

АНАЛИЗ КОЛИЧЕСТВЕННОГО И КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА НЕБЕЛКОВОЙ ФРАКЦИИ В КОРМОВОМ СЫРЬЕ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Резюме. На основании массива данных по более чем 600 образцам установлены статистически значимые диапазоны разницы между содержанием сырого протеина, определяемым по методу Кельдаля, и массовой долей белка по Барнштейну для пяти видов муки животного происхождения. Количественно и качественно определено содержание азотсодержащих соединений, которое составляет разницу между сырым протеином и белком по Барнштейну. Эта разница связана с наличием водорастворимых продуктов деструкции белков, происходящей в результате воздействия условий технологических процессов, вызванных гидролизом и конформационными деформациями в процессе денатурации и деструкции пептидов.

Ключевые слова: сырой протеин, белок по Барнштейну, кормовые компоненты животного происхождения, азотсодержащие соединения, деструкция белков, гидролиз белков, денатурация белков, качество кормового сырья, комбикормовое производство.

ANALYSIS OF THE QUANTITATIVE AND QUALITATIVE COMPOSITION OF THE NON-PROTEIN FRACTION IN FEED RAW MATERIALS OF ANIMAL ORIGIN

Abstract. Based on a dataset comprising more than 600 samples, statistically significant ranges of the difference between crude protein and protein content determined by the Bernstein method were established for five types of animal-derived meals. A series of experiments was conducted to collect and process data on the difference between crude protein and protein content determined by the Bernstein method in animal-derived feed ingredients used in compound feed production. The average values of this parameter and the range of values encountered in practical feedstuff evaluation were determined. The nitrogen-containing compounds responsible for the difference between crude protein and protein content determined by the Bernstein method were quantitatively and qualitatively characterized. For the analyzed materials, this difference was found to be associated with the presence of water-soluble protein degradation products formed under technological processing conditions as a result of protein hydrolysis and conformational changes occurring during protein denaturation and subsequent peptide degradation.

Key words: crude protein, protein content determined by the Bernstein method, animal-derived feed ingredients, nitrogen-containing compounds, protein degradation, protein hydrolysis, protein denaturation, feed raw material quality, compound feed production.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Проверку качества источников кормового белка в ряде случаев проводят посредством контроля разницы между результатами определения содержания сырого протеина и массовой доли истинного белка (определяемого, в частности, по методу Барнштейна) [13, 14, 15]. Несмотря на то что ГОСТ Р 57221–2016 изначально был разработан для кормовых дрожжей и продуктов микробного синтеза [15], изложенный в нем метод получил широкое распространение для сырья животного происхождения. Его аналитическая сущность состоит в осаж-

УДК 636.085:543

Научная статья

DOI 10.69539/2413-287X-2026-06-3-273

СТАНИСЛАВ ИГОРЕВИЧ МАРАКУЛИН¹,

соискатель, руководитель лаборатории анализа кормов и сельскохозяйственной продукции

ORCID: 0000-0002-3139-6912

E-mail: r1z0@bk.ru

МАРИНА АЛЕКСАНДРОВНА ТИТОВА¹,

заместитель руководителя лаборатории анализа кормов и сельскохозяйственной продукции

E-mail: m-titova1979@yandex.ru

ДМИТРИЙ ИВАНОВИЧ ГРОЗДОВ¹,

химик-аналитик 2 категории лаборатории анализа кормов и сельскохозяйственной продукции

E-mail: dgrozdov@agrolepm.ru

АЛЛА ВЛАДИМИРОВНА БОРИСОВА¹,

химик-аналитик 1 категории лаборатории анализа кормов и сельскохозяйственной продукции

E-mail: Alchik.borisova@gmail.com

СЕРГЕЙ ГРИГОРЬЕВИЧ СОН¹,

химик-аналитик 2 категории лаборатории анализа кормов и сельскохозяйственной продукции

ORCID: 0009-0000-3097-8059

E-mail: sonsergei328@gmail.com

ПАВЕЛ ВЛАДИСЛАВОВИЧ СОРОКИН¹,

химик-аналитик 2 категории лаборатории анализа кормов и сельскохозяйственной продукции

ORCID: 0009-0003-5706-7759

E-mail: soroka.boy@gmail.com

¹ООО «Агроплем»

