УДК 637.54:66.022.32

ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ХИМИЧЕСКОЙ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ФЕРМЕНТАТИВНЫХ ГИДРОЛИЗАТОВ ОТХОДОВ ПОТРОШЕНИЯ ПТИЦЫ

Л.К. Асякина*, В.Ф. Долганюк, И.С. Милентьева, С.Ю. Носкова, О.О. Бабич

ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

**e-mail: alk_kem@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 19.05.2017
Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. Полноценное обеспечение животных, в том числе птицы, высокобелковыми кормами необходимо для производства продуктов животноводства таких объемов, которые бы позволили обеспечить в стране продовольственную безопасность. К одному из путей решения данной проблемы относится использование в качестве сырья отходов птицеперерабатывающей промышленности для выделения полезных компонентов из них. Правильно подобранный способ утилизации таких отходов обеспечит получение компонентов, используемых в дальнейшем для обогащения кормов и комбикормов. В ходе данной работы были получены ферментативные гидролизаты из отходов потрошения кур разных пород (перо, пух и подкрылок) с применением мультиферментной композиции, подобранной в результате изучения пептидного и аминокислотного состава отходов потрошения. Мультиферментная композиция включала в составе штаммы микроорганизмов (*Bacillus endophyticus 2102, Bacillus safensis sp.*, *Bacillus pumilus SAFR032*, *Bacillus licheniformis B-2986, Streptomycesparvus sp.*) в соотношении 1:1:3:3:2. Были изучены физико-химические свойства полученных гидролизатов. Максимальное содержание кальция в пересчете на массовую долю влаги составляло 11,2 %, фосфора – 9,2 %. Массовая доля жира в пересчете на массовую долю влаги не превышала 2,3 %, массовая доля сырой клетчатки не превышала 0,9 %. Таким образом, по данным показателям все ферментативные гидролизаты отходов потрошения птицы соответствовали необходимым параметрам. По массовой доле кальция и фосфора, пересчитанной на массовую долю влаги, соответствовал только 24-часовой ферментативный гидролизат. Что касается массовой доли белка (81,4 %), пересчитанной на массовую долю влаги, ни один из тестируемых гидролизатов не соответствовал необходимой норме для производства кормовой добавки, что говорит о необходимости очистки и обезжиривания ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы с целью повышения массовой доли белка. Содержание токсичных элементов, радионуклидов, бактериальных организмов в тестируемых ферментативных гидролизатах отходов потрошения птицы не превышало нормируемых значений согласно ГОСТ 17536-82 «Мука кормовая животного происхождения. Технические условия».

Ключевые слова. Ферментативные гидролизаты, отходы потрошения птицы, физико-химические свойства, химическая безопасность, микробиологическая безопасность, многофакторный эксперимент

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES AND INDICES OF CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL SAFETY FOR ENZYME HYDROLYSATES OF FEATHER WASTE

L.K. Asyakina*, V.F. Dolganuk, I.S. Milentieva, S.Yu. Noskova, O.O. Babich

Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

**e-mail: alk_kem@mail.ru*

Received: 19.05.2017
Accepted: 04.09.2017

Abstract. Full-fledged provision of animals, including poultry, with high-protein feed is necessary for the production of livestock products of such volumes that would ensure the country's food security. One of the ways to solve this problem is the use of raw materials for the recovery of useful components from the waste of the poultry processing industry. The right method chosen for utilization of such waste will ensure the production of components used for further enrichment of feed and mixed fodders. In the course of our research, enzymatic hydrolysates from wastes of evisceration of chickens of different breeds have been obtained using a multienzyme composition selected as a result of studying the peptide and amino acid composition of evisceration waste. The multienzyme composition included strains of microorganisms: *Bacillus endophyticus 2102, Bacillus safensis sp., Bacillus pumilus*

