную реакцию, это приводит к закислению рубца (ацидозу), что негативно влияет на микрофлору.

- Застой корма: повышается риск развития атонии рубца и других заболеваний.

Все значения приведены в граммах на указанное количество корма в кг из исходной таблицы.

Избыток клетчатки, особенно грубой (например, соломы), также может негативно сказаться на моторике преджелудков:

- Замедление прохождения корма: Грубая клетчатка дольше переваривается, что может замедлить моторику.

- Снижение потребления корма: Животные могут есть меньше из-за низкой питательности корма.

- Перегрузка рубца: Избыток клетчатки может привести к переполнению рубца и снижению его сократительной активности.

Для поддержания нормальной моторики преджелудков у молочных коров рекомендуется выдерживать следующие уровни клетчатки:

- НДК: 28–32 % от сухого вещества рациона.

- КДК: 17–20 % от сухого вещества рациона.

- Грубая клетчатка: не менее 15–20 % от сухого вещества рациона.

Практические рекомендации:

- Рекомендуется использовать качественные грубые корма: Сено, сенаж и силос должны быть основными источниками клетчатки.

- Необходимо контролировать структуру корма: Корм должен содержать достаточно длинных частиц (более 2–3 см), чтобы стимулировать жвачку и моторику рубца.

- Следует избегать резких изменений рациона: Переход на новый рацион должен быть постепенным, чтобы микрофлора рубца успела адаптироваться.

В итоге можно заключить, что клетчатка играет ключевую роль в поддержании моторики преджелудков у молочных коров. Она стимулирует сокращения рубца, способствует образованию жвачки, поддерживает pH рубца и предотвращает застой корма. Оптимальное содержание клетчатки в рационе (28–32 % НДК и 18–20 % КДК) обеспечивает нормальную работу преджелудков и высокую продуктивность коров.

С другой стороны, КДК снижает энергетическую ценность корма, что приводит к необходимости увеличения количества концентрированных кормов для восполнения энергетического дефицита.

Таким образом, НДК – это более широкая фракция, включающая как перевариваемые (гемицеллюлоза), так и неперевариваемые (лигнин) компоненты, тогда как КДК считается более узкой фракцией, состоящая только из неперевариваемых компонентов (целлюлоза в неразрывном соединении с лигнином) [11, 12, 13].

Цель исследований – методом математического оптимизационного моделирования найти оптимальное соотношение объемной и концентратной частей рациона при использовании кормов с разным уровнем КДК. В задачи исследований также входило:

1. Изучить изменение уровня КДК в кормах, заготовленных в разные фазы вегетации растений.
2. Определить уровень снижения обменной энергии в кормах при разных градациях развития растений и содержания в них КДК.
3. Обосновать потребность в концентратах при изменении концентрации обменной энергии в объемных кормах.
4. Рассчитать экономическую эффективность производства молока при использовании консервированных кормов из трав и кукурузы в сравнительном плане.

Основная часть. Нами рассматривались возможности получить оптимальные варианты кормления коров для двух градаций продуктивности – высокой (30), и средней (20 кг молока в сутки).

Для каждой градации проектировалось три варианта рационов кормления с различным соотношением фракций клетчатки в них. Первый контрольный вариант – содержание КДК находится в рекомендуемых нормой пределах – не более 20 % в сухом веществе. Второй рацион содержит избыточное содержание КДК ввиду невысокого качества грубого корма, в котором частично произошла лигнизация целлюлозы. И, наконец, третий вариант – предполагается использование грубых кормов, заготовленных с нарушением технологии (упущена

оптимальная для скашивания фаза вегетации), когда имеется избыточный уровень КДК.

Для продуктивности 30 кг также составлены 3 оптимальных рациона (4, 5, 6) с разным уровнем энергетической ценности сена, сенажа и силоса в зависимости от переваримости углеводов и энергетической полноценности.

Эти показатели помогают оценить качество корма и его пригодность для разных видов животных, особенно жвачных.

Оптимальные рационы составлялись по основным элементам питания средствами математического оптимизационного моделирования по программе «Конструктор рационов», разработанной на кафедре кормления с.-х. животных. При этом целевой функцией выставлялась масса концентрированных кормов при жестких ограничениях на равенство содержания энергии научно обоснованной потребности коров с заданной продуктивностью и с учетом факторов, определяющих кормовую норму [5, 6, 9,10].

Собственные исследования. За основу принята информация об изменении содержания КДК в комах при разных фазах вегетации растений, заготавливаемых на сено, сенаж, силос (табл. 2).

