

## МИКРОБНАЯ ФЕРМЕНТАЦИЯ СУБПРОДУКТОВ ПТИЦЫ

О.В. Зинина<sup>1</sup>, С.П. Меренкова<sup>1</sup>, А.С. Князева<sup>2</sup>,

М.А. Марушкевич<sup>1</sup>, К.С. Гаврилова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

<sup>2</sup> ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва, Россия

Цель работы – исследование влияния микробной ферментации субпродуктов птицы на накопление продуктов гидролиза белка и изменение микроструктуры гидролизатов. В качестве объектов исследования выбраны мышечные желудки цыплят-бройлеров и кур родительского стада, которые подвергали микробной ферментации бактериальными концентратами пропионовокислых бактерий и бифидобактерий. Ферментацию проводили при температурах 30, 35 и 40 °С в течение 16 ч. Для анализа степени гидролиза определяли содержание аминного азота через каждые 4 часа ферментации. Отмечено, что под действием ферментов микроорганизмов происходит более глубокий гидролиз молекулы белка с интенсивным накоплением аминного азота. При этом наиболее высокое накопление аминного азота наблюдается при микробной ферментации желудков пропионовокислыми бактериями при температуре 30 °С, а бифидобактериями – при температуре 40 °С. Также о степени гидролиза судили по накоплению свободных аминокислот. Установлено увеличение концентрации свободных аминокислот в контрольных и экспериментальных образцах гидролизатов после 16 часов ферментации. В гидролизатах желудков, ферментированных пропионовокислыми бактериями и бифидобактериями, наблюдалось значительное накопление незаменимых аминокислот. Содержание как незаменимых, так и заменимых аминокислот в гидролизатах субпродуктов цыплят-бройлеров в несколько раз выше, по сравнению с субпродуктами кур маточного стада. Исследования микроструктуры гидролизатов желудков с помощью сканирующей электронной микроскопии показали, что под действием бактерий происходит значительное изменение структуры мышечных и коллагеновых волокон, их диссоциация на многочисленные тонкие фибриллы и формирование ретикулярной структуры в сочетании с глобулярными белками и минеральными компонентами сыворотки. Образцы, обработанные бактериальными ферментами, имели более открытую микроструктуру и большую пористость. В результате проведенных исследований установлено, что микробная ферментация приводит к глубокому гидролизу белков, входящих в состав мышечных желудков птицы. При благоприятных для каждого вида бактерий температурных режимах ферментации гидролиз происходит более интенсивно.

**Ключевые слова:** мышечный желудок, микробная ферментация, бактериальный концентрат, микроструктура, гидролизат.

### Актуальность исследований

Во всем мире промышленное птицеводство представляет крупную специализированную отрасль, которая имеет перспективы развития.

В разных странах появляются комплексы различной мощности, оснащенные современными технологическими линиями, где внедряются новые технологии по переработке птицы; расширяется ассортимент выпускаемой продукции [1, 2]. Мясо птицы в настоящее время является наиболее важным источником животного белка во многих странах мира, и эта тенденция подчеркивает важность птицеводческой промышленности и стимулирует ее дальнейший рост [3, 4].

Сегодня для многих птицеперерабатывающих предприятий актуальна проблема рационального использования вторичных продуктов переработки птицы, богатых белком, одним из которых является коллаген [5]. Головы, ноги, гребни и желудки являются вторичными продуктами, образующимися при первичной переработке птицы, и имеют ограниченное применение в современном производстве продуктов питания [1, 6–8].

Коллаген, входящий в состав субпродуктов птицы, является потенциальным источником для получения не только животных кормов, но и пищевого белка [9, 10]. Нерациональное использование в полном объеме бе-

локсодержашего сырья является причиной существующих экологических проблем предприятий отрасли, а также нехватки продовольственных ресурсов. Расширенное использование коллагенсодержащих продуктов птицеводства в производстве продуктов питания путем изменения их свойств способствует развитию предприятий по переработке птицы и увеличивает их доходность благодаря выпуску продукции с добавленной стоимостью. Ферментативная обработка вторичных продуктов переработки птицы является экологичной альтернативой традиционной кислотной или щелочной модификации сырья [11].

Потенциал субпродуктов птицы отмечен в качестве субстратов для получения белковых гидролизатов с различными функциональными свойствами и биологической активностью [12]. Белки, которые в настоящее время используются в качестве корма для животных, могут быть модифицированы и улучшены для потребления человеком [13]. Гидролиз субпродуктов может происходить разными способами [7]. Ферментативная обработка является более физиологичной, ее можно проводить как с использованием протеолитических ферментов, так и с использованием живых культур бактерий. Микробная ферментация происходит под действием набора ферментов, вырабатываемых микроорганизмами [14]. При выборе способа гидролиза учитываются следующие критерии: простота экстракции и выделение белков; белки предпочтительно должны находиться в неденатурированном состоянии; отсутствие сопутствующих соединений; высокая растворимость гидролизата в широком диапазоне pH; сбалансированный аминокислотный профиль [13].

Процесс гидролиза белка направлен на разрыв связей между пептидами в полипептидной цепи белка с целью получения низкомолекулярных компонентов и свободных аминокислот, которые способны эффективно усваиваться в организме человека [15]. Биоактивные пептиды образуются при гидролизе белка под действием протеаз, синтезируемых ферментирующими организмами [16]. Биоактивные пептиды, помимо высокой пищевой ценности, обладают антимикробной, антиоксидантной и иммуномодулирующей активностью, способствуют лечению и профилактике значительному перечню заболеваний человека.

Таким образом, **целью работы** является исследование влияния микробной фермента-

ции субпродуктов птицы на накопление продуктов гидролиза белка и изменение микроstructures гидролизатов.

### Материалы и методы

#### Сырье и материалы

Объектами исследований являлись мышечные желудки цыплят-бройлеров, полученные при убое птицы в возрасте 41 день (РОСС 308, средний живой вес 2,3 кг); и мышечные желудки кур родительского стада, полученные при убое птицы в возрасте 11 месяцев (средний живой вес 4 кг).

Для микробной ферментации желудков использовали пробиотические закваски, выпускаемые ООО «Пропионикс» (г. Москва):

– «Пропионикс» – концентрированную микробную массу штамма *Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii* – КМ 186 с активностью  $10^{10}$ – $10^{11}$  КОЕ/см<sup>3</sup>;

– бактериальный концентрат *Bifidobacterium longum B379M* с активностью  $10^{11}$ – $10^{12}$  КОЕ/см<sup>3</sup>.

#### Изготовление опытных образцов гидролизатов

Желудки промывали, при необходимости очищали от остатков кутикулы и измельчали на мясорубке (Fimar 32/RS Unger, Italy) с диаметром отверстий решетки 2 мм.

