

# Проектирование и моделирование новых продуктов питания Engineering and Modeling New Food Products

Научная статья  
УДК 579.66 +664  
DOI: 10.14529/food220107

## БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ПТИЦЫ В ЦЕННЫЙ КОРМОВОЙ БЕЛКОВО-ПРОБИОТИЧЕСКИЙ КОНЦЕНТРАТ

Карина Валерьевна Гращенко<sup>1</sup>✉, [kgraschenkovaaa@urfu.ru](mailto:kgraschenkovaaa@urfu.ru)  
Елена Германовна Ковалева<sup>1</sup>, [e.g.kovaleva@urfu.ru](mailto:e.g.kovaleva@urfu.ru)  
Дмитрий Юрьевич Савиных<sup>2</sup>, [geolog13@yandex.ru](mailto:geolog13@yandex.ru)

<sup>1</sup> Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> НПЦ ООО «Уралбиосинтез», Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** В животноводстве и птицеводстве есть два вида отходов: продукты жизнедеятельности животных (моча, помет) и остатки от разделки животных (потроха, перья, кости). Каждый вид отходов является перспективным сырьем для получения ценного белково-пробиотического концентрата путем биотехнологической переработки в составе питательной среды при глубинном культивировании микроорганизмов. На птицефабрике перья, клювы, потроха, кости перерабатывают в перьевую муку, гидролизат которого может быть использован в качестве такого сырья для получения ценного концентрата как кормовой добавки. В данной работе предложена биотехнологическая переработка отходов птицеводства в пробиотическую кормовую добавку. Целью работы являлось получение и оптимизация новой питательной среды на основе гидролизата перьевой муки для эффективного культивирования *Bacillus subtilis* с целью получения ценного белково-пробиотического концентрата. На первом этапе был выполнен комплекс исследований и проведена оценка основного компонента питательной среды для глубинного культивирования – гидролизата перьевой муки (содержание общего азота, аминокислотный состав, минеральный состав, аминокислотный состав). Далее были подобраны и получены новые питательные среды с ГПМ (гидролизатом перьевой муки) как источника аминокислотного азота, после которого проводили культивирование *Bacillus subtilis* на питательной среде с содержанием аминокислотного азота не менее 4 г/л. Аминокислотный и минеральный составы после гидролиза были улучшены, так как была достигнута оптимальная концентрация аминокислотного азота, который использовали в качестве компонента питательной среды. После этого было проведено культивирование *Bacillus subtilis* на новых питательных средах с получением ценного белково-пробиотического продукта. Полученный осветленный жидкий продукт не уступал в ростовых и накопительных (по биомассе) характеристиках таким продуктам, как соевый и кукурузный ферментативный гидролизат. Таким образом, полученный гидролизат может быть использован в качестве источника азота при приготовлении питательной среды.

**Ключевые слова:** биотехнологическая переработка, отходы, перьевая мука, гидролиз, аминокислотный азот, общий азот, глубинное культивирование, микроорганизм, *Bacillus subtilis*, кормовые добавки

**Для цитирования:** Гращенко К.В., Ковалева Е.Г., Савиных Д.Ю. Биотехнологическая переработка отходов производства птицы в ценный кормовой белково-пробиотический концентрат // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2022. Т. 10, № 1. С. 58–66. DOI: 10.14529/food220107

Original article  
DOI: 10.14529/food220107

## BIOTECHNOLOGICAL PROCESSING OF POULTRY PRODUCTION WASTE INTO A VALUABLE FEED PROTEIN-PROBIOTIC CONCENTRATE

Karina V. Grashenkova<sup>1</sup>✉, kgraschenkova@urfu.ru  
Elena G. Kovaleva<sup>1</sup>, e.g.kovaleva@urfu.ru  
Dmitry Yu. Savinyh<sup>2</sup>, geolog13@yandex.ru

<sup>1</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> NPC LLC "Uralbiosynthesis", Yekaterinburg, Russia

