

УДК 636.598:591.132.5

РОЛЬ ПРОТЕАЗ ПОДЖЕЛУДОЧНОГО И КИШЕЧНОГО СОКА ПРИ ПЕРЕВАРИВАНИИ БЕЛКА У ГУСЕЙ В РАЗНЫЕ ВОЗРАСТНЫЕ ПЕРИОДЫ

А. К. БОБЫЛЕВ

(Кафедра анатомии, гистологии и эмбриологии с.-х. животных)

Изучался процесс переваривания принятого с кормом белка у гусей в разные возрастные периоды от утреннего до очередного кормления на фоне ночного голодания. Приведены данные о переваривании белка за указанное время на отдельных участках пищеварительной системы через 1, 2 и 4 ч после приема корма и долевом участии в переваривании белка поджелудочного и кишечного соков.

На международном рынке «побочная» продукция гусеводства — гусиная печень и пух — ценится намного выше мясной тушки [14—16]. Для повышения продуктивности гусей необходимо знать уровень переваримости белка в периоды продуктивного напряжения организма (рост, яйцекладка, смена оперения), но этот вопрос у домашних птиц исследован слабо. Сравнительный анализ имеющейся информации показал, что больше всего внимания уделялось курам-несушкам и цыплятам-бройлерам и очень мало гусям [3].

Физиология пищеварения у птиц в основном изучалась в искусственных условиях (*in vitro*), максимально приближенных к естественным. В результате было установлено, что главную роль в переваривании пищи играет сок поджелудочной железы [4, 9, 13, 18] и кишечника [1, 2, 10—12, 17, 18]. Сведения о после-

довательном воздействии на белок корма комплекса протеаз в полости пищеварительного тракта (*in vivo*) отсутствуют. В связи с этим нами выяснялся именно данный аспект с морфофизиологических позиций [5—8]. Предстояло также установить роль суточных порций поджелудочного и кишечного соков на переваривание белка.

Методика

Опыты проводили на гусях горьковской породы в возрасте 30, 60, 90, 300 и 365 дней. Для получения относительно полной картины протеолиза по всей длине пищеварительного тракта (одновременно) был применен метод вивисекции. Содержимое желудка и кишечника перед утренним кормлением и через 1, 2 и 4 ч после него анализировали у 5 гусят в месячном

возрасте и у 3 более взрослых гусей.

Корм, а также содержимое желудка и кишечника, полученное после убоя птиц, сушили до постоянной массы и в сухих навесках определяли содержание общего и небелкового (остаточного) азота по Кьельдалю, белкового — по разнице, аминного — методом Серенсена. О протеолизе и усвоении белка судили по уменьшению содержания азота и изменению соотношения фракций в сторону явного преимущества небелкового азота по сравнению с белковым.

Кормили гусей в соответствии с нормами ВАСХНИЛ. Цифровой материал обработан статистически.

Результаты

Месячные гусята за одно кормление в среднем съедали 50 г корма, содержащего 7,2 г белка. От утреннего до очередного кормления количество белка в корме заметно уменьшалось, что нашло свое подтверждение в изменении соотношения фракций азота в содержимом пищеварительного тракта (табл. 1).

Количество белкового и остаточного азота по мере удаления пищевой массы от желудка уменьшается. При этом в химусе тонких кишок остаточный азот преобладает над белковым. Гидролиз белка корма начинается в желудке, количество азота снижается в основном за счет эвакуации пищевой массы в кишечник.

Общая динамика переваривания белка корма в желудке и кишечнике наиболее четко проявляется при сопоставлении средних показателей за 4-часовой опыт. Если в желудке содержание белкового азота в 4 раза превышает количество остаточного, то в двенадцатиперстной кишке их соотношение почти равное.

В полости тощей и подвздошной кишок уже преобладает остаточный азот (разница составляет 18,8 и 11,6 %) над белковым.

В толстых кишках в отличие от тонкого отдела кишечника протеолиз замедлен, да и основная масса азота в них появляется во 2-й половине опыта.

Двухмесячные гусята утром поедали в среднем около 45 г сухой массы корма, содержащего 5,5 г белка. Протеолиз корма у двухмесячной птицы по сравнению с месячной более активный (табл. 1), о чем можно судить по значительному преобладанию остаточного азота над белковым: в двенадцатиперстной кишке — на 40 % больше, в толщей — в 3 раза, в подвздошной — в 2 с лишним раза.