У измельченных субпродуктов определяли физико-химические показатели по стандартным методикам (массовая доля белка, жира, влаги, золы).

Измельченные на мясорубке желудки дополнительно измельчали в измельчителе (Binatone, MFP 076) до однородной консистенции и обезжировали спиртоэфирной смесью в течение 2 ч.

В обезжиренные субпродукты вносили стерилизованную творожную сыворотку в соотношении 1:8 и гомогенизировали в течение 1 мин при скорости 28 тыс. об/мин (Stegler DG-360). В гомогенаты добавляли предварительно активизированную в сыворотке бактериальную закваску в количестве 10 % к массе субпродуктов. В качестве контрольного образца принят образец желудков с внесением сыворотки без добавления закваски. Ферментированные гомогенаты выдерживали в термостате при температурах 30, 35 и 40 °С в течение 16 ч. Через каждые 4 ч контролировали изменение содержания аминного азота методом формольного титрования.

Полученные после ферментации гидролизаты фильтровали через мембранные фильтры

с диаметром пор 0,45 нм и высушивали методом сублимации. В сухих гидролизатах определяли аминокислотный состав и микроструктуру.

*Исследование образцов гидролизатов*

Для определения несвязанных аминокислот использовали жидкостный хроматограф Agilent 1260 Infinity LC (США). Для приготовления образцов проводилась жидкостная экстракция. Пять граммов образца гидролизата помещали в эпендорф и добавляли 4 мл 20 % трихлоруксусной кислоты для осаждения белков и пептидов. Объем доводили до 30 мл подкисленным буфером соляной кислоты с рН 2,2 и выдерживали в течение 8 мин, поддерживая гомогенат в условиях охлаждения. Полученную смесь центрифугировали (20 мин, 4 °С, 10000 об/мин) и супернатант пропускали через шприцевой фильтр в виалу. После провели предколоночную дериватизацию в автосамплере системы ВЭЖХ с использованием реагентов: ортофталевый альдегид для первичных аминокислот и 9-фторметилхлорформиат для вторичных аминокислот. Соотношение дериватов к отобранному объему пробы 1:10.

Хроматографическое деление осуществляли на колонке ZORBAX C18 RA, 3,5 мкм, 4,6×150 мм (Agilent, США) в режиме градиентного элюирования в течение 25 мин. Для первичных аминокислот измерения проводили в УФ-детекторе при длине волны  $\lambda = 338$  нм, для вторичных аминокислот  $\lambda = 262$  нм. Использовали подвижную фазу А: ацетонитрил: метанол: вода (45:45:10); подвижная фаза В с рН 8,2:  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  1,42 г и  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  2,1 г рН 8,2. Скорость потока составляла 1 мл/мин. Температура колонки 40 °С. Содержание не-

связанных (свободных) аминокислот выражали в мг аминокислот на 100 г жидких гидролизатов.

Изменения микроструктуры гидролизатов желудков в процессе микробной ферментации изучали на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) JSM 7001F (JEOL, Япония). После сублимационной сушки гидролизатов из брикетов вырезали пластины размером 10×5×2 мм и закрепляли на алюминиевой пластине держателя образца с помощью углеродной липкой ленты. Поверхность образцов покрывали слоем электропроводящего материала (золото) толщиной около 10 нм. Изображение покрытых золотом образцов производилось в режиме регистрации обратно рассеянных электронов при ускоряющем напряжении на катоде 20 кВ.

Каждое измерение проводили трехкратно. Значения вероятности  $p \leq 0,05$  были взяты для указания статистической значимости. Данные были проанализированы с помощью One-way ANOVA [17].

**Результаты исследований и обсуждение**

Результаты физико-химического анализа (табл. 1) показали, что исследуемые образцы желудков цыплят-бройлеров соответствуют требованиям ГОСТ 31657-2012.

Исследуемые мышечные желудки кур родительского стада не соответствуют требованиям ГОСТ 31657-2012 по содержанию белка, в связи с этим данный субпродукт не используется на пищевые цели и направляется только в производство кормовой продукции.

Жуманова и др. (2018) установили содержание белка в мышечном желудке птицы – 20 г/100 г, что согласуется с полученными нами результатами [18], но отличается от данных,

**Таблица 1**  
**Результаты анализа химического состава образцов желудков**

Показатель	Значение, %		
	регламентируемое ГОСТ 31657-2012	опытный образец желудков цыплят- бройлеров	опытный образец желудков кур
Массовая доля влаги	–	72,64 ± 0,22 <sup>b</sup>	75,08 ± 0,14 <sup>a</sup>
Массовая доля белка	не менее 20,0	20,70 ± 0,08 <sup>b</sup>	17,88 ± 0,06 <sup>a</sup>
Массовая доля жира	не более 7,0	4,62 ± 0,02 <sup>a</sup>	4,38 ± 0,03 <sup>a</sup>
Массовая доля золы	–	1,81 ± 0,01 <sup>b</sup>	1,76 ± 0,01 <sup>a</sup>

Примечание: Средние значения в столбце без общего надстрочного индекса имеют достоверные различия ( $p < 0,05$ ) при анализе с помощью однофакторного дисперсионного анализа и TUKEY-теста.

## Биохимический и пищевой инжиниринг

представленных Abdullah и др. (2016): содержание белка – 17,34 %, содержание жира – 0,76 %, содержание влаги – 78,60 %, зола – 0,97 % [19].

При гидролизе белков мяса образуются полипептиды, которые в дальнейшем могут расщепляться на более мелкие пептиды и свободные аминокислоты [20, 21]. Как отмечено некоторыми авторами, такая деградация может быть вызвана эндогенными и микробными ферментами [22, 23]. El. Adab и др. (2015) показали, что в колбасах, ферментированных *S. xylosum* и *L. plantarum*, в результате протеолиза содержание свободных аминокислот увеличилось с 2059,82 мг / кг до 3461,07 мг / кг. Эту разницу в общем накоплении свободных аминокислот авторы связывают с протеолитической активностью микробных ферментов [24]. Таким образом, по накоплению аминного азота и свободных аминокислот в субстрате можно судить об интенсивности гидролиза белка [12].

Результаты определения аминного азота в процессе ферментации желудков (рис. 1, 2) показали, что протеолиз белка происходит более интенсивно под действием бактерий. При этом наиболее высокое накопление аминного азота наблюдается при микробной ферментации желудков пропионовокислыми бактериями при температуре 30 °С, а бифидобактериями – при температуре 40 °С.

Для оценки степени гидролиза белка определяют содержание не только структурных, но и свободных аминокислот в субстрате.

