ПРОБЛЕМЫ ЖИВОТНОВОДСТВА

№ 3

ОГИЗ·СЕЛЬХОЗГИЗ
1936

РОЛЬ СЛЮНЫ СВИНЕЙ В ПЕРЕВАРИВАНИИ УГЛЕВОДОВ КОРМОВ

А. В. КВАСНИЦКИЙ и Б. П. УТЕХИН

Всесоюзный н.-и. институт свиноводства, Полтава

Введение

Использование кормов животным организмом остается пока на еще сравнительно низком уровне. Огромное количество питательных веществ корма, проходя через пищеварительный тракт животных, переходит неиспользованным в кал. Простой пересчет коэфициентов переваримости показывает, как еще велико поле деятельности кормленцев и физиологов в области возможного повышения использования кормов животными.

Таблица 1

Процент неиспользованных питательных веществ (по опытам на свиньях)

Название культур	Органич. вещество	Сырой протеин	Экстракт. вещества	Клетчатка
Зеленый клевер	51	49	46	57
Люцерна в цвету	60	66	34	79
Пшеничная мякина	77	80	70	90
Ячмень (дерть)	18	23	11	88
Овес (дерть)	29	21	21	—
Отруби пшеничные	33	25	34	67
Льняной жмых	20	14	15	88

Из таблицы 1 видно, что в среднем половина и больше органического вещества люцерны и клевера, проходя через пищеварительные органы свиньи неиспользуются и переходят в кал. Даже из таких кормов, как овес и отруби, теряется почти $^1/_3$ их. Аналогичную картину можно наблюдать и в отношении самой ценной части корма — протеина. В концентрированных кормах почти $^1/_4$ часть переходит в кал. В грубых кормах остается неиспользованой большая половина.

В настоящее время н.-и. учреждениями усиленно разрабатывается вопрос максимального снижения количества неиспользованного корма животным организмом. Такая разработка ведется во многих направлениях, начиная от химического воздействия на корм и кончая биологическим воздействием на организм. Умение управлять работой пищеварительных органов, соки которых являются главными химическими реагентами, влияющими на переваривание кормов, вероятно, в будущем сыграет большую роль в деле повышения использования кормов животным организмом. Отсюда более глубокое изучение физиологии пищеварения, и особено химии его, приобретает особое значение.

Методика

Нами начата работа по изучению химии пищеварения и в частности слюдного, причем в иной плоскости, чем это было до сих пор. Чтобы выяснить, как велика роль слюны в переваривани углеводов кормов,

мы изучали влияние ее непосредственно на корм, а не ограничивались лишь установлением величины переваривающей силы слюны. Методика работы заключалась в том, что сначала отвешивалась на аналитических весах навеска изучаемого корма (0,5 г, иногда 0,3 г), затем она помещалась в Эрленмееровскую колбочку, емкостью в 200 см³ с притертой стеклянной пробкой. Слюна, взятая от животного из фистулы околоушной железы в день опыта, сначала изучалась в отношении амилолитической активности по Вольгемуту, а затем, после фильтрования через обычный бумажный фильтр для удаления осадка, приливалась к навеске корма с помощью выверенной пипетки в строго определенном для данной серии опытов количестве.

Перенесенная в колбы слюна тщательно смешивалась с кормом. В каждой серии опытов параллельно с колбами корм + слюна были контрольные колбы — корм + вода; кроме того устанавливалось количество сахаров в исходном корме

При изучении действия слюны на вареный крахмал его навеска предварительно заваривалась на определенном количестве воды. С целью создания совершенно одинаковой концентрации фермента во все колбы с неваренным кормом прибавлялось соответствующее количество воды. Все колбы переносились в термостат, где выдерживались при температуре 38—40° определенное время, после чего колбы вынимались и немедленно кипятились в продолжение 6—10 минут для разрушения ферментов слюны. Затем содержимое колб подвергалось химическому анализу.

Интенсивность и характер ферментативной деятельности слюны определялись по количеству редуцирующих сахаров, находящихся в вытяжке после действия слюны. Вытяжка обычно получалась путем промывки сначала декантацией, а затем на фильтре, куда переносилось все содержимое колб. Для разрушения коллоидов и для осаждения имеющихся в растворе белков содержимое колб предварительно обрабатывалось раствором $ZnSo_4$ с NaOH. Концентрация раствора сернокислого цинка и количество его для полного осаждения устанавливались для каждого отдельного случая опытным путем с проверкой полноты осаждения белков. Необходимо отметить, что гидрат окиси цинка дает совершенное осаждение белков, и в исследуемых об'ектах хорошо разрушает коллоидальный раствор крахмала. Декантация осадка и последующее промывание на фильтре 100—150 см³ воды дает возможность довольно быстрого и совершенного получения вытяжки. Исследование последних порций фильтрата при промывке осадка качественной пробой на содержание сахара давало удовлетворительные результаты.