Следует отметить относительно высокое содержание аминного азота в химусе тонких кишок, особенно в полости двенадцатиперстной кишки. Это скорее всего можно объяснить несоразмерностью протеолиза и всасывания, а также тем, что всасывательная поверхность двенадцатиперстной кишки в несколько раз уступает таковой более длинных тощей и подвздошной кишок.

Трехмесячные гусята заметно уступали месячным и двухмесячным по интенсивности роста и поедаемости корма.

У трехмесячных гусей в 1-й половине опыта, особенно в течение часа после кормления, уровень белкового азота в содержимом желудка и тонких кишок был более высоким.

По нашим данным [7, 8], активность всей пищеварительной системы у гусей в этом возрасте наибольшая во 2-й половине опыта. Наличие в содержимом желудка и кишечника в первые два часа после кормления равного или большего количества остаточного азота и присутствие аминных соединений указывают

Таблица 1

Состояние протеолиза корма у гусей

Орган	Фракция азота, мг	Время после кормления, ч			Отно- си- тель- ное сред- нее за 1 ч опыта
		1	2	4	
<i>В возрасте 1 мес</i>					
Желудок (оба отдела)	Белковый	320	191	44	185
	Остаточный	83	45	11	46
	В т. ч. аминный	2	1	0,6	1
Кишка: двенадцатиперстная	Белковый	89	103	34	75
	Остаточный	98	92	58	83
	В т. ч. аминный	3	3	3	3
тощая	Белковый	107	123	82	104
	Остаточный	140	130	101	124
	В т. ч. аминный	4	5	3	4
подвздошная	Белковый	43	64	56	54
	Остаточный	64	63	55	61
	В т. ч. аминный	4	4	3	4
прямая	Белковый	5	11	6	7
	Остаточный	0,3	12	5	6
	В т. ч. аминный	0,2	0,8	1,4	0,8
Слепые кишки (вместе)	Белковый	14	19	21	18
	Остаточный	6	9	15	10
	В т. ч. аминный	2	1	1	1
<i>В возрасте 2 мес</i>					
Желудок (оба отдела)	Белковый	232	128	19	126
	Остаточный	111	63	16	63
	В т. ч. аминный	31	19	12	21
Кишка: двенадцатиперстная	Белковый	42	76	7	42
	Остаточный	72	83	20	58
	В т. ч. аминный	58	66	2	42
тощая	Белковый	96	39	21	52
	Остаточный	186	190	58	145
	В т. ч. аминный	21	15	5	14
подвздошная	Белковый	48	55	18	40
	Остаточный	111	136	33	93
	В т. ч. аминный	14	17	4	12
прямая	Белковый	37	44	26	36
	Остаточный	30	31	15	25
	В т. ч. аминный	3	2	5	3
Слепые кишки (вместе)	Белковый	21	23	37	27
	Остаточный	9	12	15	12
	В т. ч. аминный	2	1	3	3
<i>В возрасте 3 мес</i>					
Желудок (оба отдела)	Белковый	231	28	32	97
	Остаточный	117	36	26	60
	В т. ч. аминный	16	16	6	13

Продолжение табл. 1

Орган	Фракция азота, мг	Время после кормления, ч			Отно- си- тель- ное сред- нее за 1 ч опыта
		1	2	4	
Кишка:					
двенадцатиперстная	Белковый	95	69	40	68
	Остаточный	90	78	53	74
	В т. ч. аминный	11	8	5	8
тощая	Белковый	218	101	51	123
	Остаточный	237	175	117	176
	В т. ч. аминный	27	12	15	18
подвздошная	Белковый	61	34	19	38
	Остаточный	107	141	149	132
	В т. ч. аминный	13	11	7	10
прямая	Белковый	22	43	16	27
	Остаточный	13	8	6	9
	В т. ч. аминный	3	4	—	2
Слепые кишки (вместе)	Белковый	9	37	74	40
	Остаточный	6	12	28	15
	В т. ч. аминный	1	—	4	2
<i>В возрасте 10 мес</i>					
Желудок (оба отдела)	Белковый	538	283	46	289
	Остаточный	259	171	19	150
	В т. ч. аминный	18	20	4	14
Кишка:					
двенадцатиперстная	Белковый	50	68	30	50
	Остаточный	133	136	78	116
	В т. ч. аминный	21	20	9	17
тощая	Белковый	83	93	143	106
	Остаточный	270	258	129	219
	В т. ч. аминный	34	28	22	28
подвздошная	Белковый	59	35	21	38
	Остаточный	118	99	79	99
	В т. ч. аминный	16	20	9	15
прямая	Белковый	9	6	8	8
	Остаточный	21	16	20	19
	В т. ч. аминный	3	3	2	3
Слепые кишки (вместе)	Белковый	16	20	13	16
	Остаточный	7	9	6	7
	В т. ч. аминный	2	3	2	2
<i>В возрасте 1 года</i>					
Желудок (оба отдела)	Белковый	225	118	27	123
	Остаточный	63	32	11	35
	В т. ч. аминный	6	3	2	4
Кишка:					
двенадцатиперстная	Белковый	62	51	29	47
	Остаточный	140	108	86	111
	В т. ч. аминный	4	2	9	5