В исследуемых образцах гидролизатов желудков кур установлено преобладание таких свободных аминокислот, как гистидин, аргинин, пролин, глутаминовая кислота и лейцин. Авторами при исследовании гидролизатов желатина из куриной кожи установлено высокое содержание гидрофобных аминокислот – глицина, пролина, аланина и гидроксипролина [25, 26]. Jayathilakan с соавт. (2012) также отметили, что такие субпродукты, как легкие и желу-

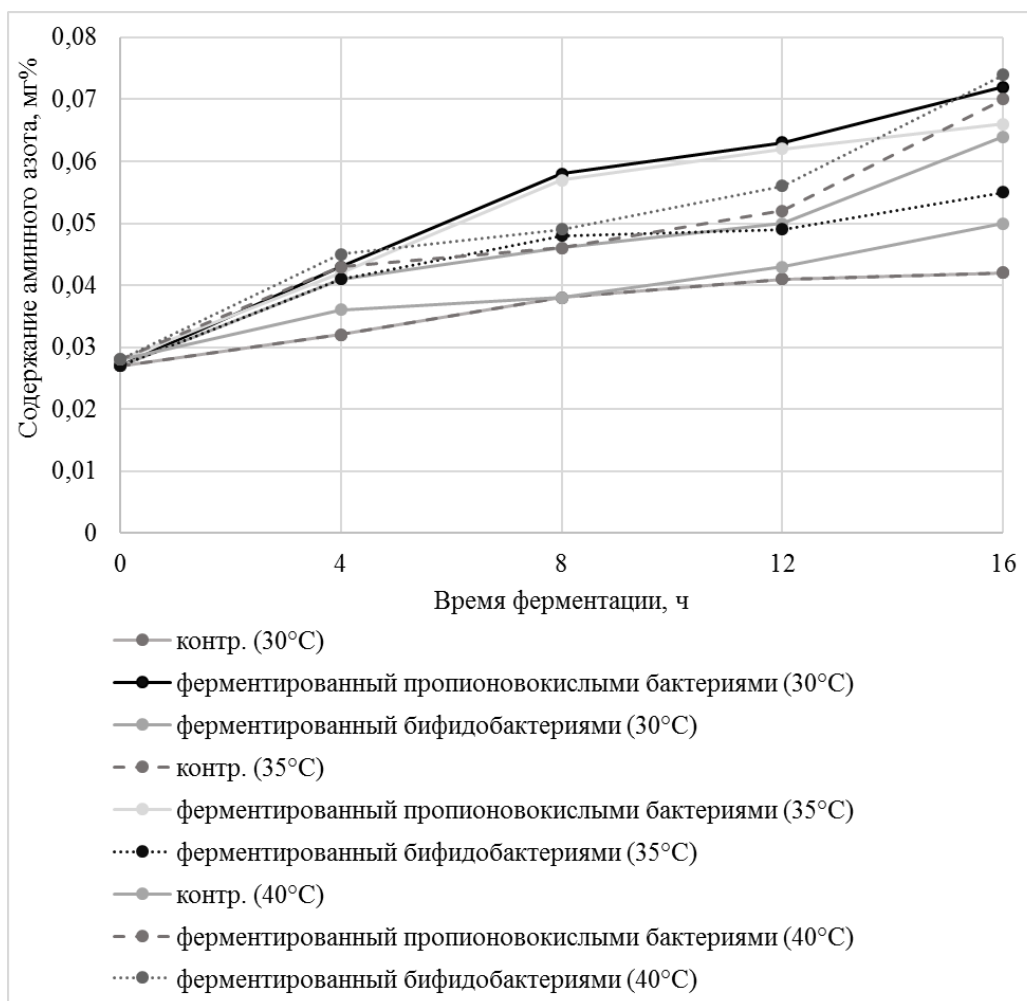


Рис. 1. Изменение содержания аминного азота при ферментации желудков цыплят-бройлеров

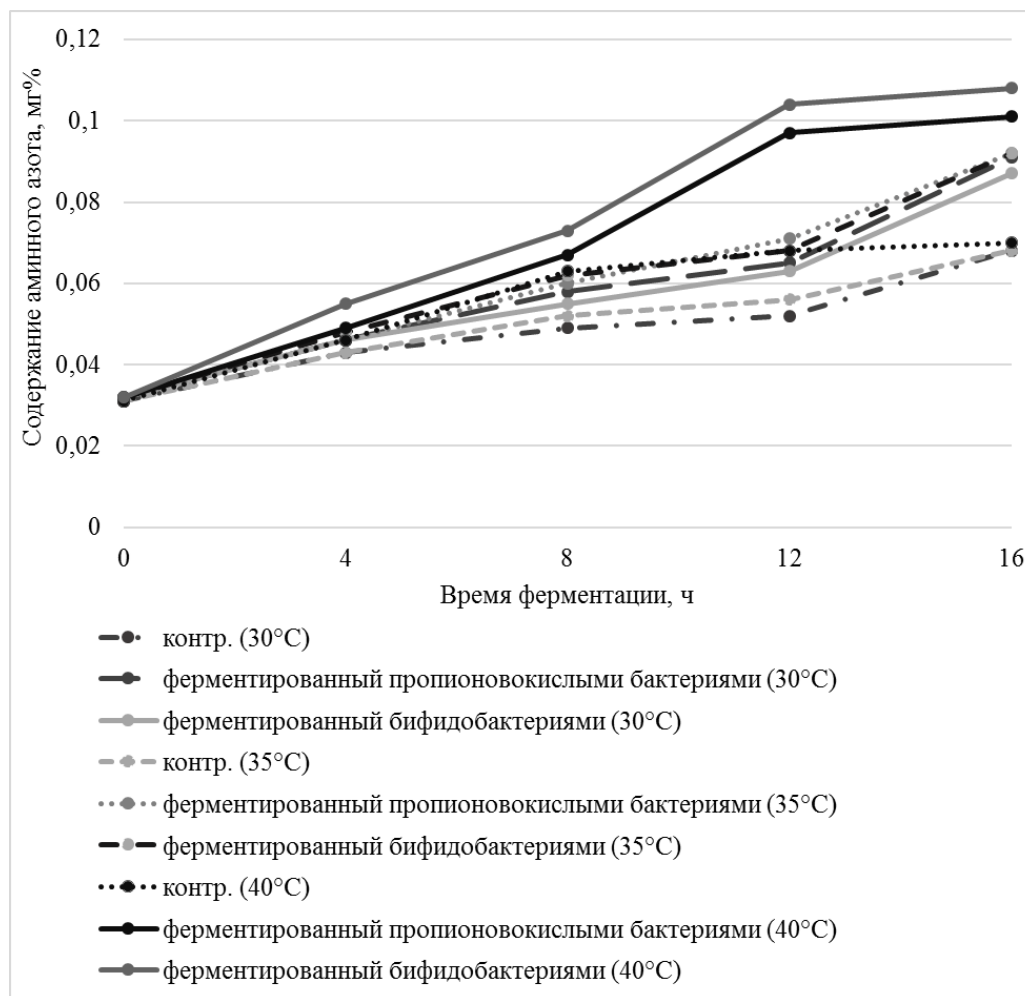


Рис. 2. Изменение содержания аминного азота при ферментации желудков кур

док, содержат большое количество пролина, гидроксипролина и глицина, а также низкие уровни триптофана и тирозина [27].