**Abstract.** In this work, biotechnological processing of poultry waste into a probiotic feed additive was carried out. There are two types of waste in animal husbandry and poultry farming, e.g. animal waste products (urine, droppings) and remains from cutting animals (giblets, feathers, bones). Each type of waste is a promising raw material for obtaining a valuable protein-probiotic concentrate using biotechnological processing as a component of a nutrient medium during deep cultivation of microorganisms. In the poultry farm, feathers, beaks, giblets, bones are processed into feather flour, the hydrolysate of which can be used as such raw materials to obtain a valuable concentrate as a feed additive. In this work, such a prepared hydrolysate was used as a nitrogen source in the preparation of a nutrient medium. The main purpose of the work was to obtain and optimize a new nutrient medium based on feather flour hydrolysate for the effective cultivation of *Bacillus subtilis* in order to produce a valuable protein-probiotic concentrate. At the first stage, a complex of studies and evaluation of feather flour hydrolysate as the main component of the nutrient medium obtained for deep cultivation was carried out. Total nitrogen, amine nitrogen, mineral composition, amino acid composition were measured. Further the new nutrient media with feather flour hydrolysate were selected and prepared as a source of amine nitrogen, after which *Bacillus subtilis* was cultured on a nutrient medium with an amine nitrogen content of at least 4 g/l. After hydrolysis, the amino acid and mineral compositions were improved to achieve the desired amine nitrogen content. *Bacillus subtilis* was cultured to produce a valuable protein-probiotic product. The resulting clarified liquid product was not inferior in growth and storage (by biomass) characteristics of products such as soy and corn enzymatic hydrolysate.

**Keywords:** biotechnological processing, waste, feather flour, hydrolysis, amine nitrogen, total nitrogen, deep cultivation, *Bacillus subtilis*, feed additives

**For citation:** Grashenkova K.V., Kovaleva E.G., Savinyh D.Yu. Biotechnological processing of poultry production waste into a valuable feed protein-probiotic concentrate. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2022, vol. 10, no. 1, pp. 58–66. (In Russ.) DOI: 10.14529/food220107

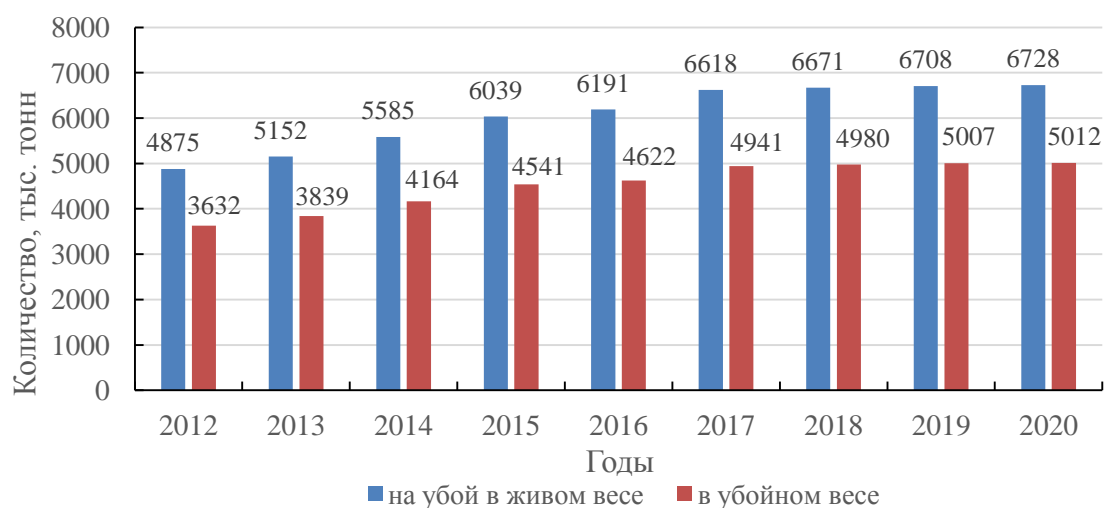
### Введение

На сегодняшний день российское животноводство, в частности птицефабрики, испытывает недостаток полноценных кормов, что ведет к несбалансированному составу и недостатку белка, а вследствие, происходит снижение генетического потенциала продуктивности животных. Объемы животноводства и птицеводства с каждым годом только растут. На протяжении последних восьми лет с 2012–2020 гг. наблюдается устойчивый прирост поголовья птицы (см. рисунок).