Продолжение табл. 1

Орган	Фракция азота, мг	Время после кормления, ч			Отно- си- тель- ное сред- нее за 1 ч опыта
		1	2	4	
тощая	Белковый	198	90	133	140
	Остаточный	282	204	183	223
	В т. ч. аминный	11	14	13	13
подвздошная	Белковый	68	60	38	55
	Остаточный	119	101	65	95
	В т. ч. аминный	6	15	7	9
прямая	Белковый	33	9	7	16
	Остаточный	52	14	11	26
	В т. ч. аминный	6	2	1	3
Слепые кишки (вместе)	Белковый	41	59	18	39
	Остаточный	13	17	5	12
	В т. ч. аминный	3	5	1	3

на то, что идет ферментация белка корма, которую необходимо расценивать как процесс подготовки к активному протеолизу в последующие часы.

Следует также отметить более высокое содержание фракций азота в желудке и кишечнике, и прежде всего в слепых кишках в конце 4-го часа. Это должно привести к снижению переваримости корма и белка, что в итоге нашло свое отражение в данных в целом за опыт.

Таким образом, динамика пищеварения и динамика переваривания белка в 4-часовом опыте по времени совпадают, что дает основание судить о запоздалом развитии пищеварительной активности у трехмесячных гусей. При этом в переваривании белка корма доминирующая роль принадлежит тонкому кишечнику и в большей степени тощей кишке.

Десятимесячные гуси находились в состоянии высокой половой активности — откладывали яйца под вы-

вод следующего поколения, поэтому поедаемость корма в сухой массе у них была выше, чем у трехмесячных гусей, рост которых замедлился, и почти такой же, как у активно растущих гусей на 1-м и 2-м месяцах жизни. За одно кормление десятимесячные гуси потребляли в среднем 46 г корма.

На фоне снижения общей пищеварительной активности в течение 1-го часа после кормления уменьшался и протеолиз, поэтому содержание белкового и небелкового азота в желудке в указанное время по сравнению с таковым у 3-месячных гусей удвоилось. В последующем количество остаточного азота в тонких кишках было во много раз выше, чем белкового, особенно в конце 2-го часа после кормления. На 4-м часу активный протеолиз отмечен лишь в тощей кишке.

Общая картина протеолиза корма у десятимесячной птицы была следующей. В условиях *in vivo* белок корма активно гидролизывался при участии протеаз лишь в тонком

отделе кишечника, особенно в его среднем участке — тощей кишке. Об этом можно судить по повышению содержания азота всех видов, далее в каудальном направлении протеолиз ослабевал до минимума.

Особенностью протеолиза корма у 10-месячных гусей, видимо, является заметный сдвиг пищеварительной активности на середину и 2-ю половину опыта, что мы склонны объяснить половой доминантой в связи с утренней кладкой яиц.

Годовалые гуси уступали десятимесячным по поедаемости корма (разница достигала 13 %), за одно кормление они потребляли около 8 г белка. Уменьшение количества азота всех фракций, как и во всех рассмотренных выше случаях, указывает на переваривание белка корма. Сравнение активности протеолиза у годовалых гусей в состоянии полового покоя и десятимесячных показывает, что у первых протеолиз корма был несколько пониженный, наибольший гидролиз белка наблюдался в течение 1-го часа после кормления.