Проведенные исследования выявили увеличение концентрации свободных аминокислот в контрольных и экспериментальных образцах гидролизатов после ферментации. Следует отметить, что в гидролизатах желудков кур, ферментированных пропионовыми бактериями и бифидобактериями, наблюдалось значительное накопление незаменимых аминокислот (до 53,47 мг/100 г и 49,41 мг/100 г соответственно). Эти результаты обусловлены эффективностью экзопептидаз пробиотических микроорганизмов по отношению к белкам мышечной и соединительной ткани желудков, а также способностью микроорганизмов продуцировать свободные аминокислоты в субстрате в процессе метаболизма (табл. 2).

Установлено, что содержание как незаменимых, так и заменимых аминокислот в гидролизатах субпродуктов цыплят-бройлеров в несколько раз выше, по сравнению с субпродуктами кур маточного стада (табл. 3). Отмечено наиболее высокое содержание несвязанных аминокислот, – гистидина, аргинина, пролина, аспарагиновой кислоты, глутаминовой кислоты, а в опытных образцах, кроме того, значительная концентрация лейцина и изолейцина. Однако для образцов, обработанных пропионовыми бактериями и бифидобактериями, также наблюдается закономерность увеличения концентрации свободных аминокислот в гидролизатах желудков цыплят-бройлеров.

Arifhara с соавт. (2021) установили дефицит незаменимых аминокислот в коллагенсодержащих побочных продуктах [28]. В то время, как Unsal & Aktas (2003) доказали, что субпродукты являются хорошим источником

Содержание свободных аминокислот в гидролизатах желудков кур

Название аминокислоты	Содержание свободных аминокислот в гидролизатах желудков кур, мг АК/100 г гидролизата			
	Контроль до ферментации	Контроль после ферментации	Опытный образец, ферментированный пропионовокислыми бактериями	Опытный образец, ферментированный бифидобактериями
<b>Незаменимые аминокислоты</b>				
Треонин	1,58	4,31	4,69	4,15
Тирозин	1,65	2,74	4,9	7,1
Валин	2,07	4,52	5,07	4,52
Метионин	2,64	5,7	6,38	4,86
Фенилаланин	1,93	6,65	7,22	6,68
Лизин	н/о	0,44	3,82	2,01
Лейцин	2,54	15,15	14,55	14,44
Изолейцин	2,41	5,3	6,84	5,65
Всего	14,82	44,81	53,47	49,41
<b>Заменимые аминокислоты</b>				
Аспарагиновая кислота	5,87	4,89	13,96	9,2
Глутаминовая кислота	8,02	4,42	14,44	10,62
Серин	1,64	2,86	5,3	3,21
Гистидин	22,89	н/о	26,47	21,59
Глицин	1,66	4,13	4,45	2,63
Аргинин	6,74	11,58	14,8	10,36
Аланин	3,38	3,5	5,07	4,12
Пролин	0,99	7,7	11,68	3,18
Цистин	3,67	4,22	4,93	4,14
Всего	54,86	43,3	101,1	69,05

незаменимых аминокислот, в частности таких лимитирующих аминокислот, как лизин, метионин и триптофан [29]. Alemán с соавт. (2011) доказали, что гидрофобность и гидрофильность аминокислотных остатков играют важную роль в формировании антиоксидантной активности гидролизатов [30].

Изучение микроструктуры образцов гидролизатов желудков (рис. 3, 4) показало, что после обработки бактериальными концентратами образцы имели более открытую структуру и большую пористость, чем образцы, подвергшиеся ферментации в сыворотке без добавления бактерий, а также по сравнению с контрольным образцом.

Микрофотографии, полученные с увеличением 2000 и 5000, показывают расщепление мышечных и коллагеновых волокон в образцах желудков, обработанных бактериями. В контрольных образцах желудков в начальный момент времени поверхность матрикса более однородная и визуальнее более плотная, а коллагеновые волокна имеют многослойную агрегированную структуру. Сходную структуру коллагена наблюдали Akram и Zhang (2020) при изучении микроструктуры коллагена, выделенного из грудинного хряща цыпленка [31]. Многочисленные тонкие фибриллы, а также тонкие пленки в клетках матрикса на-

Таблица 3  
Содержание свободных аминокислот в гидролизатах желудков цыплят-бройлеров

Название аминокислоты	Содержание свободных аминокислот в гидролизатах желудков цыплят-бройлеров, мг АК/ 100 г			
	Контроль до ферментации	Контроль после ферментации	Опытный образец, ферментированный пропионовокислыми бактериями	Опытный образец, ферментированный бифидобактериями
Незаменимые аминокислоты				
Треонин	8,33	17,13	18,31	16,32
Тирозин	3,69	18,87	20,77	19,14
Валин	5,92	16,68	17,61	15,96
Метионин	4,49	18,02	18,51	17,72
Фенилаланин	3,08	20,52	12,78	19,53
Лизин	1,32	13,77	16,6	16,29
Лейцин	11,37	46,84	23,28	46,84
Изолейцин	5,85	22,94	41,09	21,53
Всего	44,05	174,77	168,95	173,33
Заменимые аминокислоты				
Аспарагиновая кислота	20,1	48,0	49,77	50,01
Глутаминовая кислота	19,46	40,14	40,25	40,56
Серин	8,66	20,22	21,51	20,64
Гистидин	70,36	60,99	60,62	54,79
Глицин	8,18	20,65	19,45	22,21
Аргинин	18,61	51,0	52,13	56,58
Аланин	9,65	14,88	15,08	12,6
Пролин	4,52	24,04	22,16	58,02
Цистин	8,55	12,29	13,23	12,57
Всего	168,09	292,21	294,2	327,98