Анализируя прирост за представленные года (2012–2020 гг.), ожидаемое количество производства птицы за 2021 год на убой в жи-

вом весе составит 6800 тыс. тонн, а в убойном весе 5066 тыс. тонн.

Можно увидеть динамику увеличения производства мяса и птицы, что указывает на необходимость использования кормов и кормовых добавок для роста, развития и здоровья домашнего скота. Высокое содержание в кормовой муке белков, жиров и минеральных веществ обуславливает ее ценность как продукта для скармливания сельскохозяйственным животным и птицам. Главная задача таких добавок – это улучшение использования питательных веществ при его минимальных затратах на единицу продукции.



Производство мяса птицы в России за 2012–2020 гг.

Высокая стоимость и дефицит традиционных кормов для рациона птицы вынуждают производителей искать альтернативное сырье или новые способы переработки отходов. Для решения этой постоянно растущей и сохраняющейся проблемы необходимо разработать экологически чистые и безотходные технологии. Использование отходов с целью обогащения их микробным белком позволит расширить сырьевую базу для получения кормовых продуктов и сократить сроки выращивания поголовья птицы предположительно на 1–2 дня, что положительно повлияет на экономику производства.

Отходы животноводства необходимо не только перерабатывать различными способами (биотехнологический, термохимический) [1, 2], но и утилизировать, так как это одна из причин загрязнения атмосферы. Проблема экологии на данный момент стоит на первом месте. Изучая статистику образующихся отходов производства животноводства, поднимается вопрос их утилизации или переработки. Известно, что одна птицефабрика емкостью 400 тысяч кур за год вырабатывает такое количество птичьего помета, что в процессе его разложения в атмосферу выделяется почти 700 тонн биологического газа, где 450 тонн составляет метан (65 %), 208 тонн углекислый газ (30 %), 35 тонн сероводород, аммиак и другие соединения (5 %) [3].

Для снижения выбросов метана в сельском хозяйстве необходимо производить растительное «мясо», улучшать селекцию жи-

вотных, давать им специализированный корм для снижения желудочной ферментации и совершенствовать системы хранения навоза [4].

Приблизительный ежегодный экономический ущерб, приносимый экосистеме такими выбросами, составляет 440 миллионов рублей. Поэтому одним из актуальных становится вопрос о разработке методов переработки и утилизации животноводческих отходов.

В настоящее время существуют следующие способы утилизации [5]: ввоз нативного помета, стоков и навоза на поля; компостирование; переработка помета и навоза на корма; биоэнергетические методы и инновационные технологии утилизации и так далее. Недостатками многих способов утилизации являются высокая стоимость транспортировки больших объемов отходов на поля, заражение почвы, подземных и поверхностных вод инфекционными и токсическими веществами, накопление нитратов, меди и цинка в траве и водных источниках.

Каждый вид отходов является сырьем, пригодным для переработки микробиологическим синтезом, с получением при этом ценного пищевого продукта [6]. Например, в работе [7] рассмотрен вариант использования, высушенного или обработанного в автоклаве птичьего помета в качестве корма для птицы. Использование такого корма позволило повысить его усвояемость и массу тела цыплят. Неиспользованные скоропортящиеся белковые отходы – это не только потеря ценного

белкового сырья, а и загрязнение окружающей среды.