Динамика протеолиза корма по мере его прохождения по пищеварительному тракту у годовалых гусей (табл. 1) сохранилась прежней, а именно активность протеолиза резко возросла при поступлении корма из желудка в тонкие кишки.

Если в желудке в 1-й половине опыта белкового азота содержалось в 3—4 раза больше, чем остаточного, то в тонких кишках, наоборот, остаточного азота в 2 с лишним раза больше, чем белкового. В целом по длине кишечника протеолиз к концу опыта ослабевал, за исключением тощей кишки. На основании проведенного анализа можно сделать однозначное заключение — основное протеолитическое воздействие на белок корма осуществляется в тонких кишках.

В табл. 2 представлены данные о переваримости белка по всей длине пищеварительного тракта за весь период опыта, а на диаграмме (рисунок) показана степень переваримости белка в % от съеденного по периодам опыта. В большинстве возрастных периодов у гусей около половины съеденного белка в течение 1-го часа в желудке и кишечнике перестает быть белком, только этим можно объяснить резкое увеличение доли небелкового (остаточного) азота в тонких кишках (табл. 1). Такой уровень протеолиза подтверждается данными о секреторной деятельности поджелудочной железы и кишечника, а именно в 1-й час после кормления соки активно выделялись за счет рефлекторной фазы, а в последующие часы опыта протеолиз поддерживался уже за счет химической фазы секреции [7, 8].

Наиболее активно белок корма переваривался в пищеварительной системе интенсивно растущих гусей

Таблица 2
Степень переваривания белка корма в пищеварительной системе гусей разного возраста

Показатель	Возраст птицы, дни				
	30	60	90	300	365
Потребление белка за утреннее кормление, г	7,2	5,5	5,7	9,0	8,8
Содержание белка в химусе пищеварительной системы через 4 ч после кормления, г	1,5	0,8	1,4	1,6	1,5
Количество переварившегося белка за 4 ч опыта, %	78,9	85,5	74,8	81,9	82,1

(30 и 60 дней). У трехмесячных птиц, достигших 85 % живой массы родителей, интенсивность прироста живой массы заметно снижалась, соответственно уменьшалась и активность протеолиза. У десятимесячных гусей переваримость белка была на 7 % выше, чем у трехмесячных, т. е. приближалась к уровню переваримости у двухмесячных гусей. Годовалые гуси после яйцекладки и вывода гусят вступали в сезонную линьку, одновременно у них восстанавливалось 4—5 % живой массы, потерянной за время половой активности, в связи с этим переваримость белка корма удерживалась на относительно высоком уровне.

Такова картина переваривания кормового белка в пищеварительной системе гусей разного возраста под воздействием комплекса протеаз всех пищеварительных соков, включая желчь и ферменты бактериального происхождения. Несмотря на то, что эти данные получены за 4 ч суток, тем не менее они позволяют при необходимости рассчитать суточные возможности

пищеварительной системы.

После выяснения общей динамики переваривания белка корма в полости пищеварительной системы (*in vivo*) стало ясно, что основная его масса гидролизруется в тонком отделе кишечника, но долевое участие в этом процессе панкреатического и кишечного соков остается еще не изученным. Исследование этого вопроса в аналогичных (*in vivo*) методических условиях пока невозможно, поэтому мы вынуждены были определять протеолитическую активность соков в чистом виде, раздельно и только классическими методами в условиях *in vitro*. В качестве субстрата использовали белок крови — гемоглобин [7, 8]. Ясно, что результаты, полученные в условиях *in vitro* с использованием белка, который встречается в кормосмесях в минимальном количестве, полностью не могут отвечать требованиям истинной физиологии пищеварения, однако они позволяют установить долевое участие в переваривании белка изучаемых соков.