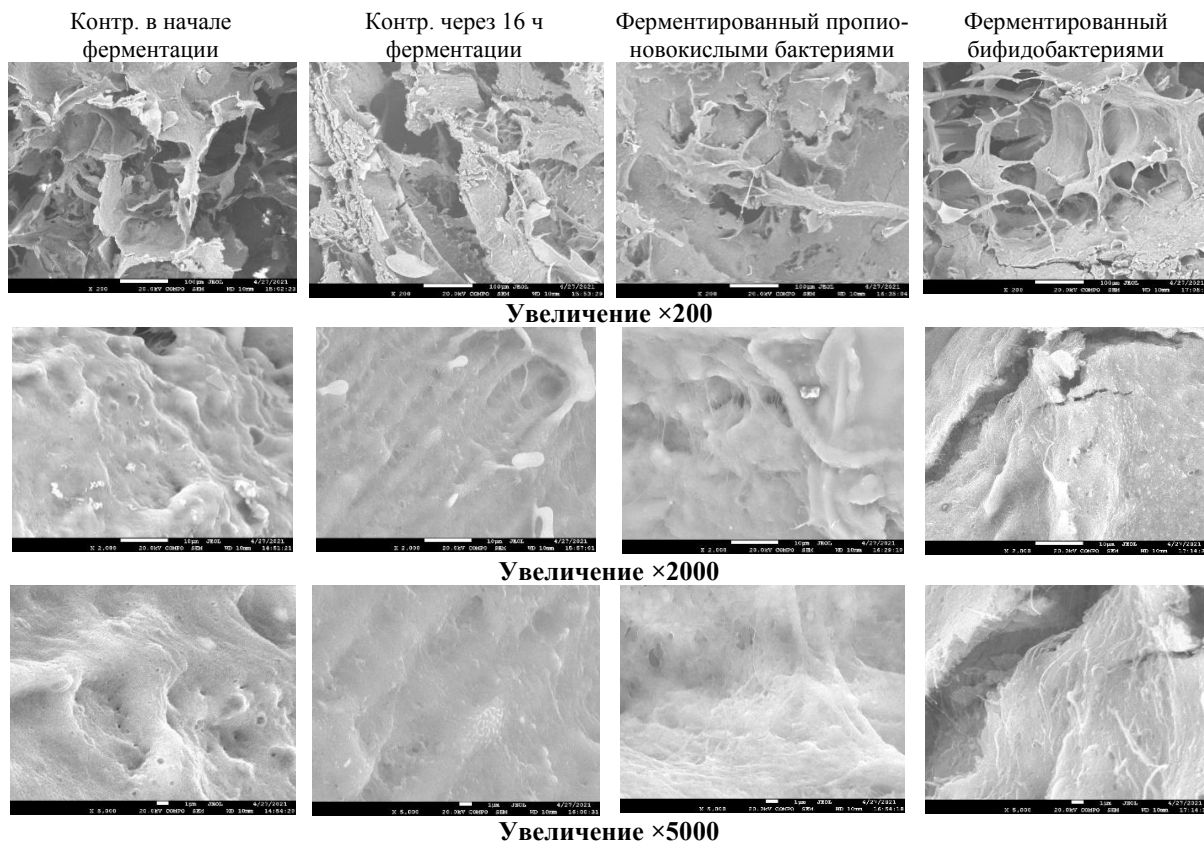
блюдаются в гидролизате желудков кур, обработанных бактериями (см. рис. 3).

После обработки желудков сывороткой без добавления бактерий в микроструктуре наблюдаются небольшие изменения волокон, менее выраженная диссоциация волокон. Результаты исследования показали, что под действием бактерий происходит значительное изменение структуры мышечных и коллагеновых волокон, их диссоциация на многочисленные тонкие фибриллы и формирование из них ретикулярной структуры в сочетании с глобулярными белками и минеральными компонентами сыворотки.

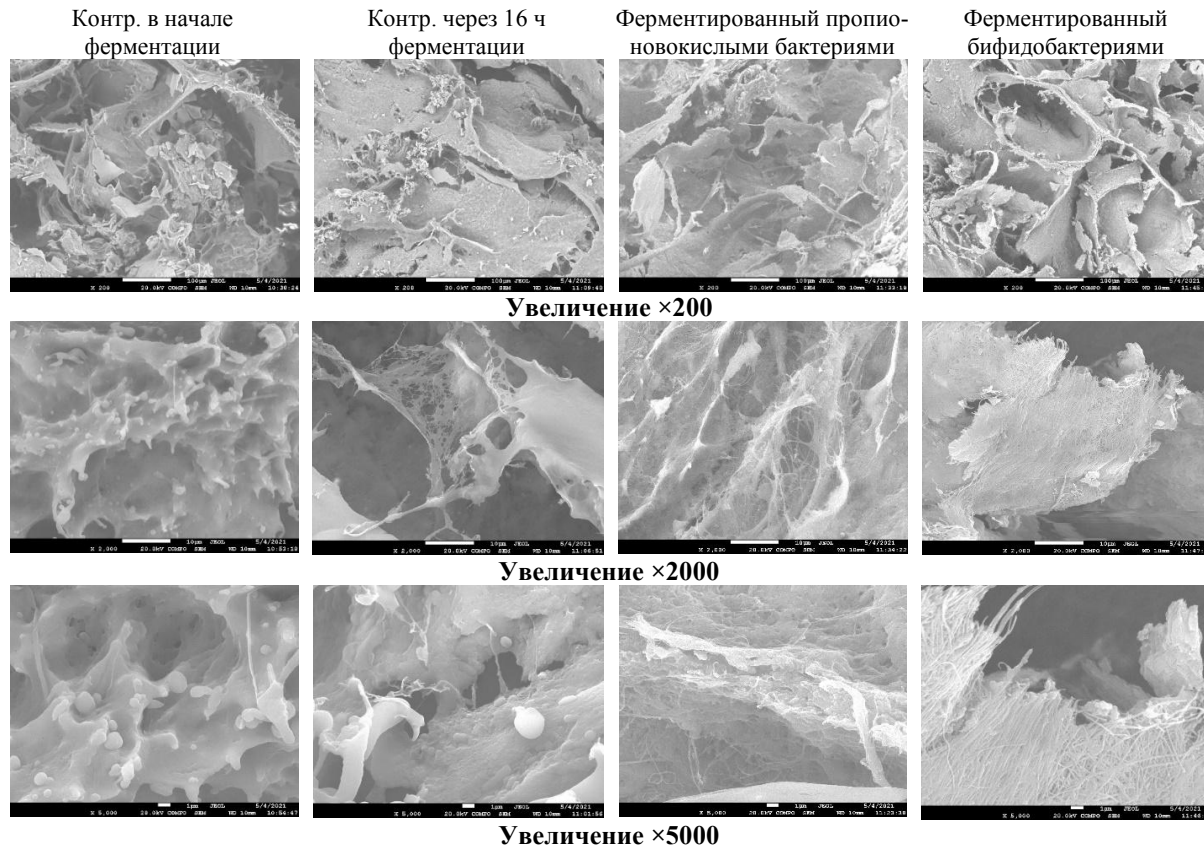
### Выводы

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что микробная ферментация приводит к глубокому гидролизу белков, входящих в состав мышечных желудков птицы. При благоприятных для каждого вида бактерий температурных режимах ферментации гидролиз происходит интенсивнее.