Таблица 2. Содержания КДК в грубых кормах в зависимости от фазы вегетации

Фаза вегетации	КДК в кормах естественной сушки, %	КДК в консервированных кормах, %
Ранняя (начало роста)	10–15	15–20
Средняя (бутонизация)	15–20	20–25
Поздняя (цветение)	20–30	25–35
Полная зрелость	30–50	35–50

Наблюдается ощутимый скачек в содержании КДК, особенно при переходе растения в состоянии полной зрелости – 30–50 % как при естественной сушке, так и при консервировании, табл. 3.

Таблица 3. Структура рациона с желательным соотношением фракций клетчатки

Компонент	Доля в рационе	НДК, %	КДК, %
Кукурузный силос	30%	40	25
Сено луговое	20%	55	35
Концентраты (зерно)	50%	20	10
Итого:	100 %	32 %	19 %

Для косвенного расчета содержания КДК) использовались уравнения регрессии, основанные на взаимосвязи между химическим составом корма и содержанием клетчатки. Эти формулы применяются, когда прямой анализ (например, метод Ван Соеста) недоступен или требует больших затрат времени.

Уравнение для травяных кормов (сено, сенаж, силос):

$$\text{КДК, \%} = 0,89 \times \text{СВ} + 1,72 \times \text{СКл} - 0,34 \times \text{СП} + 2,15$$

Где: – СВ – сухое вещество корма, %

– СКл – содержание в % от СВ

– СП – содержание в % от СВ

Уравнение для злаково-бобовых смесей:

$$\text{КДК, \%} = 1,15 \times \text{НДК} - 0,58 \times \text{ЛГН} + 4,27$$

Где: – НДК – нейтрально-детергентная клетчатка, % от СВ

– ЛГН – лигнин, % от СВ

Все уравнения дают результат в % от сухого вещества. Погрешность расчетов составляет $\pm 1,5-2,5$ % – это нормально для косвенных методов вычислений при достаточном количестве измерений. Коэффициенты могут требовать корректировки для конкретных видов кормов [1, 12, 13].

Следует учитывать, что косвенные методы менее точны, чем прямые анализы, но могут быть полезны для предварительной оценки. Питательность кормов представлена в табл. 4.

Таблица 4. Состав и питательность кормов (в расчете на 1 кг натурального корма)

Показатели	ОЭ, МДж	СВ, кг	КДК, г	%КДК/СВ
Сено	6,5	0,83	166	20
Сенаж	4	0,48	120	25
Силос	2,4	0,3	75	25
Комбикорм	11,4	0,85	68	8
Шрот рапсовый	11	0,9	94	94,3

Созревание растений приводит к увеличению уровня КДК в кормах, что снижает их питательность и усвояемость. Для компенсации нам потребуется корректировка рациона (например, повышение доли комбикорма). Такие данные важны для балансировки кормления сельскохозяйственных животных.

При составлении рационов мы учитывали питательность кормов по указанным показателям и сбалансировали их посредством создания математической оптимизационной модели с целевой функцией на минимум концентрированных кормов при условии выполнения ограничений по обменной энергии и сухому веществу (табл. 5) [5–9].

Таблица 5. Рационы кормления коров в цехе производства молока

Показатели	%КДК/СВ	К-во, кг	ОЭ, МДж	СВ, кг	КДК, г
Ранняя фаза вегетации растений					
НОРМА	17		176	17,2	2924
Сено	15	3,00	21,30	2,49	374
Сенаж	20	14,00	64,40	6,72	1344
Силос	20	14,00	42,00	4,20	840
Комбикорм	8	4,24	48,30	3,60	288
ИТОГО			176,00	17,01	2846
Средняя фаза вегетации растений до появления колоса					
Сено	20	3,00	20,40	2,49	498
Сенаж	25	14,00	60,20	6,72	1680
Силос	25	14,00	37,80	4,20	1050
Комбикорм	8	5,05	57,60	4,29	344
ИТОГО			176,00	17,70	3572
Фаза полного созревания растения - колошение					
Сено	20	3,00	19,50	2,49	498
Сенаж	25	14,00	56,00	6,72	1680
Силос	25	14,00	33,60	4,20	1050
Комбикорм	8	5,87	66,90	4,99	399
ИТОГО			176,00	18,40	3627

Нормы содержания НДК и КДК в рационах лактирующих коров зависят от уровня их молочной продуктивности, физиологического состояния, жирности молока и других факторов. Ниже приведены общие рекомендации по содержанию НДК и КДК в рационах для коров с разной молочной продуктивностью [3, 4].

Нормы содержания КДК для коров с удоем 20–30 кг молока в день составляют 17–20 %** от сухого вещества рациона. Для коров с удоем 30–40 кг молока в день – 16–18%, а для продуктивности более 40 кг молока в день – 14–16 %.