Помимо вышеупомянутых способов существуют и биотехнологические способы утилизации отходов, имеющие значительные преимущества перед компостированием за счет того, что снижаются потери питательных веществ в перерабатываемом исходном сырье, значительно повышается уровень экологической чистоты конечных (вторичных) продуктов и сокращения времени переработки сырья. Поэтому наиболее перспективным методом утилизации отходов птичьего производства является переработка отходов в корма [8]. Такой способ позволяет быстро перерабатывать достаточно большое количество отходов. К примеру, существует большое количество микроорганизмов, способных потреблять отходы сельского хозяйства и образовывать микробную биомассу. Самыми перспективными являются быстрорастущие микроорганизмы, такие как *M. thermophila*, *T. lanuginosus*, *H. grisea* и *G. humicola* и дрожжи (представители рода *Rhodotorula*). Считается, что одним из направлений биотехнологии во всем мире является разработка и усовершенствование технологий производства биопрепаратов на основе бактерий рода *Bacillus* [9]. Практика применения пробиотиков на основе *B. subtilis* и *B. licheniformis*, объемы их закупок за рубежом и реализация показывают, что спрос на данные препараты значительно превышает предложение. В работе [10], например, бактерии *Bacillus subtilis* были использованы для приготовления питательных сред.

Следовательно, актуальной задачей как с экологической, так и с экономической точки зрения является утилизация отходов пищевой промышленности, содержащих белки.

**Целью исследования** являлось получение и оптимизация новой питательной среды на основе гидролизата перьевой муки для эффективного культивирования *Bacillus subtilis* с целью получения ценного белково-пробиотического концентрата для использования в качестве кормовой добавки.

#### **Объекты и методы исследования**

Объектом настоящего исследования была выбрана перьевая мука, которая ранее была подвергнута бескислотному гидролизу на производстве. Такая мука представляла собой сыпучую массу, содержащую сырой протеин 60–65 % (источник белка, фосфора и аминокислот), ценные компоненты, обеспечиваю-

щие полноценный рацион питания. Именно поэтому она может быть использована в качестве компонента питательной среды. Полученная перьевая мука далее подвергается кислотному гидролизу. Гидролиз проходил в паровом стерилизаторе (ПЗ ВКа-75-ПЗ) при  $t = 121\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $p = 1,52\text{ бар}$ . Гидролизат перьевой муки является потенциальным источником аминного азота, так как сырой протеин в ходе обработки превращается в аминный азот. Нами варьировалась концентрация HCl до тех пор, пока в результате содержание аминного азота не достигло 4 г/л. Первоначально для приготовления гидролизатов использовалась соляная кислота концентрацией 3 и 6 % при соотношениях перьевая мука, г : кислота, мл 1:10 и 1:15 при  $t = 121\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $p = 1,52\text{ бар}$ . Самое высокое содержание аминного азота было найдено при гидролизе 6 % соляной кислотой при соотношении перьевая мука, г : кислота, мл 1:10. Для улучшения полученных результатов были выбраны концентрации соляной кислоты 5 и 10 % и соотношение перьевая мука, г : кислота, мл 1:10. Гидролиз проводился в стерилизаторе с последующей фильтрацией. Для ускорения процесса фильтрацию проводили сразу после гидролиза. После к гидролизату добавлялась щелочь для доведения pH до pH нейтральной среды.

В гидролизате было проанализировано содержание аминного азота (FAN) двумя методами: нингидриновым и методом формольного титрования. Определение содержания аминного азота нингидриновым методом осуществляли фотоколориметрически. Измеренные значения оптических плотностей испытуемого и стандартного растворов подставляли в формулу:

$$\text{FAN} = \frac{\text{net absorbance of test solution}}{\text{net absorbance of glycine std}} \cdot 2 \cdot \text{dilution}. \quad (1)$$

Методом формольного титрования такой азот вычислялся по формуле

$$m = \frac{V_2 \times K_{C(\text{NaOH})} \times 0,014100}{V_3}, \quad (2)$$

где  $V_2$  – объем раствора гидроксида натрия, израсходованный на титрование испытуемой пробы, мл;  $K$  – поправочный коэффициент к титру раствора гидроксида натрия концентрации  $C_{(\text{NaOH})} = 0,1$  моль/л;  $V_3$  – объем гидролизата, используемый для анализа, мл; 100 – коэффициент пересчета в проценты; 0,0014 – количество азота, соответствующее

1 мл раствора гидроксида натрия концентрации 0,1 моль/л.