115409, Россия, Москва, Каширское шоссе, д. 49

Поступила в редакцию: 13.04.2026

Одобрена после рецензирования: 27.06.2026

Принята в публикацию: 27.06.2026

UDC 636.085:543

Research article

DOI 10.69539/2413-287X-2026-06-3-273

STANISLAV I. MARAKULIN¹,

Applicant, Head of the Laboratory for Analysis of Feed and Agricultural Products

ORCID: 0000-0002-3139-6912

E-mail: r1z0@bk.ru

MARINA A. TITOVA¹,

Deputy Head of the Laboratory for Analysis of Feed and Agricultural Products

E-mail: m-titova1979@yandex.ru

DMITRY I. GROZDOV¹,

2nd Category Analytical Chemist at the Feed and Agricultural Product Analysis Laboratory

E-mail: dgrozdov@agrolepm.ru

ALLA V. BORISOVA¹,

1st Category Analytical Chemist at the Feed and Agricultural Product Analysis Laboratory

E-mail: Alchik.borisova@gmail.com

SERGEY G. SON¹,

2nd Category Analytical Chemist at the Feed and Agricultural Product Analysis Laboratory

ORCID: 0009-0000-3097-8059

E-mail: sonsergei328@gmail.com

PAVEL V. SOROKIN¹,

2nd Category Analytical Chemist at the Feed and Agricultural Product Analysis Laboratory

ORCID: 0009-0003-5706-7759

E-mail: soroka.boy@gmail.com

¹Agrolepm LLC

115409, Russia, Moscow, Kashirskoe шоссе, 49

Received by editor office: 04.13.2026

Approved in revised: 06.27.2026

Accepted for publication: 06.27.2026

дении истинного белка гидроксидом меди с последующим удалением водорастворимых небелковых азотистых соединений горячей водой, что позволяет количественно оценить долю азота, не входящего в состав полноценного белка.

При производстве мясной, мясокостной, кровяной, перьевой и рыбной муки под действием температуры, давления и механических воздействий происходят денатурация и деструкция белков [1, 2]. В зависимости от вида сырья и параметров обработки могут нарушаться четвертичная, третичная и вторичная структуры белковых молекул, а в ряде случаев частично и первичная структура [2, 3, 8]. Эти изменения можно классифицировать как процессы денатурации и деструкции [1, 6].

Денатурация белков нарушает нативную пространственную структуру, в основном вторичную и третичную, при этом первичная структура, как правило, сохраняется [1, 2]. Данный процесс не влияет на общее содержание азота (сырого протеина), однако сопровождается изменением физико-химических и биологических свойств белка [1, 2, 6].

Деструкция сопровождается гидролитическим расщеплением пептидных связей с образованием аммонийных соединений, свободных аминокислот, коротких пептидов и других низкомолекулярных азотсодержащих продуктов [4, 8, 9, 12]. Это приводит к снижению доли истинного белка при сохранении общего содержания азота, а также к накоплению водорастворимых форм небелкового азота [13, 14]. Наибольшему риску деструктивных изменений подвержена мука животного происхождения, получаемая с применением интенсивной термообработки, варки и длительной сушки [7, 10, 11, 16]. Несмотря на высокую практическую значимость, количественный состав водорастворимой фракции, формирующей разницу между сырым протеином и белком по Барнштейну, до настоящего времени детально не изучался, а критерии оценки качества по этому показателю отсутствуют.

Цель настоящего исследования: на основании анализа более 600 образцов установить статистически значимые диапазоны разницы между сырым протеином и белком по Барнштейну для основных видов муки животного происхождения (рыбная, мясокостная, мясная, кровяная, перьевая), а также идентифицировать и количественно оценить азотсодержащие фракции, составляющие эту разницу.