В представленных рационах содержание КДК составляет: в первом варианте 2867 г, что даже ниже нормы (2924 г), а по мере созревания растений оно превосходит норму во втором варианте на 648, а в третьем – на 702 г. Соответственно снижается обеспеченность рациона полезной энергией, и поэтому доля концентратов возрастает от 4,24 до 5,05 и 5,87 в соответствующих вариантах наблюдений. Возрастает и стоимость рациона, снижается рентабельность – будет показано в разделе экономического анализа.

Закономерность, обнаруженная в предыдущей градации продуктивности (20 кг) сохраняется и для высоких удоев (30 кг) в процессе раздоя животных (табл. 5).

Таблица 6. Рационы кормления коров в цехе раздоя и осеменения

Показатели	%КДК/СВ	Кво, кг	ОЭ, МДж	СВ, кг	КДК, г
Ранняя фаза вегетации растений					
НОРМА	17		233	20,43	3473
Сенаж	20	19,00	87,40	9,12	1824
Силос	20	19,00	57,00	5,70	1140
Комбикорм	8	7,77	88,60	6,61	528
ИТОГО			233,00	21,43	3492
Средняя фаза вегетации растений до появления колоса					
Сенаж	25	19,00	85,50	9,12	2280
Силос	25	19,00	55,10	5,70	1425
Комбикорм	8	8,11	92,40	6,89	551
ИТОГО			233,00	21,71	4256
Фаза полного созревания растения – колошение					
Сенаж	25	19,00	76,00	9,12	2280
Силос	25	19,00	45,60	5,70	1425
Комбикорм	8	9,77	111,40	8,31	664
ИТОГО	17		233,00	23,13	4369

Содержание КДК по норме составляет 17 % от сухого вещества рациона. При включении кормов, заготовленных в ранней фазе вегетации нам без труда, удалось сбалансировать рацион по этому показателю – его содержание составило 3492 г при потребности в 3473 г. При этом количество концентратов было минимально возможным – 7,77 кг (259 г комбикорма на 1 л молока). Далее, при возрастании КДК в растениях, когда скашивание производилось в средней фазе вегетации (выход в трубку), количество концентратов пришлось увеличить до 8,11 кг, поскольку без этого невозможно обеспечение рациона полезной энергией. И, наконец, растения, убранные на этапе колошения, были подвержены лигнификации, что привело к высокому содержанию КДК (25 % и более). Питательность кормов снизилась, и для достижения нормативного потребления энергии пришлось увеличить дачу комбикорма до 9,77 кг на голову в сутки [1, 2, 3].

Следует отметить, что потребление кормов животными допускалось на одном уровне, что на практике может быть сомнительным, и тогда потребность в комбикормах возрастет еще на 10–15 %. Данное обстоятельство в наших исследованиях не учитывалось, что снижает точность результатов [4, 12, 13].

И даже допуская, что снижения потребления объемных кормов не произошло, было обнаружено значительное падение экономической эффективности по причине возрастания стоимости кормов.

Экономическая эффективность в значительной мере зависит от качества травяных кормов (табл. 7).

Таблица 7. Экономическая эффективность производства молока

Показатели	Цех производства молока			Цех раздоя и осеменения		
	1	2	3	4	5	6
Варианты исследования						
Содержание КДК в рационе, г	2846	3572	3627	3492	4256	4369
Концентратов в рационе, кг	4,24	5,05	5,87	7,77	8,11	9,77
Суточный надой, кг	20	20	20	30	30	30
Цена реализации молока, руб/кг	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Прибыль от реализации продукции, руб	21,20	21,20	21,20	31,80	31,80	31,80
Себестоимость продукции, руб	16,22	17,17	18,10	21,55	23,90	25,70
в т.ч. корма	9,73	10,30	10,86	12,93	14,34	15,42
зарплата	3,57	3,78	3,98	4,74	5,26	5,65
прочие затраты	2,92	3,09	3,26	3,88	4,30	4,63
Чистый доход, руб/сут	4,98	4,03	3,10	10,25	7,90	6,10
Чистый доход в расчете 1 ц молока, руб	24,90	20,15	15,50	34,17	26,33	20,33
Рентабельность, %	30,70	23,47	17,13	47,56	33,05	23,74

При возрастании доли концентратов в рационах для среднего надоя рентабельность снижалась от 30,7 до 17,3 %. Это происходило потому, что стоимость кормов увеличивалась от 9,73 до 10,86 рублей в сутки.

С повышением продуктивности до 30 кг молока в сутки, фактор концентрации КДК в кормах оказал еще более существенное влияние на экономику производства. Стоимость кормов возрастала от 12,93 до 15,42 рублей, что привело к снижению рентабельности с 47,56 до 23,74 %.