Полученные данные могут быть использованы при получении белковых гидролизатов из субпродуктов птицы для дальнейшего включения в состав пищевых продуктов как источника полноценного белка.



**Рис. 3. Микрофотографии СЭМ образцов желудков кур**



**Рис. 4. Микрофотографии СЭМ образцов желудков цыплят-бройлеров**



Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Челябинской области в рамках научного проекта № 20-416-740002.

### Литература

1. Глотова, И.А. Исследование процессов дегидратации биополимерных систем в составе птицепродуктов / И.А. Глотова, А.Н. Литовкин, Е.С. Артемов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 121. – С. 801–812.
2. Бектасова, С.С. Совершенствование технологии переработки цыплят-бройлеров / С.С. Бектасова, Г.Т. Салкинбаева, Т.М. Турарбек, Ж.М. Атамбаева // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. – 2016. – № 1. – С. 57–59.
3. Peña-Saldarriaga, L.M. Quality of chicken fat by-products: Lipid profile and colour properties / L.M. Peña-Saldarriaga, J. Fernández-López, J.A. Pérez-Alvarez // *Foods*. – 2020. – № 9. – P. 1046.
4. Гущин, В.В. Сырьевая база побочного сырья, получаемого при убойе птицы, и ее использование / В.В. Гущин, В.Г. Волик // Птица и птицепродукты. – 2018. – №3. – С. 18–21.
5. Денисюк, Е.А. К вопросу безотходной переработки сырья птицеперерабатывающих производств и пути ее интенсификации / Е.А. Денисюк, И.А. Носова, К.Т. Гусейнов, А.С. Ерахтин // Вестник Нижегородской гос. сельскохозяйственной академии. – 2013. – Т. 3. – С. 323–328.
6. Roiter, L.M. Poultry by-products, reserve for growth of export potential of the industry / L.M. Roiter, L.A. Zazykina, N.A. Ereemeeva // *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* – 2019. – № 341. – 012209.
7. Фисинин, В.И. Глубокая переработка вторичных продуктов птицеводства для разных направлений использования / В.И. Фисинин, Д.Ю. Исмаилова, В.Г. Волик, В.С. Лукашенко, И.П. Салеева // *Сельскохозяйственная биология*. – 2017. – Т. 52, № 6. – С. 1105–1115.
8. Курчаева, Е.Е. Особенности переработки вторичных ресурсов мясной промышленности с использованием микробной ферментации / Е.Е. Курчаева, В.Л. Пашенко, И.В. Максимов // *Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции*. – 2018. – № 2(11). – С. 131–138.
9. Процан, А.Г. Рациональное использование малоценных частей тушек птицы / А.Г. Процан, А.Н. Нургазезова, Б.К. Асенова // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. – 2015. – № 1. – С. 376–379.
10. Волик, В.Г. Современные технологии переработки белоксодержащего сырья / В.Г. Волик // *Птицепром*. – 2017. – № 1(35). – С. 66.
11. Polaštková, A. Preparation of protein products from collagen-rich poultry tissues / A. Polaštková, R. Gál, P. Mokrejš, J. Orsavová // *Potravin. Slovak J. Food Sci.* – 2020. – № 14. – P. 713–720.
12. Гармашов, С.Ю. Выбор условий ферментативного гидролиза коллагенсодержащего сырья / С.Ю. Гармашов // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 3. – С. 268–273.
13. Boland, M.J. The future supply of animal-derived protein for human consumption / M.J. Boland, A.N. Rae, J.M. Vereijken, M.P.M. Meuwissen, A.R.H. Fischer, M.A.J.S. van Boekel, S.M. Rutherford, H. Gruppen, P.J. Moughan, W.H. Hendriks // *Trends Food Sci. Technol.* – 2013. – № 29. – P. 62–73.
14. Smid, E.J. Microbe-microbe interactions in mixed culture food fermentations / E.J. Smid, C. Lacroix // *Curr. Opin. Biotechnol.* – 2013. – № 24. – P. 148–154.
15. Saadi, S. Recent advances in food biopeptides: Production, biological functionalities and therapeutic applications / S. Saadi, N. Saari, F. Anwar, A.A. Hamid, H. Mohd-Ghazali // *Biotechnol. Adv.* – 2015. – № 33. – P. 80–116.
16. Chai, K.F.; Hui Voo, A.Y.; Chen, W.N. Bioactive peptides from food fermentation: A comprehensive review of their sources, bioactivities, applications, and future development / K.F. Chai, A.Y. Hui Voo, W.N. Chen // *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* – 2020. – № 19. – P. 3825–3885.
17. Assaad, H. Rapid publication-ready MS-Word tables 597 for one-way ANOVA / H. Assaad, L. Zhou, R.J. Carroll, G. Wu // *Springer Plus*. – 2014. – № 3. – P. 474.
18. Zhumanova, G. Prospects of Using Poultry by-Products in the Technology of Chopped Semi-Finished Products / G. Zhumanova, M. Rebezov, B. Assenova, E. Okuskhanova // *International Journal of Engineering & Technology*. – 2018. – № 7(3.34). – P. 495–498.
19. Abdullah, F.A.A. Comparison of qualitative and quantitative properties of the wings, necks and offal of chicken broilers from organic