Минеральный состав в готовом гидролизате определялся методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (MS-ICP).

Далее полученный гидролизат был использован в качестве компонента питательных сред, получение и оптимизация которых было предметом нашего исследования.

Для посева использовались бактерии *Bacillus subtilis*. Выбор данной бактерии обусловлен тем, что она хорошо культивируется и прекрасно наращивает биомассу, которая может выступать в качестве целевого пробиотического продукта.

Все работы проводились в асептических условиях. В качестве эталонного продукта использовался лиофилизированный штамм *Bacillus subtilis* из коллекции НПЦ ООО «Уралбиосинтез». Препарат разводили по стандартной прописи для лиофилизатов в 2 мл физиологического раствора. Штамм высевался на плотную питательную среду мясо-пептонного агара. Культивирование проводилось при  $t = 37^\circ\text{C}$  в течение 48 часов. Была получена чистая культура без посторонней микрофлоры. Общее количество бактериальных спор было более 70 %. Далее полученная культура использовалась для культивирования на жидких средах. В качестве источника азота был использован гидролизат казеина. Источником же углерода выступала глюкоза. Компонентный состав был взят из литературы, где было предложено несколько вариантов состава [10].

Ранее в [10] было показано, что максимальный выход биомассы бацилл был получен в вариантах сред: В<sub>1</sub>, содержащей 0,17 г/л ГСМ; 16 г/л глюкозы; 0,1 г/л  $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ ; 0,01 г/л  $\text{MnSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ ; 0,4 г/л  $\text{CaCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ ; 0,001 г/л  $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ ; 1,0 г/л NaCl. Для установления оптимального состава по ряду показателей нами была выбрана В<sub>1</sub>. Приготовленная среда стерилизовалась при  $121^\circ\text{C}$  в течение 30 минут. Культивирование проводилось при температуре  $37^\circ\text{C}$  в течение 48 часов.

После готовился посевной материал. Целью данного опыта была проверка возможности использования нейтрального гидролизата перьевой муки (ГПМ) в качестве источника аминного азота. Для приготовления питательной среды брали разное количество разведенного гидролизата для получения оптимального содержания аминного азота, соли и глюкоза были взяты в тех же самых количествах,

что и в описанных ранее экспериментах. В 100 мл подготовленной среды добавлялось 10 мл посевного материала в стерильных условиях. Культивирование проводилось при  $37^\circ\text{C}$  в течение 48 часов в шейкере-инкубаторе с частотой вращения 160 об/мин.

#### Результаты и их обсуждение

Для использования ГПМ в качестве источника аминного азота в питательной среде содержание аминного азота должно быть не менее 4 г/л. Данной концентрации удалось достичь, используя 10 % соляную кислоту в соотношении перьевая мука, г : кислота, мл 1:10. Для сравнения результатов кроме перьевой муки Рефтинской птицефабрики была проанализирована также перьевая мука Белгородской птицефабрики (РПМ – рефтинская перьевая мука, БПМ – белгородская перьевая мука).

Результаты анализа на аминный азот представлены в табл. 1.

Из таблицы видно, что при нингидриновом методе с разбавлением гидролизата в результате анализа увеличивается содержание аминного азота. Содержание аминного азота, определенное этим методом, было несколько меньше, чем в случае формольного титрования. Результаты анализа, полученные из формольного титрования, приведены в табл. 2.

Методом Кьедаля были получены массовые доли белка двух образцов  $\omega_{\text{РП}} = 6,9\%$ ,  $\omega_{\text{БП}} = 7,96\%$ .