Чистый доход также снизился. В расчете на 1 ц молока он упал с 27,90 до 15,50 в цехе производства молока, а в период раздоя – с 34,17 до 20,33 рублей.

В реальных исследованиях, продолжая отработку на практике результатов моделирования необходимо уточнить, также, возможное снижение потребления грубых кормов животными, а также проконтролировать состояние их здоровья, особенно в группе раздоя, где интересно отследит потери живой массы в первые два месяца лактации.

Заключение. 1. Изменение фазы вегетации при заготовке травяных кормов оказывает влияние на их качество при консервировании. Уровень непереваримой клетчатки возрастает от 17 до 30 %, а концентрация энергии снижается на 0,2 МДж кг на каждые 10 % возрастания КДК.

2. Конструирование рационов при средней продуктивности позволяет найти удобоваримое решение по обеспечению животных энергией, но это достигается только путем увеличения в рационе дорогостоящих концентратов от 4,24 до 5,87 кг на голову в сутки с учетом допущения о неизменном потреблении объемной части рациона.

3. С возрастанием продуктивности, особенно в период раздоя, когда потребление сухого вещества коровами еще не достигло пика, потребность в концентратах возрастает значительно. Моделирование рациона на кормах с низким уровнем КДК позволило минимизировать дачу комбикорма до 7,77 кг, тогда как рационы на кормах, убранных в период колошения, были обеспечены энергией только при увеличении количества комбикорма до 9,77 кг из расчета на одну голову в сутки.

4. Рентабельность производства молока максимальная при скармливании травяных кормов с невысоким содержанием КДК (17–17 % в СВ) – она составила 30,7 % в цехе производства молока, и 47,56 % в период раздоя. По мере снижения качества кормов рентабельность падает соответственно до 17,13 и 23,74 % при среднем и высоком удоях соответственно.

Таким образом, для получения качественного корма рекомендуется заготавливать сено и сенаж на средних стадиях вегетации, когда достигается оптимальный баланс между урожайностью и питательной ценностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилов, Г. В. Моделирование структуры кормопроизводства сельскохозяйственного предприятия. Методические указания и индивидуальные задания. М.: Издательство МСХА, 2005.
2. Горчаков, А. А., Орлова И. В. Компьютерные экономико-математические модели: М.: ЮНИТИ, 199526; Грицюк С. Н., Мирзоева Е. В., Лысенко В. В. Математические методы и модели в экономике. М.: Феникс, 2007.
3. Калинин, Илья Александрович. Интеллектуальные алгоритмы и искусственный интеллект / И. А. Калинин, Н. Н. Самылкина // Информатика. – 2014. – № 10. – С. 38–47.
4. Копенкин, Ю. И. Моделирование использования кормов на сельскохозяйственных предприятиях: Методическое пособие. М.: Изд-во МСХА, 2004.
5. Райхман А. Я. /Кормление сельскохозяйственных животных / А. Я. Райхман, М. В. Шупик и др., Учебно-методическое пособие, БГСХА, 2014, – 236 с.

6. Райхман, А. Я. / Приемы составления рационов с использованием персонального компьютера / А. Я. Райхман. Методические указания, БГСХА, Горки, 2006, 56 с.
7. Райхман, А. Я. Совершенствование системы кормления молочного скота средствами информационных технологий / А.Я. Райхман. Монография – Горки: БГСХА, 2013. – 152 с.
8. Райхман, А. Я. Оптимизация рационов лактирующих коров при различном потреблении сухого вещества кормов. / А. Я. Райхман, Статья в сборнике, «Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства». Материалы XVI международной научно-практической конференции, Горки, 2013, С. 292–296.
9. Райхман, А. Я. Моделирование рационов лактирующих коров с использованием энергетических добавок. / А. Я. Райхман, Сборник материалов научно-практической конференции «Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства», выпуск 17, Горки, БГСХА, 2014, С. 214–221.
10. Райхман, А. Я. Эффективность использования объемных кормов разного класса качества в рационах лактирующих коров. / Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сборник научных трудов / Горки: БГСХА, 2017. – Вып. 20. в 2 частях. – Ч. I. – С. 247–256.
11. Саханчук, А. И. Влияние фракционного состава клетчатки на переваримость кормов коровами в период сухостоя. / Саханчук А. И., Курепин А. А., Сборник научных трудов РУП НПЦ «Институт животноводства» НАН, 2013 – С. 58–64.
12. Huhtanen, P., et al. (2013). "The effects of forage NDF and starch content in dairy cow diets". *Journal of Dairy Science*, 96(2), 1320–1335.
13. Lopes, F., et al. (2015). "Comparison of in vitro and in situ methods to evaluate fiber digestibility". *Animal Feed Science and Technology*, 207, 31–44.