SAFR032, Bacillus licheniformis B-2986, Streptomycesparvus sp. In the ratio 1: 1: 3: 3: 2. The physicochemical properties of the hydrolysates obtained have been studied. The maximum content of calcium in terms of the mass fraction of moisture is 11.2%, that of phosphorus - 9.2%. The mass fraction of fat in terms of the mass fraction of moisture does not exceed 2.3%; the mass fraction of crude fiber does not exceed 0.9%. Thus, according to these indices, all enzymatic hydrolysates of the gut evisceration products correspond to necessary parameters. Only a 24-hour fermentative hydrolysate corresponds to the mass fraction of calcium and phosphorus in terms of the mass fraction of moisture. As for the mass fraction of protein (81.4%), recalculated for the mass fraction of moisture, none of the tested hydrolysates corresponds to the necessary norm for the production of feed additives, which indicates the need for cleaning and degreasing enzymatic hydrolysates of gut evaporation waste in order to increase the mass fraction of protein. The content of toxic elements, radionuclides, bacterial organisms in the tested enzymatic hydrolysates of evisceration of poultry does not exceed the normalized values in accordance with GOST 17536-82 "Animal feed fodder. Specifications».

Keywords. Enzymatic hydrolysates, feather waste, physical and chemical properties, chemical safety, microbiological safety, multifactor experiment

Введение

Птицеводство считается одной из важнейших отраслей сельскохозяйственного производства России, развитие которой всесторонне зависит от сбалансированного и полноценного кормления животных. Полнорационные корма являются главным фактором, влияющим на продуктивность птицы и качество готовой продукции в промышленном птицеводстве. Мировое производство кормов в последние годы ежегодно увеличивается и уже в 2015 году составило более 1000 млн. т., из которых на долю кормов для птицы приходится примерно половина. При этом количество произведенных полнорационных комбикормов отдельно не выделяется. Наибольшую значимость проблема белкового кормления приобрела в последнее время, так как потребность в белке увеличивается очень высокими темпами, а удовлетворить ее только за счет повышения производства известных полноценных источников протеина становится практически невозможно [5].

Полноценное обеспечение животных, в том числе птицы, высокобелковыми кормами необходимо для производства продуктов животноводства таких объемов, которые бы позволили обеспечить в стране продовольственную безопасность. К одному из путей решения данной проблемы относится использование в качестве сырья для выделения полезных компонентов (витамины, микроэлементы и пр.) отходов птицеперерабатывающей промышленности. Известно, что многие отходы птицефабрик обладают уникальными полезными свойствами за счет содержания в них биологически активных веществ. Правильно подобранный способ утилизации таких отходов обеспечит получение компонентов, используемых в дальнейшем для обогащения кормов и комбикормов [6, 10].

Обогащение кормов и комбикормов белком в птицеводстве в основном осуществляется за счет добавления к ним сои и продуктов ее переработки. Однако большой интерес в качестве источника белка (кератин, эластин и коллаген) представляют отходы потрошения птицы (перопуховое сырье), поскольку они составляет 30 % от массы всех отходов. Основным белком, входящим в состав отходов птицеперерабатывающих предприятий, является кератин [7].

Для максимального расщепления белка исходное сырье подвергается ферментативному гидролизу мультиферментным препаратом до получения полипептидов, пептидов и отдельных аминокислот в усвояемой форме для организма животного [2].

Корма и кормовые добавки – это сложные многокомпонентные композиции, которые в процессе применения, переработки, транспортировки и хранения способны изменять свои физико-химические свойства, химические и микробиологические показатели. Поэтому изучение и контроль данных характеристик является одним из важнейших этапов исследований [8].

Так как потребление мяса птицы в настоящее время находится на стабильно высоком уровне, а производство мяса птицы является одним из ключевых в сельском хозяйстве, то соблюдение и контроль показателей безопасности продукции данного производства является основной задачей отрасли. При этом особое внимание следует уделять безопасности кормов и комбикормов для сельскохозяйственной птицы, так как они оказывают непосредственное влияние на санитарное состояние готового продукта [9].

Для кормов и комбикормов выделяют три вида безопасности: радиационная, химическая и микробиологическая.

Радиационная безопасность предполагает защиту жизни и здоровья человека и животных от вредного влияния радиации и радиоактивных элементов (радионуклидов).

В процессе производства кормовых добавок радиационную безопасность можно обеспечивать несколькими путями:

– наличие системы радиационного контроля на предприятии;

– грамотность персонала в области радиационной защиты;

– санитарно-эпидемиологическая оценка и лицензирование деятельности с источниками излучения;

– зонирование территории вокруг опасных объектов и др.

Обеспечение химической безопасности – это комплекс мероприятий, направленный на максимальное снижение или полное исключение опасности вредного воздействия опасных токсичных веществ как на готовый продукт, так и на организм человека и животного [3].