МЕТОДОЛОГИЯ

Испытания сырьевых компонентов комбикормов животного происхождения проводились на следующие показатели, в соответствии с действующими НД. Сырой протеин — ГОСТ 13496.4-2019 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина». Белок по Барнштейну — ГОСТ Р 57221-2016 «Дрожжи кормовые». Свободные аминокислоты и аминокислоты с гидролизом — ГОСТ 32195-2013 «Корма, комбикорма. Метод определения содержания аминокислот». Катионы аммония — ГОСТ

Р 56374-2015 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли катионов аммония, калия, натрия, магния и кальция методом капиллярного электрофореза». Карбамид — ГОСТ 29113-2016 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли карбамида». Нитраты — ГОСТ Р 56375-2015 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли хлорид-, сульфат-, нитрат- и фосфат-ионов методом капиллярного электрофореза». Нитриты — СОП-ЛК 3.21.1 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение нитритов методом капиллярного электрофореза». Отсутствие небелковых, растительных и нетипичных включений было предварительно установлено при помощи микроскопического анализа и блока качественных реакций в соответствии с СОП-ЛК 3.04.1 «Качественные реакции для определения фальсификаций кормов и комбикормового сырья» и СОП-ЛК 3.13.1 «Микроскопия комбикормового сырья». Следует отметить, что микроскопический анализ кормов является сравнительным методом испытаний и основан на идентификации характеристических признаков компонентов. Визуальная оценка неорганических включений часто не дает понимания их состава, в этом случае применяются качественные реакции. Это химическое взаимодействие веществ, характеризующееся внешними физическими проявлениями, позволяющими селективно определить ионы или функциональные группы различных соединений. К физическим проявлениям относят выделение газа, изменение цвета, образование осадка, появление специфического запаха и др.

Для детального фракционирования азотсодержащих соединений случайным образом были отобраны образцы каждого вида муки (перьевая, кровяная, мясокостная из птицы, рыбная) из общей выборки, не содержащие признаков фальсификации.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В выборку для статистической обработки вошли результаты испытаний образцов, поступивших от различных поставщиков РФ в период с января 2022 г. по март 2026 г. Из нее были исключены пробы, признанные фальсифицированными по данным микроскопии и качественных реакций. Для каждой группы сырья рассчитаны среднее арифметическое разницы (M), стандартное отклонение (σ), коэффициент вариации (CV) и 95%-ый доверительный интервал среднего ($M \pm t_{0,05} \times \sigma / \sqrt{n}$). Итоговый объем выборок представлен в таблице 1.

Наименьшая вариабельность результатов отмечена у *мясокостной муки* (коэффициент вариации 17,2%), что свидетельствует о наиболее стабильном соотношении между показателями сырого протеина и белка по Барнштейну. Наибольшая вариабельность установлена для *кровяной муки* (46,2%), что указывает на значительную неоднородность выборки и высокий разброс значений. Высокий

Таблица 1. Разница между содержанием сырого протеина и массовой долей белка по Барнштейну

Вид муки	Количество образцов, <i>n</i>	Среднее значение разницы (<i>M</i>)*, %	Стандартное отклонение (σ), %	Коэффициент вариации (<i>CV</i>)**, %	95%-ный доверительный интервал среднего, %	Диапазон разницы (мин.-макс.)***, %
Рыбная	137	2,9	0,99	34,1	2,74–3,06	0,9–6,2
Мясокостная	124	4,4	0,76	17,2	4,29–4,51	2,4–8,1
Мясная	142	6,5	1,61	24,7	6,24–6,76	2,9–9,4
Кровяная	116	1,7	0,79	46,2	1,56–1,84	0,1–6,4
Перьевая	98	3,8	0,82	21,6	3,62–3,98	1,7–5,9

*Отражает среднее значение разницы между содержанием сырого протеина и массовой долей белка по Барнштейну.

**Степень разброса значений разницы относительно среднего, рассчитана как:

(Стандартное отклонение / Среднее значение разницы) × 100%.

***Минимальное и максимальное значение выявленных разниц между содержанием сырого протеина и массовой долей белка по Барнштейну.

коэффициент вариации для кровяной муки может объясняться различной степенью термической обработки крови при производстве: от щадящих режимов (сушка распылением при 120–140°C) до жестких (варка с последующей сушкой при 180°C). Кровь содержит легко денатурируемый гемоглобин, который при перегреве интенсивно гидролизует с образованием аммония и коротких пептидов. Кроме того, колебания качества исходной крови (степень гемолиза, срок хранения до переработки) также вносят вклад в разброс. Для рыбной муки коэффициент вариации составил 34,1%, что характеризует выборку как умеренно неоднородную. Средняя разница между показателями составила 2,9%, при диапазоне значений от 0,9% до 6,2%. В целом это подтверждает наличие устойчивых различий между содержанием сырого протеина и массовой долей белка по Барнштейну, величина которых зависит от типа используемого сырья.