- and conventional production systems / FAA. Abdullah, H. Buchtova // *Veterinari Medicina*. – 2016. – № 61. – P. 643–651.
20. Lorusso, A. Use of Selected Lactic Acid Bacteria and Quinoa Flour for Manufacturing Novel Yogurt-Like Beverages / A. Lorusso, R. Coda, M. Montemurro, C.G. Rizzello // *Foods*. – 2018. – № 7. – P. 51.
21. Mirzaei Teshnizi, Z. Optimization of the Enzymatic Hydrolysis of Poultry Slaughterhouse Wastes using Alcalase Enzyme for the Preparation of Protein Hydrolysates / Z. Mirzaei Teshnizi, S.M. Robatjazi, J. Mohammadian Mosaabadi // *Appl Food Biotechnol.* – 2020. – № 7(3). – P.153–160.
22. Hughes, M.C. Characterization of proteolysis during the ripening of semi-dry fermented sausages/ M.C. Hughes, J.P. Kerry, E.K. Arendt, P.M. Kenneally, P.L.H. McSweeney, E.E. O'Neill // *Meat Science*. – 2002. – № 62. – P. 205–216.
23. AroAro, J.M. The effect of starter cultures on proteolytic changes and amino acid content in fermented sausages / J.M. AroAro, P. Nyam-Osor, K. Tsuji, K.I. Shimada, M. Fukushima, M. Sekikawa // *Food Chemistry*. – 2010. – № 119. –P. 279–285.
24. El Adab, S. Microbiological, biochemical and textural characteristics of a Tunisian dry fermented poultry meat sausage inoculated with selected starter cultures / S. El Adab, I. Essid, M. Hassouna // *Journal of Food Safety*. – 2015. – № 35. – P. 75–85.
25. Sarbon, N.M. Purification and characterization of antioxidative peptides derived from chicken skin gelatin hydrolysates / N.M. Sarbon, F. Badiia, N.K. Howell // *Food Hydrocolloids*. – 2018. – № 85. – P. 311–320.
26. Haq, M. Biofunctional properties of bacterial collagenolytic protease-extracted collagen hydrolysates obtained using catalysts-assisted subcritical water hydrolysis / M. Haq, T.C. Ho, R. Ahmed, A.T. Getachew, Y.-J. Cho, J.-S. Park, B.-S. Chun // *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. – 2020. – № 81. – P. 332–339.
27. Jayathilakan, K. Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review / K. Jayathilakan, K. Sultana, K. Radhakrishna, A.S. Bawa // *Journal of Food Science and Technology*. – 2012. – №49 (3). – P. 278–293.
28. Arihara, K. Bioactivities generated from meat proteins by enzymatic hydrolysis and the Maillard reaction / K. Arihara, I. Yokoyama, M. Ohatab // *Meat Science*. – 2021. – №180. – 108561.
29. Unsal, M. Fractionation and characterization of edible sheep tail fat / M. Unsal, N. Aktas // *Meat Sci.* – 2003. – № 63(4). – P. 235–239.
30. Alemán, A. Contribution of Leu and Hyp residues to antioxidant and ACE-inhibitory activities of peptide sequences isolated from squid gelatin hydrolysate / A. Alemán, B. Giménez, E. Pérez-Santin, M. C. Gómez-Guillén, P. Montero // *Food Chemistry*. – 2011. – № 125. – P. 334–341.
31. Akram, A.N. Extraction of collagen-II with pepsin and ultrasound treatment from chicken sternal cartilage; physicochemical and functional properties / A.N. Akram, C. Zhang // *Ultrason Sonochem*. – 2020. – № 64. – 105053.

**Зинина Оксана Владимировна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), zininaov@susu.ru

**Меренкова Светлана Павловна**, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), merenkovasp@susu.ru

**Князева Александра Сергеевна**, младший научный сотрудник, Лаборатория научно-методических работ и контрольно-аналитических исследований, ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (г. Москва), a.knyazeva@fncps.ru

**Марушкевич Марина Александровна**, студент, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), marina\_9874@mail.ru

**Гаврилова Карина Сергеевна**, студент, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), karina1852@mail.ru

*Поступила в редакцию 7 августа 2021 г.*

## MICROBIAL FERMENTATION OF POULTRY BY-PRODUCTS

O.V. Zinina<sup>1</sup>, S.P. Merenkova<sup>1</sup>, A.S. Knyazeva<sup>2</sup>,  
M.A. Marushkevich<sup>1</sup>, K.S. Gavrilova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

<sup>2</sup> V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

The aim of this research is to analyze the effect of microbial fermentation of poultry by-products on the accumulation of protein hydrolysis products and changes in the microstructure of hydrolysates. The objects of the study were the gizzards of broilers and hens of the parent flock, which were subjected to microbial fermentation with bacterial concentrates of propionic acid bacteria and bifidobacteria. Fermentation was carried out at temperatures of 30, 35 and 40 °C for 16 hours. To analyze the degree of hydrolysis, the content of amine nitrogen was determined every 4 hours of fermentation. It was noted that under the action of microbial enzymes, a deeper hydrolysis of the protein molecule occurs with an intensive accumulation of amine nitrogen. At the same time, the highest accumulation of amine nitrogen is observed during microbial fermentation of gizzards by propionic acid bacteria at a temperature of 30 °C, and by bifidobacteria at a temperature of 40 °C. In addition, the degree of hydrolysis has been assessed by the accumulation of free amino acids. An increase in the concentration of free amino acids in the control and experimental samples of hydrolysates after 16 hours of fermentation was found. In the hydrolysates of gizzards fermented with propionic acid bacteria and bifidobacteria a significant accumulation of the essential amino acids was observed. The content of both essential and nonessential amino acids in the hydrolysates of broiler chicken by-products was several times higher than in hen's by-products. The study of the microstructure of hydrolysates using scanning electron microscopy has shown that under the action of microorganisms there have been significant changes in the structure of muscle and collagen fibers, their dissociation into numerous thin fibrils and the formation of a reticular structure in combination with globular proteins and mineral components of serum. Samples treated with bacterial enzymes had a more open microstructure and greater porosity. As a result of the study performed, it was established that the microbial fermentation promotes a deep hydrolysis of proteins in the by-products of chickens and hens. When the temperature conditions of fermentation are suitable for each type of bacteria, hydrolysis occurs more intensively.

**Ключевые слова:** gizzard, microbial fermentation, bacterial concentrate, microstructure, hydrolyzate.

### References

1. Glotova I.A., Litovkin A.N., Artemov E.S. Investigation of the processes of dehydration of biopolymer systems in the composition of poultry products. *Politematicheskiiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016, no.121, pp. 801–812. (in Russ.)
2. Bektasova S.S., Salkinbaeva G.T., Turarbek T.M., Atambaeva Zh.M. Improving the technology of processing broiler chickens. *International scientific and practical conference dedicated to the memory of Vasily Matveevich Gorbатов*. 2016. no. 1. pp. 57–59. (in Russ.)
3. Peña-Saldarriaga L.M., Fernández-López J., Pérez-Alvarez J.A. Quality of chicken fat by-products: Lipid profile and colour properties. *Foods*, 2020, no. 9. 1046.
4. Gushchin V.V., Volik V.G. Raw material base of by-products obtained during the slaughter of poultry and its use. *Poultry and poultry products*, 2018, no. 3, pp. 18–21. (in Russ.)
5. Denisyuk E.A., Nosova I.A., Gusejnov K.T., Erahtin A.S. On the issue of waste-free processing of raw materials for poultry processing industries and ways of its intensification. *Bulletin of the Nizhny Novgorod State agricultural. academies*, 2013, vol. 3, pp. 323–328. (in Russ.)
6. Roiter L.M., Zazykina L.A., Ereemeeva N.A. Poultry by-products, reserve for growth of export potential of the industry. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 2019, no. 341, p. 012209.