Нами в дальнейшем планируется использовать данный продукт в качестве кормовой добавки, поэтому необходимо знать аминокислотный состав в гидролизате. Некоторые аминокислоты важны для продуктивности птиц, такие как аргинин, валин, изолейцин. Аминокислотный состав полученных гидролизатов приведен в табл. 3.

В табл. 4 приведены рассчитанные содержания (в %) каждой аминокислоты в РПМ (рефтинская перьевая мука), БПМ (белгородская перьевая мука) и ГСМ (гидролизат соевой муки).

Гидролизаты соевой и белгородской муки использовали для сравнения. Как видно из таблиц, содержание большинства аминокислот больше у гидролизата соевой муки, но в то же время содержание таких аминокислот, как: глицин + треонин, цистин и пролин больше у РПМ и БПМ по сравнению с ГСМ. Целесообразно было сравнивать РПМ и БПМ, где у РПМ содержание аргинина, валина, изолейцина было выше. Аргинин не продуциру-

Таблица 1

Содержание аминного азота в гидролизате перьевого муки при различных условиях  
и методах определения

Используемый метод, разбавление	Содержание аминного азота (г/л)		
	Концентрация соляной кислоты	РПМ	БПМ
Формольное титрование	$C_{HCl} = 10 \%$ , 1:10	4,41	4,9
Нингидриновый метод (0,1 мл к 10 мл)	$C_{HCl} = 10 \%$ , 1:10	2,77	2,87
Нингидриновый метод (0,1 мл к 20 мл)	$C_{HCl} = 10 \%$ , 1:10	3,18	3,44
Нингидриновый метод (0,1 мл к 40 мл)	$C_{HCl} = 10 \%$ , 1:10	3,19	3,54
Нингидриновый метод (0,1 мл к 80 мл)	$C_{HCl} = 10 \%$ , 1:10	3,25	3,79
Нингидриновый метод (0,1 мл к 100 мл)	$C_{HCl} = 10 \%$ , 1:10	3,43	3,81

Таблица 2

Содержание аминного азота по данным формольного титрования

Анализируемая мука	Массовая доля аминного азота, мг/100 мл	Массовая доля амин- ного азота, г/л
ГПМ Рефтинской птицефабрики	$491,3 \pm 0,6$	$4,913 \pm 0,6$
ГПМ Белгородской птицефабрики	$513,3 \pm 0,5$	$5,133 \pm 0,5$

Таблица 3

Содержание аминокислот в гидролизатах, мкг/мл

Номер	Аминокислота	ГСМ [7]	РПМ	БПМ
1	Валин	$2476 \pm 74$	$725 \pm 163$	$453 \pm 58$
2	Изолейцин	$1884 \pm 57$	$399 \pm 97$	$263 \pm 21$
3	Лейцин	$5295 \pm 159$	$1423 \pm 76$	$1090 \pm 10$
4	Лизин	$3300 \pm 99$	$1545 \pm 252$	$347 \pm 58$
5	Аспарагиновая	$6838 \pm 205$	$4409 \pm 118$	$3063 \pm 57$
6	Глутаминовая	$9487 \pm 285$	$3543 \pm 804$	$2360 \pm 441$
7	Серин	$2645 \pm 79$	$1790 \pm 142$	$2177 \pm 191$
8	Гистидин	$844 \pm 25$	$268 \pm 20$	$110 \pm 46$
	Глицин	–	$2941 \pm 359$	$2313 \pm 186$
	Треонин	–	$1093 \pm 183$	$907 \pm 133$
9	Глицин + треонин	$2070 \pm 62$	$4034 \pm 542$	$3220 \pm 319$
10	Аргинин	$3967 \pm 119$	$1163 \pm 272$	$747 \pm 42$
11	Аланин	$5229 \pm 157$	$1777 \pm 142$	$1030 \pm 113$
12	Тирозин	$1824 \pm 55$	$781 \pm 57$	$670 \pm 36$
13	Метионин	$959 \pm 29$	$378 \pm 54$	$207 \pm 81$
14	Цистин	–	$273 \pm 72$	$407 \pm 61$