Корма, обсемененные значительным количеством как патогенных, так и непатогенных микроорганизмов, назвать полноценными для здоровья невозможно, так как большое содержание жизне-

способных клеток говорит о неэффективной температурной обработке сырья, в результате которой большое число бактерий не погибает. Такой продукт является источником различных инфекций и имеет низкую питательную ценность. Помимо этого, наличие повышенного содержания микроорганизмов в готовом продукте приводит к преждевременной порче в процессе хранения [1].

Общая токсичность – важный показатель безопасности комбикормовой продукции, который складывается из совокупности химических и биологических характеристик. Токсичность определяется способностью вещества или продукта в средних дозировках вызывать негативную реакцию у живого организма [4].

Целью работы являлось изучение химического и пептидного состава отходов потрошения птицы, подбор мультиферментной композиции для наиболее эффективного гидролиза сырья, а также характеристика физико-химических свойств и показателей химической и микробиологической безопасности ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследований использовались: ферментативные гидролизаты отходов потрошения птицы (перопуховое сырье, железистые и мышечные желудки, головы, ноги, шеи, сердца, костная фракция, получаемая при ручной и механической обвалке тушек кур), произрастающей на территории ООО «Кузбасский бройлер» (Кемеровская область, Россия).

При анализе полученных ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы мультиферментной композицией использовали следующие методы.

Массовую долю сырого протеина определяли методом озоления серной кислотой в присутствии катализатора, с последующим подщелачиванием продукта реакции, отгонкой и титрованием выделяющегося аммиака по ГОСТ 32044.1-2012 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина».

Массовую долю золы, не растворимой в соляной кислоте, определяли по ГОСТ 13496.14-87 «Комбикорма, комбикормовое сырье, корма. Метод определения золы, не растворимой в соляной кислоте».

Массовую долю влаги определяли по ГОСТ 17681-82 «Мука животного происхождения. Методы испытаний».

Изучение массовой доли общего белка проводили методом Дюма с применением анализатора белкового азота RAPID N Cube.

Массовую долю жира определяли по ГОСТ 32905-2014 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого жира».

Массовую долю сырой клетчатки в ферментативных гидролизатах определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 13496.2-91 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения сырой клетчатки».

Массовую долю хлористого натрия в ферментативных гидролизатах определяли ионометрическим методом в соответствии с требованиями ГОСТ 13496.1-98 «Комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения натрия и хлорида натрия».

Массовую долю кальция в ферментативных гидролизатах определяли комплексонометрическим методом в соответствии с ГОСТ 26570-85 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения кальция».

Массовую долю минеральных примесей, нерастворимых в соляной кислоте, в ферментативных гидролизатах определяли методом флотации воды в соответствии с ГОСТ 25555.3-82 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения минеральных примесей».

Массовую долю фосфора в ферментативных гидролизатах определяли в соответствии с ГОСТ 26657-97 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора».

Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) определяли по ГОСТ 10444.15-94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов», ГОСТ 25311-82 «Мука кормовая животного происхождения. Методы бактериологического анализа».

Количество бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий) определяли по ГОСТ 30518-97 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)», ГОСТ 26670-91 «Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов».

Наличие патогенных и токсинообразующих микроорганизмов определяли по ГОСТ 25311-82 «Мука кормовая животного происхождения. Методы бактериологического анализа», наличие сальмонелл определяли по ГОСТ 30519-97 «Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*».

Наличие бактерий рода Proteus определяли по ГОСТ 28560-90 «Продукты пищевые. Метод выявления бактерий родов *Proteus*, *Morganella*, *Providencia*».

Содержание мышьяка в исследуемых образцах определяли в соответствии с ГОСТ 26930-86 «Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка».

Определение токсичных элементов:

- для свинца по ГОСТ 26932-86 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца»;
- кадмия по ГОСТ 26933-86 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия»;
- стронция-90 по ГОСТ 32163-2013 «Продукты пищевые. Метод определения содержания стронция Sr-90»;
- пестицидов по ГОСТ 32194-2013 «Корма, комбикорма. Определение остатков хлорорганических пестицидов методом газовой хроматографии»;

- ртути по ГОСТ Р 53183-2008 «Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение ртути методом атомно-абсорбционной спектрометрии холодного пара с предварительной минерализацией пробы под давлением»;

- меди по ГОСТ 26931-86 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения меди»;

- цинка по ГОСТ 26934-86 Сырье и продукты пищевые. Метод определения цинка»;

- афлатоксина В1 по ГОСТ 31653-2012 «Корма. Метод иммуноферментного определения микотоксинов»;

- цезия-137 по ГОСТ 32161-2013 «Продукты пищевые. Метод определения содержания цезия Cs-137».