В некоторых случаях особенно при обработке проб с HCl и желудочным соком, в фильтрате этих проб был обнаружен в незначительных количествах растворимый крахмал, определение которого проводилось калориметрически.

Определение сахара (глюкозы) в начале опыта мы вели методом Бертрана, а затем применили удобный и точный метод Иссекутцо. Этот метод основан на восстановлении $K_3\,Fe(CN)_6$ в щелочном растворе редуцирующей группой сахаров до $K_4Fe(CN)_6$, с последующим учетом оставшейся $K_3Fe(CN)_6$. Он особенно пригоден при массовых и срочных определениях сахаров, применяемых в наших опытах. Кроме определения суммы редуцирующих сахаров, получающихся в результате амилолитического разложения крахмала, в отдельных опытах нами проводилось определение сахаров после инверсии. Инверсия раствора велась по декстринам. Этим мы получили относительное представление о количестве главным образом декстринов, образовавшихся в процессе разрушения крахмала. Кроме того в двух опытах

с крахмалом в качестве контроля нами проведено непосредственное определение (весовым путем) оставшегося крахмала.

Результаты опытов

Проводя исследования, мы попытались выяснить, насколько интенсивно идет расщепление крахмала под влиянием слюны свиней (из околоушных желез). При этом мы сравнивали действие слюны на сырой и вареный крахмал. Слюна была взята в день исследования и характеризовалась средней переваривающей способностью, равной, по Вольгельмуту, 64.

Таблица 2

Влияние слюны свиней на сырой и вареный крахмал

Условия опыта	Длительн. выдержки проб в термостате +38—40° С (в час)	Растворилось крахмала (в %)	Количество редуцирующ. сахаров на глюкозу (в%)
0,5 г сыр. карт. крахм. + 25 см³ H_2O	3	19,05	4,60
0,5 г сырого картофельн. крахмала + 10 см³ H_2O + 15 см³ слюны . . .	3	19,70	6,15
0,5 г варен. крахм. + 10 см³ H_2O + + 15 см³ слюны	3	70,60	35,90

Прежде всего обращает на себя внимание то обстоятельство, что сырой крахмал почти не переваривается слюной. Во всяком случае разница незначительна (0,65%) между контрольной пробой из сырого крахмала + чистая дестиллированная вода и пробой из сырого крахмала + 15 см³ слюны (за счет соответствующего уменьшения воды). Однако, вторая графа (процент редуцирующих сахаров) показывает, что в той части гидролиза полисахаридов, которая стоит ниже крахмала (начиная , повидимому, с амилодекстритов), действие слюны проявилось довольно заметно, так как разница в количестве редуцирующих сахаров достигает 1,55%. Совершенно по-иному реагирует слюна на вареный крахмал. За тот же срок действия (3 часа) она разложила крахмала 70,6% навески; количество редуцирующих сахаров достигает 36%. Все дальнейшие исследования подтвердили это положение и дали возможность утверждать, что в условиях наших опытов слюна свиней почти не влияет на сырой крахмал и энергично разлагает вареный крахмал.

Для проверки этого положения в отношении крахмала обычных кормов мы исследовали по аналогичной схеме влияние слюны свиней на кукурузу. Результаты получились следующие (табл. 3).

Таблица 3

Влияние слюны свиней на крахмал кукурузы

Условия опыта	Время выдержки в термостате (час.)	% редуцирующих сахаров	Количество сахаров после инверсии (в%)
3 г сырой кукурузы + 25 см³ H_2O + + 6 см³ слюны	3	3,96	7,78
3 г вареной кукурузы + 25 см³ H_2O + + 6 см³ слюны	3	16,06	29,11

Как видим, и здесь влияние слюны на вареный корм в 4 раза выше, чем на сырой. Таким образом, влияние слюны свиней на крахмал вареной кукурузы и картофеля огромно. Однако, роль слюны в переваривании углеводов этим не ограничивается.

По нашим наблюдениям, слюна играет большую роль в предварительной подготовке крахмала кормов для дальнейшего переваривания, наступающего под влиянием соляной кислоты желудочного сока. При постановке этих опытов мы исходили из того положения, что кислоты (и в частности соляная) способны при некоторых условиях производить инверсию крахмала. Отсюда мы сделали предположение, что и в желудке свиньи могут иметь место подобные явления. Правда, температура и концентрация HCl в желудке значительно меньше, чем в условиях лабораторной инверсии, однако экспериментальная проверка подтвердила наши предположения.