В рамках данного исследования причины вариабельности не анализировались целенаправленно, однако предполагается, что основными факторами являются различия в технологических режимах производства. Для определения качественного и количественного состава разности между сырым протеином и белком по Барнштейну было проведено несколько типов исследований. Пробы муки животного происхождения (рыбной, перьевой, кровяной, мясокостной из птицы) отбирали случайным образом и формировали из них образцы. Сводная информация с перечнем образцов, их маркировкой, результатами определения содержания сырого протеина и массовой доли белка по Барнштейну содержится в таблице 2.

На первом этапе работы для оценки качественного и количественного состава небелковой азотистой фракции (разницы между сырым протеином и белком по Барнштейну) определяли содержание катионов аммония, массовую долю карбамида, содержание нитратов и нитритов. Результаты испытаний показали, что карбамид, нитраты и нитриты во всех исследованных образцах не были обнаружены, их содержание находилось ниже предела обнаружения использованными методами (табл. 3).

Таблица 2. Содержание сырого протеина и массовая доля белка по Барнштейну

Вид муки	Код образца	Сырой протеин, %	Белок по Барнштейну, %	Разница, %
Перьевая	МП1	89,62 ± 2,83	85,81 ± 2,78	3,81
	МП2	86,47 ± 2,74	82,34 ± 2,68	4,13
	МП3	89,98 ± 2,84	87,47 ± 2,82	2,51
Кровяная	МК1	86,11 ± 2,73	80,03 ± 2,62	6,08
	МК2	89,32 ± 2,82	85,72 ± 2,78	3,60
	МК3	88,16 ± 2,79	85,03 ± 2,76	3,13
Мясокостная из птицы	ММК1	72,08 ± 2,34	65,66 ± 2,21	6,42
	ММК2	72,13 ± 2,34	66,06 ± 2,22	6,07
	ММК3	70,79 ± 2,30	65,28 ± 2,20	5,51
Рыбная	РР1	59,09 ± 1,97	57,94 ± 2,00	1,15
	РР2	73,80 ± 2,39	71,53 ± 2,38	2,27
	РР3	74,72 ± 2,41	73,61 ± 2,44	1,11

Таблица 3. Содержание катионов аммония и массовая доля карбамида, нитратов и нитритов

Вид муки	Код образца	Катионы аммония*, %	Эквивалент сырого протеина по аммонийному азоту**, %	Карбамид*, %	Нитраты и нитриты*, %
Перьевая	МП1	0,16 ± 0,03	0,78	Менее 0,06	Менее 0,01
	МП2	0,21 ± 0,04	1,02		
	МП3	0,14 ± 0,03	0,68		
Кровяная	МК1	0,60 ± 0,10	2,92		
	МК2	0,24 ± 0,05	1,17		
	МК3	0,30 ± 0,06	1,46		
Мясокостная из птицы	ММК1	0,06 ± 0,01	0,29		
	ММК2	0,05 ± 0,01	0,24		
	ММК3	0,04 ± 0,01	0,19		
Рыбная	РР1	0,03 ± 0,01	0,15		
	РР2	0,04 ± 0,01	0,19		
	РР3	0,04 ± 0,01	0,19		

*Предел чувствительности методов: ГОСТ Р 56375-2015 (нитраты) — 0,01%; СОП-ЛК 3.21.1 (нитриты) — 0,01%; ГОСТ 29113-2016 (карбамид) — 0,06%.

**Эквивалент сырого протеина по аммонийному азоту рассчитан как содержание катионов аммония (NH_4^+), умноженное на (6,25 × (14/18)), с учетом молекулярной массы NH_4^+ .