Анализ полученных нами данных

Таблица 3

Функциональное состояние секреторного аппарата кишечника и поджелудочной железы у годовалых гусей

Показатель (за сутки)	Кишечный сок					Поджелудочный сок
	двенадцатиперстная	тощая	подвздошная	слепые	всего	
Возможность секреции сока 1 см ² слизистой оболочки, мл	0,36	2,45	0,35	0,20	—	—
Порция сока, мл	70	622	85	28	805	40
Протеолитическая активность 0,5 мл сока в условиях <i>in vitro</i> , мкг тирозина в 1 мин	0,87	1,06	0,48*	0,35*	2,76	128,30
Гидролиз гемоглобина в условиях <i>in vitro</i> , г	5,3	57,6	3,5	0,9	67,3	444

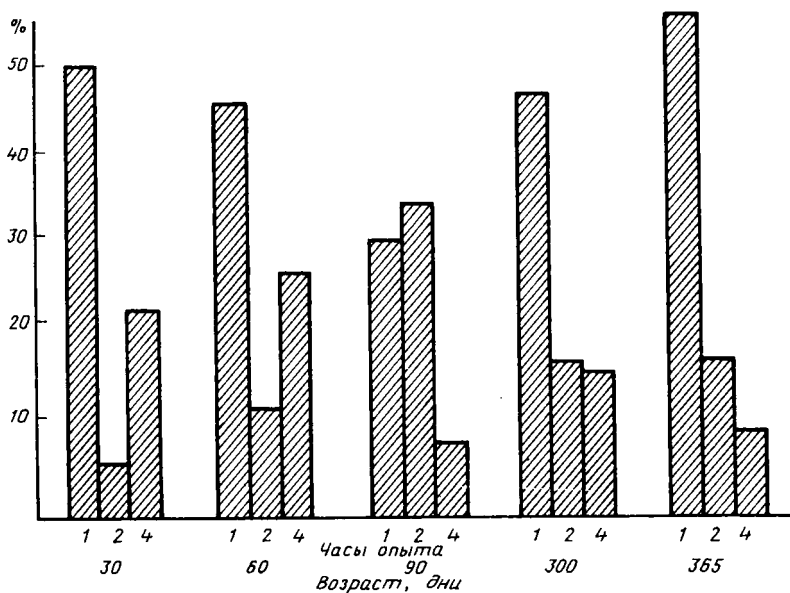
* Разница недостоверна.

о функциональной активности поджелудочной железы и пристенных желез кишечника [7, 8], представленных в табл. 3, показывает, что суммарная активность кишечного сока (0,5 мл) составляла 2,76 мкг/мин — в 46,5 раза ниже протеолитической активности поджелудочного сока (0,5 мл). При этом кишечный сок за счет большего объема (в 20 раз) за сутки способен гидролизовать в 6,6 раза меньше белка, чем панкреатический сок. Следовательно, ведущая роль в переваривании белка принадлежит соку поджелудочной железы, а не кишечнику, как отмечалось нами ранее на основе предварительных расчетов [7].

Первостепенную роль в сокоотделении играет тощая кишка, что обусловлено особенностями микроструктуры ее железистого аппарата и архитектоники внутривисцеральных артерий [5, 6].

В сумме протеолитические ферменты суточного объема панкреатического и кишечного соков годовалых гусей способны гидролизовать такое количество гемоглобина, которое в десятки раз превышает суточную потребность организма в белке. Тенденция многократного превосходства гидролитических возможностей протеаз панкреатического сока установлена также у кур, уток и гусей [4]. Однако нельзя забывать, что наши и литературные [4] данные получены в условиях *in vitro* без учета фактора пристеночного пищеварения и присутствия желчи. В реальных условиях все протеазы пищеварительной системы последовательно взаимодействуют между собой, никогда не достигая 100 % гидролиза разнообразного набора белков рациона. Это положение подтверждается результатами опытов *in vivo* с применением метода вивисекции (рисунок).

Переваривание белка корма (%) у гусей разного возраста.



Выводы

1. В 4-часовом опыте после утреннего кормления максимум ферментовыделительной активности пищеварительного тракта у месячных и двухмесячных гусят проявлялся в первые 2 ч, что совпадало с активной деятельностью поджелудочной железы, а у трехмесячных и десятимесячных гусей — во 2-й половине опыта. У гусей всех возрастов максимальный протеолиз корма был свойствен тощей кишке.

2. По средним данным 5 опытов, количество белка в содержимом желудка в пересчете на проценты к количеству съеденного белка корма за время опыта уменьшалось на 20—30 %, а в тонких кишках гидролизвалось еще 30—50 %.

3. В итоге за 4 ч опыта количество переварившегося белка от съеденного с кормом у интенсивно растущих гусят (30 и 60 дней) составило соответственно 79 и 85 %, десятимесячных (пик яйцекладки) и годовалых (смена оперения) — на уровне 82 %. Самая низкая переваримость белка была у трехмесячных гусей. По всей длине пищеварительного тракта за час опыта в среднем расщеплялось 1—1,5 г белка.