7. Fisinin V.I., Ismailova D.YU., Volik V.G., Lukashenko V.S., Saleeva I.P. Deep processing of secondary poultry products for different uses. *Agricultural biology*, 2017, vol. 52, no. 6, pp. 1105–1115. (in Russ.)
8. Kurchaeva E.E., Pashchenko V.L., Maksimov I.V. Features of processing secondary resources of the meat industry using microbial fermentation. *Technologies and commodity science of agricultural products*, 2018, no. 2(11), pp. 131–138. (in Russ.)
9. Procan A.G., Nurgazezova A.N., Asenova B.K. Rational use of low-value poultry parts [Racional'noe ispol'zovanie malocennykh chastej tushek pticy]. *International scientific and practical conference dedicated to the memory of Vasily Matveevich Gorbatov*, 2015, no. 1, pp. 376–379. (in Russ.)
10. Volik V.G. Modern technologies for processing protein-containing raw materials. *Poultry*, 2017, no. 1(35), p. 66. (in Russ.)
11. Polaščíková A., Gál R., Mokrejš P., Orsavová J. Preparation of protein products from collagen-rich poultry tissues. *Potravin. Slovak J. Food Sci.*, 2020, no. 14, pp. 713–720.
12. Garmashov, S.Yu. Selection of conditions for enzymatic hydrolysis of collagen-containing raw materials. *KrasGAU Bulletin*, 2018, no. 3, pp. 268–273. (in Russ.)
13. Boland M.J., Rae A.N., Vereijken J.M., Meuwissen M.P.M., Fischer A.R.H. et al. The future supply of animal-derived protein for human consumption. *Trends Food Sci. Technol.*, 2013, no. 29, pp. 62–73.
14. Smid E.J., Lacroix C. Microbe-microbe interactions in mixed culture food fermentations. *Curr. Opin. Biotechnol.*, 2013, no. 24, pp. 148–154.
15. Saadi S., Saari N., Anwar F., Hamid A.A., Mohd-Ghazali H. Recent advances in food biopeptides: Production, biological functionalities and therapeutic applications. *Biotechnol. Adv.*, 2015, no. 33, pp. 80–116.
16. Chai K.F.; Hui Voo A.Y.; Chen W.N. Bioactive peptides from food fermentation: A comprehensive review of their sources, bioactivities, applications, and future development. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 2020, no. 19, pp. 3825–3885.
17. Assaad H., Zhou L., Carroll R.J., Wu G. Rapid publication-ready MS-Word tables 597 for one-way ANOVA. *Springer Plus*, 2014, no. 3, pp. 474.
18. Zhumanova G., Rebezov M., Assenova B., Okusphanova E. Prospects of Using Poultry by-Products in the Technology of Chopped Semi-Finished Products. *International Journal of Engineering & Technology*, 2018, no. 7(3.34), pp. 495–498.
19. Abdullah FAA., Buchtova H. Comparison of qualitative and quantitative properties of the wings, necks and offal of chicken broilers from organic and conventional production systems. *Veterinarni Medicina*, 2016, no. 61, pp. 643–651.
20. Lorusso A., Coda R., Montemurro M., Rizzello C.G. Use of Selected Lactic Acid Bacteria and Quinoa Flour for Manufacturing Novel Yogurt-Like Beverages. *Foods*, 2018, no. 7, p. 51.
21. Mirzaei Teshnizi Z., Robotjazi S.M., Mohammadian Mosaabadi J. Optimization of the Enzymatic Hydrolysis of Poultry Slaughterhouse Wastes using Alcalase Enzyme for the Preparation of Protein Hydrolysates. *Appl Food Biotechnol.*, 2020, no. 7(3), pp. 153–160.
22. Hughes M.C., Kerry J.P., Arendt E.K., Kenneally P.M., McSweeney P.L.H., O'Neill E.E. Characterization of proteolysis during the ripening of semi-dry fermented sausages. *Meat Science*, 2002, no. 62, pp. 205–216.
23. AroAro J.M., Nyam-Osor P., Tsuji K., Shimada K.I., Fukushima M., Sekikawa M. The effect of starter cultures on proteolytic changes and amino acid content in fermented sausages. *Food Chemistry*, 2010, no. 119, pp. 279–285.
24. El Adab S., Essid I., Hassouna M. Microbiological, biochemical and textural characteristics of a Tunisian dry fermented poultry meat sausage inoculated with selected starter cultures. *Journal of Food Safety*, 2015, no. 35, pp. 75–85.
25. Sarbon N.M., Badiia F., Howell N.K. Purification and characterization of antioxidative peptides derived from chicken skin gelatin hydrolysates. *Food Hydrocolloids*, 2018, no. 85, pp. 311–320.
26. Haq M., Ho T.C., Ahmed R., Getachew A.T., Cho Y.-J., Park J.-S., Chun B.-S. Biofunctional properties of bacterial collagenolytic protease-extracted collagen hydrolysates obtained using catalysts-assisted subcritical water hydrolysis. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 2020, no. 81, pp. 332–339.

27. Jayathilakan K., Sultana K., Radhakrishna K., Bawa A.S. Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 2012, no. 49 (3), pp. 278–293.

28. Arihara K., Yokoyama I., Ohatab M. Bioactivities generated from meat proteins by enzymatic hydrolysis and the Maillard reaction. *Meat Science*, 2021, no. 180, p. 108561.

29. Unsal M., Aktas N. Fractionation and characterization of edible sheep tail fat. *Meat Sci.*, 2003, no. 63(4), pp. 235–239.

30. Alemán A., Giménez B., Pérez-Santin E., Gómez-Guillén M.C., Montero P. Contribution of Leu and Hyp residues to antioxidant and ACE-inhibitory activities of peptide sequences isolated from squid gelatin hydrolysate. *Food Chemistry*, 2011, no. 125, pp. 334–341.

31. Akram A.N., Zhang C. Extraction of collagen-II with pepsin and ultrasound treatment from chicken sternal cartilage; physicochemical and functional properties. *Ultrason Sonochem.*, 2020, no. 64, p. 105053.

**Oksana V. Zinina**, candidate of Agricultural Sciences, associate Professor of Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, zininaov@susu.ru

**Svetlana P. Merenkova**, candidate of Veterinary Sciences, associate Professor of Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, merenkovasp@susu.ru

**Alexandra S. Knyazeva**, junior researcher, Laboratory of scientifically-methodical works and control-analytical researches, V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Moscow, a.knyazeva@fncps.ru

**Marina A. Marushkevich**, student, South Ural State University, Chelyabinsk, marina\_9874@mail.ru

**Karina S. Gavrilova**, student, South Ural State University, Chelyabinsk, karina1852@mail.ru

Received August 7, 2021

---

#### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Микробная ферментация субпродуктов птицы / О.В. Зинина, С.П. Меренкова, А.С. Князева и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2021. – Т. 9, № 4. – С. 77–89. DOI: 10.14529/food210409

#### FOR CITATION

Zinina O.V., Merenkova S.P., Knyazeva A.S., Marushkevich M.A., Gavrilova K.S. Microbial Fermentation of Poultry By-Products. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2021, vol. 9, no. 4, pp. 77–89. (in Russ.) DOI: 10.14529/food210409