Кроме исследования влияния слюны на сырой и вареный крахмал, по той же методике мы параллельно поставили еще 4 колбы, в которых после действия слюны добавлялся раствор HCl (1,2%) в таком количестве, чтобы довести концентрацию HCl в колбочках до 0,2%. Затем колбы дополнительно выдерживались в термостате 1 час. Изменения, возникшие под влиянием соляной кислоты, могли быть учтены путем сравнения с аналогичными колбами, в которые кислота не приливалась.

Таблица 4

Влияние раствора HCl на гидролиз крахмала

Вещество	Прибавлено воды (см³)	Прибавлено слюны (см³)	Выдержка в термостате (час.)	Переведено крахмала в сахар (в %)	
				до инверсии	после инверсии
0,5 г сырого крахмала	5	20	1	1,95	2,55
0,5 г » »	5	20	2	2,01	2,19
0,5 г » »	5	20	3	2,01	3,27
0,5 г вареного крахмала	5	20	1	50,8	48,8
0,5 г » »	5	20	2	50,3	57,9
0,5 г » »	5	20	3	53,9	86,4
0,5 г сырого крахмала	5	20	1	1,60	1,42
0,5 г » »	5	20	3	2,28	2,01
0,5 г вареного крахмала	5	20	1	41,70	75,9
0,5 г » »	5	20	3	45,9	96,9

Примечание. В последние 4 пробы после действия слюны, в колбы приливался раствор HCl до концентрации 0,2%, и все это выдерживалось в термостате еще 1 час. а затем исследовалось.

Анализируя данные таблицы 4, мы, как и во всех предыдущих опытах, наблюдаем огромную разницу в действии слюны на сырой и вареный крахмал. Разница в этом опыте выступила резче, чем в предыдущих, потому что в данном случае слюна была взята хотя и с такой же амилолитической активностью, как и раньше (по Волгемуту — 64), но количество ее прибавляли, а воды — уменьшали.

Последние 4 пробы дали интересные результаты. В графе «количество сахаров после инверсии» видим, что в опыте с вареным крахмалом было разложено его 96,9% (после 3-часового воздействия слюны), тогда как в аналогичной колбочке, но без последующего часового воздействия кислоты, крахмала разложилось только 86,4%. То же самое получено после часового воздействия слюны. В этом случае

в пробах без добавления HCl разложилось крахмала 48,8% и в пробах с HCl — 75,9%. Но этого не обнаружено в опытах с сырым крахмалом (пробы 7 и 8), где добавление HCl никаких заметных изменений не вызвало.

Аналогичные данные были получены в опыте с кукурузой (табл. 5).

Таблица 5

Влияние желудочного сока свиней и раствора HCl на гидролиз крахмала кукурузы

Название корма	Количество корма (г)	Количество воды (см³)	Количество слюны (см³)	Выдержка в термостате (час.)	Количество раствора HCl (см³)	Количество желудочного сока (см³)	Дополнительная выдержка в термостате (час.)	% доброкачественных сах. к крахмалу навески	% инвертиров. сах. к крахмалу навески
Дерть кукурузная сырая	5	40	—	3	—	—	—	7,46	10,23
» » »	5	30	10	1	—	—	—	5,60	9,46
» » »	5	30	10	3	—	—	—	8,26	12,38
Дерть кукурузная вареная	5	30	10	1	—	—	—	19,20	25,71
» » »	5	30	10	3	—	—	—	25,55	48,33
» » сырая	5	30	10	1	—	40	3	5,88	13,20
» » »	5	30	10	1	40	—	3	5,46	9,55
» » вареная	5	30	10	1	—	40	3	22,41	46,36
» » »	5	30	10	1	40	—	3	20,33	40,69
» » »	5	30	10	3	—	40	3	26,86	64,70
» » »	5	30	10	3	40	—	3	26,66	64,00
» » »	5	40	—	3	—	—	—	1,80	3,17

По той же схеме, но несколько более детализированной, мы установили, что действительно при концентрациях HCl, встречающихся в условиях нормального пищеварительного процесса в желудке явления разложения кислотой крахмала и декстринов на более простые углеводы безусловно должно иметь место.

Чем иначе об'яснить огромную разницу в количестве сахара после инверсии между пробами, в которые было добавлено определенное количество желудочного сока или одинаковой с ним концентрации раствора HCl и пробами без этих добавок? Разница эта достигает значительных величин. После часового воздействия слюны на навеску вареной кукурузы — крахмала разложилось (на более низкомолекулярные соединения) 25,7%, после же 3-часового — 48,8%. В аналогичных колбах, но с последующим прибавлением желудочного сока соответственно имеем — 46,3 и 64,7%, а в колбах с прибавлением раствора HCl — 40,7 и 64,0%. Разница, как видим достигает почти 50%. Вдаваться в подробности химического взаимодействия кислоты с крахмалом мы не можем, так как для этого нужны специальные исследования. Здесь только подчеркиваем, что прочно сложившееся представление о том, что в желудке гидролитические процессы приостанавливаются, в корне не верно, так как на смену ферментам слюны выступает соляная кислота желудочного сока, и процесс продолжается.