Окончание табл. 3

Номер	Аминокислота	ГСМ [7]	РПМ	БПМ
15	Пролин	–	1653 ± 300	1207 ± 488
16	Фенилаланин	2984 ± 90	923 ± 40	640 ± 104
17	Сумма аминокислот	49802	25084	17990

Таблица 4

Содержание аминокислот в гидролизатах, %

Номер	Аминокислота	ГСМ [7]	РПМ	БПМ
1	Валин	4,97	2,89	2,52
2	Изолейцин	3,80	1,59	1,46
3	Лейцин	10,64	5,67	6,06
4	Лизин	6,55	6,16	1,93
5	Аспарагиновая	13,67	17,58	17,03
6	Глутаминовая	19,00	14,12	13,12
7	Серин	5,32	7,14	12,10
8	Гистидин	1,73	1,07	0,61
	Глицин	–	11,72	12,86
	Треонин	–	4,36	5,04
9	Глицин + треонин	4,21	16,08	17,89
10	Аргинин	8,03	4,64	4,15
11	Аланин	10,48	7,08	5,73
12	Тирозин	3,66	3,11	3,72
13	Метионин	1,88	1,51	1,15
14	Цистин	–	1,09	2,26
15	Пролин	–	6,59	6,71
16	Фенилаланин	5,96	3,68	3,56
17	Сумма аминокислот	100,00	100,00	100,00

ется курицами и отвечает за построение перьев, а последние два важны в питании куриц, так как при их недостатке в рационе имеет место нарушение роста и потеря веса у молодняка, у взрослых птиц снижается или прекращается производство яиц.

Содержание большинства аминокислот увеличивается в результате кислотного гидролиза перьевой муки (содержание лизина, например, возросло в 3 раза).

Минимальное количество той или иной аминокислоты может быть обусловлено применением в приготовлении гидролизата кислотного гидролиза. В ходе кислотного гидро-

лиза белков происходят рацемизация и разрушение некоторых составляющих их аминокислот. При кислотном гидролизе полностью разрушается триптофан и достаточно значительны потери цистеина, метионина и тирозина (10–30 %).

Методом ICP-MS было показано, что ГПМ после переработки содержит значительное количество Ca, P, S, K, Na, Mg и минимальное Hg, Ti, Be элементов.

В работе подобрана и приготовлена новая питательная среда с ГПМ (источник аминного азота), проведено культивирование *Bacillus subtilis* с получением ценного белково-

пробиотического продукта. Полученный осветленный жидкий продукт не уступал в ростовых и накопительных (по биомассе) характеристиках таким продуктам, как соевый

и кукурузный ферментативный гидролизат.

Таким образом, полученный гидролизат может быть использован в качестве источника азота при приготовлении питательной среды.

### Список литературы

1. Brandelli A. Characterization of a Novel Feather-Degrading *Bacillus* sp. Strain. Brasil, 2004.
2. Дубровин А.В., Свентицкий И.И. Комплекс безотходного птицеводства и свиноводства с собственным производством кормов и энергии. Патент (RU 2423826 C2), 2009.
3. Мир-ecology. 2021. URL: <https://tsk-eko.ru/vidy-othodov/rastitelnye-othody-2.html> (дата обращения 02.02.2021).
4. Рамблер. 2021. URL: <https://finance.rambler.ru/> (дата обращения 10.08.2021)
5. Бондарев И.А. Методы утилизации отходов // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности. Волгоград, 2019. С. 129–131.
6. Leea J-K., Sungb B.H. Biomolecules from municipal and food industry wastes: An overview. Republic of Korea, 2019.
7. Ali L., Hegazi A. & El-Sagheer M. Ahmed. Bacteriological Evaluation of Dried Poultry Waste in Poultry Rations. Egypt, 2014.
8. Пискаева А.И. Биотехнологические аспекты утилизации отходов птицеперерабатывающих предприятий. Кемерово, 2016. С. 5–25.
9. Кулабухова Н.В., Козупова О.Н., Ясинская Д.С.. Переработка отходов сельскохозяйственного производства биотехнологическими методами // В мире научных открытий: материалы III Международной студенческой научной конференции. Ульяновск, 2019. С. 3–5.
10. Вишняков А.В. Приготовление питательных сред на основе гидролизата соевой муки для глубинного культивирования бактерий рода *Bacillus*. М., 2006.