В то же время во всех образцах были выявлены катионы аммония. Присутствие аммония может быть обусловлено как прямым образованием при деструкции белков и других азотсодержащих соединений, так и гидролизом амидов при проведении анализа. Так как содержание сырого протеина вычисляют исходя из количества общего азота с применением стандартного коэффициента 6,25, содержание аммонийного азота было пересчитано в эквивалентное содержание сырого протеина. Эквивалентное содержание сырого протеина, рассчитанное по аммонийному азоту, во всех образцах оказалось ниже разницы между массовой долей сырого протеина и белка по Барнштейну. Это указывает на присутствие в исследованных продуктах, помимо аммония, других водорастворимых азотсодержащих соединений.

На следующем этапе работы изучали состав аминокислот в фильтрате, образующемся при определении белка по Барнштейну. Данный метод основан на осаждении белков с последующим удалением водорастворимых небелковых азотистых веществ горячей водой. В раствор при этом переходят не только свободные аминокислоты, но и короткоцепочечные пептиды (цепочки, состоящие из нескольких аминокислотных остатков). Для их количественного учета в фильтратах определяли содержание свободных аминокислот (без гидролиза) и их общее содержание (после гидролиза). Результаты испытаний представлены в таблице 4.

Таблица 4. Состав водорастворимой части фильтратов

Вид муки	Код образца	Разница**, %	Сумма азотсодержащих соединений, %	Эквивалент сырого протеина по азоту***, %		
				катионы аммония	свободные аминокислоты	аминокислоты после гидролиза* фильтрата
Перьевая	МП1	3,81	3,53	0,78	0,11	2,64
	МП2	4,13	3,51	1,02	0,18	2,31
	МП3	2,51	2,21	0,68	0,11	1,42
Кровяная	МК1	6,08	4,65	2,92	0,19	1,54
	МК2	3,6	2,26	1,17	0,12	0,97
	МК3	3,13	2,66	1,46	0,10	1,11
Мясо-костная из птицы	ММК1	6,42	6,06	0,29	3,50	2,26
	ММК2	6,07	5,49	0,24	3,38	1,87
	ММК3	5,51	4,94	0,19	3,43	1,31
Рыбная	МР1	1,15	0,80	0,15	0,51	0,14
	МР2	2,27	1,40	0,19	0,94	0,27
	МР3	1,11	0,90	0,19	0,54	0,17

*Разница между содержанием общих и свободных аминокислот.

**Разница между содержанием сырого протеина и истинного белка (по Барнштейну).

***Показатель, полученный путем пересчета азота, содержащегося в катионах аммония, свободных аминокислотах и аминокислотах, найденных после гидролиза фильтрата в рамках настоящего исследования с использованием коэффициента 6,25.

Для перьевой муки сумма азотсодержащих соединений, пересчитанных на эквивалент сырого протеина с использованием коэффициента 6,25, составила от 85 до 93% от разницы между содержанием белка по Барнштейну и содержанием сырого протеина в образцах. Наибольший вклад вносят аминокислоты (55–70% от разницы), содержание которых определено после гидролиза фильтрата.

В кровяной муке сумма азотсодержащих соединений, пересчитанных на эквивалент сырого протеина, — от 62 до 76%. При этом вклад аминокислот в данном случае не превышает 35%. Наибольшая часть азотсодержащих соединений приходится на эквивалент сырого протеина, пересчитанного исходя из содержания азота в катионах аммония. Этот вклад достигает 50% от разницы, что, безусловно, требует дальнейшего изучения.

В мясокостной муке из птицы сумма азотсодержащих соединений, пересчитанных на эквивалент сырого протеина, — 90–94% от разницы между содержанием белка по Барнштейну и сырого протеина в образцах. Как и в случае с перьевой мукой, наибольший вклад вносят аминокислоты, как свободные, так и пептидные.

В рыбной муке сумма, полученная для эквивалента сырого протеина, находится в пределах от 61 до 81%. Неполное покрытие разницы (особенно для рыбной муки) может быть связано с присутствием в фильтрате соединений, не определявшихся в данной работе, а именно: коротких пептидов, не дающих полного гидролиза до свободных аминокислот при стандартных условиях; азотистых оснований (пурины, пиримидины); амидов, не перешедших в аммоний. Также это может быть связано с возможной потерей летучих азотистых соединений (аммиак, летучие амины) при упаривании фильтрата. Наибольший вклад в идентифицированную часть вносят свободные аминокислоты.