Интересен тот факт, что отмеченное выше «дополнительное» разложение крахмала под влиянием желудочного сока и раствора HCl, является только после предварительной обработки корма слюной. Без такой обработки крахмал кормов почти не поддается действию кислоты. Экспериментальные данные над вареной кукурузой, взятой в количестве 3 г, приводим в таблице 6.

Таблица 6

Влияние воздействия слюны на последующий гидролиз крахмала желудочным соком и раствором HCl

Прибавлено воды (см³)	Прибавлено слюны (см³)	Выдержка в термостате (час.)	Прибавлено HCl (см³)	Прибавлено желудочного сока (см³)	Количество сахара до инверсии (%)	Количество сахара после инверсии (%)
—	—	—	—	—	10,56	36,75
15	15	1	—	—	18,08	44,28
15	15	3	—	—	1,87	14,19
—	—	1	30	—	2,87	15,68
—	—	3	30	—	2,84	15,61
—	—	1	—	30	2,82	16,52
—	—	3	—	30	2,36	15,99
30	—	1	—	—	3,45	15,89
30	—	3	—	—		

В то время как в колбочках со слюной за 3 часа переведено 44,29% крахмала в сахар, в колбочках с желудочным соком и соляной кислотой количество сахара не превышает того, что получено в контрольной колбе с дестиллированной водой без слюны, т. е. 15—16%.

Это обстоятельство еще раз подтверждает то, что на смену ротовому слюнному гидролизу крахмала выступает кислотный гидролиз в желудке, и что он возможен лишь после предварительного воздействия слюны. Отсюда значение слюны в пищеварительном процессе, повидимому, значительно увеличивается.

Подводя итоги изложенному, можно заключить, что слюна свиней имеет безусловно большое значение как фактор переваривания углеводов корма. При этом ее роль расширяется в том отношении, что она подготовляет возможность дальнейшего гидролиза углеводов с помощью желудочного сока. Трудно сказать, как идет этот гидролиз в деталях, какие именно углеводы подвергаются гидролизу и т. д., но важно то, что общее количество всех углеводов, стоящих по своему составу ниже крахмала и в наших опытах, обозначенных в графах под названием «количество сахаров после инверсии», значительно возрастает после дополнительного воздействия желудочного сока (после слюны). Количество водорастворимых сахаров, т. е. группа дисахаридов и ниже, при этих условиях почти не изменялось, а в некоторых случаях, в пробах с сырым крахмалом, даже незначительно уменьшалось (очевидно, за счет прекращения действия фитоферментов).

Отсюда, повидимому, можно предположить, что «дополнительное» действие желудочного сока распространилось главным образом на крахмал с доведением его до различной сложности декстринов.

Существенен и в практическом отношении важен факт слабого действия слюны на сырой крахмал. При этом дополнительное действие желудочного сока тоже ничтожно или вообще не обнаруживается. Это, конечно, не дает еще основания говорить о том, что корм необходимо перед скармливанием обязательно варить. В этом случае мы допустили бы грубую ошибку, забывая о витаминах, разрушающихся при варке, а также о том, что кроме слюны крахмал кормов подвергается еще сильному амилолитическому воздействию панкреатического и кишечного соков. Однако, это дает достаточно оснований для того, чтобы выдвинуть вновь вопрос о пересмотре существующих способов подготовки кормов к скармливанию.

Все сказанное о роли слюны приобретает особое значение, если к нему добавить некоторые физиологические данные. Дело в том, что

нашими же работами установлено огромное влияние воды на слюноотделение. Так например, чем больше приливается воды в корм для замешивания, тем меньше при еде выделяется слюны на этот корм[1], и, наоборот, при еде сухого корма обычно выделяется огромное (доходящее у взрослых свиней до 15 литров в сутки) количество слюны. Отсюда видно, как велико значение слюны в переваривании углеводов. В практической работе необходимо строго учитывать изложенные нами материалы и стремиться к тому, чтобы создать наилучшие условия как для работы слюнных желез у свиней, так и для наилучшего проявления амилолитической активности слюны и желудочного сока. Если до сих пор можно было еще допускать скармливание сырого картофеля, то сейчас, полагаем, что этот вопрос можно окончательно решить в пользу варки. Необходимо в порядке инструкции внедрить нормирование воды для замешивания корма всем группам свиней, добиваться максимального разнообразия кормов в рационе и т. д., так как только при этих условиях мы вызываем нормальную правильную работу слюнных желез и энергичное начало пищеварительного процесса.

[1] См. статью А. В. Квасницкого «Значение воды в корме свиней» журнал «Свиноводство» № 11, 1934 г.