### References

1. Brandelli A. *Characterization of a Novel Feather-Degrading Bacillus sp. Strain*. Brasil, 2004.
2. Dubrovin A.V., Sventizkii I.I. *Kompleks bezotkhodnogo pitsevodstva i zhivotnovodstva s sobstvennym proizvodstvom kormov i energii* [Complex of waste-free poultry and animal husbandry with its own feed production and energy]. Patent (RU 2423826 C2), 2009.
3. Mir-ecology, 2021. URL: <https://tsk-eko.ru/vidy-othodov/rastitelnye-othody-2.html> (accessed 02 February 2021).
4. Rambler, 2021. URL: <https://finance.rambler.ru/> (accessed 10 August 2021).
5. Bondarev I.A. Methods of waste disposal. *Actual'nye problemy stroitel'stva, ZHKKH i tekhnosfernoy bezopasnosti* [Actual problems of construction, housing and communal services and technosphere safety]. Volgograd, 2019, pp. 129–131. (In Russ.)
6. Leea J-K., Sungb B.H. *Biomolecules from municipal and food industry wastes: An overview*. Republic of Korea, 2019.
7. Ali L., Hegazi A. & El-Sagheer M. Ahmed. *Bacteriological Evaluation of Dried Poultry Waste in Poultry Rations*. Egypt, 2014.
8. Piskaeva A.I. Biotechnological aspects of waste disposal of poultry processing enterprises. [Unique research of the XXI century]. Kemerovo, 2016, pp. 5–25. (in Russ.)
9. Kulabukhova N.V., Kozupova O.N., Yasinskaya D.S. Processing of agricultural production waste by biotechnological methods. *V mire nauchnykh otkrytiy: materialy III Mezhdunarodnoy studencheskoy nauchnoy konferentsii* [In the world of scientific discoveries: materials of the III International Student Scientific Conference]. Ulyanovsk, 2019, pp. 3–5. (in Russ.)
10. Vishnyakov A.V. *Prigotovlenie pitatel'nykh sred na osnove gidrolizata soevoy muki dlya glubinnogo kul'tivirovaniya bakteriy roda Bacillus* [Preparation of nutrient media based on soy flour hydrolysate for deep cultivation of bacteria of the genus *Bacillus*]. Moscow, 2006.



*Информация об авторах*

**Гращенкова Карина Валерьевна**, магистрант кафедры «Технологии органического синтеза», Химико-технологический институт, Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия, kgraschenkovaaa@urfu.ru.

**Ковалева Елена Германовна**, кандидат химических наук, профессор кафедры «Технологии органического синтеза», Химико-технологический институт, Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия, e.g.kovaleva@urfu.ru.

**Савиных Дмитрий Юрьевич**, директор НПЦ ООО «Уралбиосинтез», Екатеринбург, Россия, geolog13@yandex.ru.

*Information about the authors*

**Karina V. Grashenkova**, Master's student of the Department of Organic Synthesis Technologies, Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia, kgraschenkovaaa@mail.ru

**Elena G. Kovaleva**, Candidate of Chemical Sciences, Professor of the Department of Organic Synthesis Technologies, Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia, e.g.kovaleva@urfu.ru

**Dmitry Yu. Savinyh**, the head of the NPC LLC “Uralbiosynthesis”, Yekaterinburg, Russia, geolog13@yandex.ru

*Статья поступила в редакцию 07.01.2022*

*The article was submitted 07.01.2022*