Таким образом, полученные данные четко показывают, что разница между содержанием сырого протеина и белка по Барнштейну не является «артефактом метода», а отражает реальное присутствие водорастворимых небелковых азотистых соединений. Наиболее значимый вклад в разницу вносят свободные аминокислоты (доминируют в мясокостной и рыбной муке), короткие пептиды (преобладают в перьевой муке) и аммонийные соли (особенно в кровяной муке — до 65% от разницы).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненное исследование на обширном статистическом материале (более 600 образцов) впервые дает количественную характеристику разницы между сырым протеином и белком по Барнштейну для пяти основных видов муки животного происхождения. Показано, что эта разница не является артефактом метода, а представляет собой аналитически значимую сумму водорастворимых небелковых азотистых соединений — свободных аминокислот.

кислот, коротких пептидов и аммонийного азота, образующихся в результате термогидролитической деструкции белков. Результаты демонстрируют, что технологические процессы, сопровождающиеся термическим воздействием, варкой и гидролизом, приводят к денатурации и частичной деструкции белков, формированию свободных

аминокислот и низкомолекулярных водорастворимых пептидов, аммонийного белка. Эти изменения влияют на физико-химические и биологические свойства белка, что количественно можно оценить разницей между результатами определения массовой доли сырого протеина и белка по Барнштейну.

Литература/Literature

1. *Damodaran, S.* Fennema's Food Chemistry. 4th ed. / S. Damodaran, K. L. Parkin. — Boca Raton: CRC Press, 2008. — 1144 p.
2. *Belitz, H.-D.* Food Chemistry. 4th ed. / H.-D. Belitz, Grosch, W. P. Schieberle. — Berlin: Springer, 2009. — 1070 p.
3. *Walker, J. M.* The Protein Protocols Handbook. 3rd ed. / J. M. Walker (ed.). — New York: Humana Press, 2009. — 1160 p.
4. *Mauron, J.* The Maillard reaction in food: a critical review / J. Mauron // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. — 1981. Vol. 15. — № 2. — P. 143–213.
5. *Hurrell, R. F.* Nutritional significance of cross-link formation during food processing / R. F. Hurrell, K. J. Carpenter // *Nature*. — 1977. — Vol. 265. — P. 802–804.
6. *Friedman, M.* Food browning and its prevention: an overview / M. Friedman // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. — 1996. — Vol. 44. — № 3. — P. 631–653.
7. *Papadopoulos, M. C.* Effect of processing on high-protein feedstuffs: a review / M. C. Papadopoulos // *Biological Wastes*. — 1989. — Vol. 29. — № 2. — P. 123–138.
8. *Adler-Nissen, J.* Enzymatic Hydrolysis of Food Proteins / J. Adler-Nissen. — London: Elsevier Applied Science Publishers, 1986. — 427 p.
9. *Kristinsson, H. G.* Fish protein hydrolysates: production, biochemical, and functional properties / H. G. Kristinsson, B. A. Rasco // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. — 2000. — Vol. 40. — № 1. — P. 43–81.
10. *Parsons, C. M.* Effect of overprocessing on availability of amino acids and energy in soybean meal / C. M. Parsons, K. Hashimoto, K. J. Wedekind et al. // *Poultry Science*. — 1997. — Vol. 76. — № 1. — P. 133–140.
11. *Batterham, E. S.* Availability and utilization of amino acids for growing pigs / E. S. Batterham // *Nutrition Research Reviews*. — 1992. — Vol. 5. — P. 1–18.
12. *Van Soest, P. J.* Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. — 476 p.
13. *Licitra, G.* Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds / Licitra G., Hernandez T. M., Van Soest P. J. // *Animal Feed Science and Technology*. — 1996. — Vol. 57. — № 4. — P. 347–358.
14. National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. — Washington, DC: National Academy Press, 2001. — 381 p.
15. ГОСТ Р 57221–2016. Корма, комбикорма и кормовые добавки. Методы определения массовой доли белка. — М.: Стандартинформ, 2016.
16. *Асланова, М. А.* Получение белкового гидролизата из сырья животного происхождения / М. А. Асланова, А. С. Дыдыкин, Н. Е. Солдатова // *Пищевая промышленность*. — 2018. — № 5. — С. 32–35. ■