4. Доминирующая роль в протеолизе корма принадлежит соку поджелудочной железы, так как его протеазы способны в течение суток гидролизовать в 6,6 раза больше белка, нежели ферменты кишечного сока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аитов С. Н., Газдаров В. И. Адаптивные изменения протеолитической активности слизистой тощей кишки цыплят-бройлеров при дефиците лизина в рационе — Бюл. ВНИИ физиол., биох. и питания с.-х. животных, 1966, вып. 1, с. 34—35.—2. Аитов С. Н., Газда-

ров В. М. Модификация методики определения протеиназной активности в химусе и слизистой кишечника.— Бюл. ВНИИ физиол., биох. и питания с.-х. животных, 1978, вып. 1, с. 76—78.—3. Алиев А. А. Современная концепция пищеварения. Энтеральный гомеостаз и плазмоформирующая функция пищеварительной системы.— Науч. тр. ВНИИ физиол., биох. и питания с.-х. животных. Боровск, 1985, т. 30, с. 3—9.—4. Батоев Ц. Ж. Внешнесекреторная функция поджелудочной железы гусей и ее регуляция.— Сиб. вестник с.-х. науки, 1973, № 1, с. 50—55.—5. Бобылев А. К. Морфологические изменения органов пищеварения у гусей с возрастом.— Изв. ТСХА, 1988, вып. 5, с. 194—199.—6. Бобылев А. К. Возрастные изменения сосудистого русла органов пищеварения у гусей.— Изв. ТСХА, 1988, вып. 6, с. 166—171.—7. Бобылев А. К. Секреторная и ферментовыделительная функция кишечника у годовалых гусей.— Изв. ТСХА, 1989, вып. 6, с. 139—144.—8. Бобылев А. К. Изменение секреции поджелудочного сока у гусей с возрастом.— Изв. ТСХА, 1990, вып. 1, с. 159—166.—9. Галеулин Р. С. Становление внешнесекреторной функции поджелудочной железы кур в онтогенезе.— Автореф. канд. дис. Ташкент, 1978.—10. Глотов А. С., Бобылев А. К. Секреторная функция тонких кишок гусей.— Тр. ВСХИЗО, 1975, вып. 98, с. 76—78.—11. Данюков В. Д. О дуоденальном пищеварении у птиц (кур).— Уч. зап. Хабаровского пед. ин-та (серия естеств. наук), 1971, т. 34, с. 147—155.—12. Ермакова В. И. Активность ферментов дуоденального химуса кур и цыплят в зависимости от количества принятого корма.— Тр. ВНИТИП, 1969, т. 33, с. 143—153.—13. Ермакова В. И. Функциональная активность поджелудочной железы у цыплят при повышении температуры воздуха.— Сб. науч. тр. ВНИТИП, 1975, т. 39, с. 91—95.—14. Зелятров А. В., Евстратова А. М. Откорм гусей для получения печени.— Информ. бюл. ВНИИТЭИСХ. Достиж. науки и передовой опыт в сельск. хоз-ве, 1975, сер. 2, № 8, с. 16—23.—15. Ковацкий Н. С. Резервы гусеводства.— Птицеводство, 1988, № 10, с. 10—13.—16. Мамаев В. В. Ускоренный откорм

гусей на жирную печень.— Реком. Гос-
агропрома СССР по внедрению дости-
жений науки и практики в производство,
1987, вып. 4, с. 58—61.— 17. *Обухов Л. М.*
Изменение ферментовыделительной ак-
тивности кишечника у индеек в норме
и при белковой недостаточности.—

Науч. тр. Омск. вет. ин-та, 1975, вып. 2,
с. 154—158.— 18. *Поляков И. И.* Неко-
торые данные о поджелудочном и
кишечном соке кур.— Докл. ТСХА,
1958, вып. 38, с. 328—333.

Статья поступила 8 декабря 1990 г.

SUMMARY

The process of digesting protein received with feed is studied in geese of different age in the period between the morning and the next feeding after starvation at night. The data are presented about digestion of protein at this period in certain parts of digestive system, beginning with stomach and further in intestines, 1, 2 and 4 hours after receiving feed. It has been found which part in digestion of protein is taken by gastric juice and intestinal juice.