Определение пептидных фракций проводили по методу Лэммли электрофорезом в полиакриламидном геле в системе 6–12 %.

Определение аминокислот проводили методом капиллярного электрофореза согласно документу М 04-38-2009 «Методика измерения массовой доли аминокислот».

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследования по проработке основных технологических решений при реализации технологии получения ферментативногидролизованных отходов переработки птицы из отходов потрошения птицы рассматривали химический состав отходов потрошения (послеубойная смесь пера, пуха и подкрылка), полученного от кур разных пород «РОСС-708», «Хайсекс Уайт», «Кросс Смена» ООО «Кузбасский бройлер» (Кемеровская область, Россия). Результаты исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав отходов потрошения, полученного от кур разных пород

Показатель	Значение показателя для сырья от кур разных пород		
	«РОСС-708»	«Хайсекс Уайт»	«Кросс Смена»
Массовая доля сырого жира, %	4,22±0,25	4,52±0,27	4,48±0,27
Массовая доля сырого протеина, %	20,60±1,23	22,93±1,37	21,82±1,31
Массовая доля золы, не растворимой в соляной кислоте, %	1,81±0,11	1,98±0,12	1,97±0,12
Массовая доля кальция, %	0,87±0,05	1,05±0,06	0,56±0,03
Массовая доля натрия, %	1,00±0,06	1,03±0,06	0,87±0,05
Массовая доля фосфора, %	0,58±0,03	0,93±0,05	0,45±0,02
Массовая доля влаги, %	75,16±4,50	74,05±4,44	73,98±4,44

Из табл. 1 видно, что отходы потрошения, полученные от кур всех изучаемых пород, характеризуется содержанием массовой доли сырого протеина от 20,0 до 23,0 % и золы не более 2,0 %. Наибольшее содержание массовой доли белка (22,93 %) наблюдалось в отходах, полученных от кур породы «Хайсекс Уайт». По микроэлементному составу первое место также принадлежит отходам от кур породы «Хайсекс Уайт».

Далее с целью получения более полного представления о составе пептидных фракций отходов потрошения проводили электрофорез в полиакриламидном геле по методу Лэммли. Полученные результаты представлены на рис. 1.

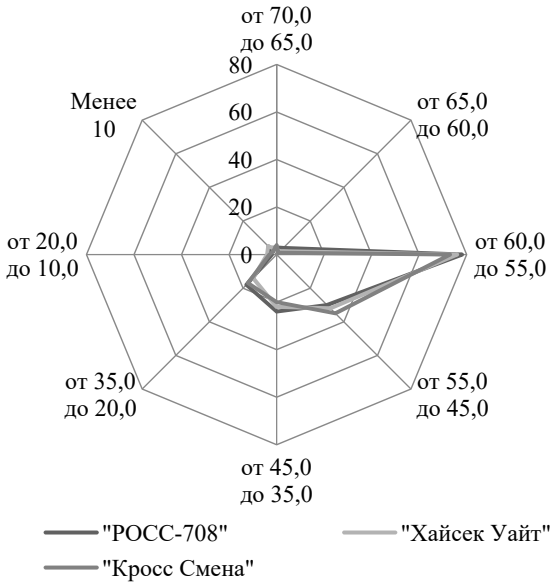

Рис. 1. Молекулярно-массовое распределение белков отходов потрошения птицы

Результаты, представленные рис. 1, свидетельствуют о наличии в исследуемых отходах потрошения птицы значительного количества белковых фракций с различными молекулярными массами. При этом большая половина всех выделенных белков приходится на фракции с молекулярной массой от 60,0 до 55,0 кДа. В достаточном количестве в отходах потрошения содержатся низкомолекулярные пептиды с молекулярной массой меньше 20 кДа. Согласно литературным источникам, данную белковую фракцию можно интерпретировать как α-кератин. Кроме того, на электрофореграмме обнаружены белковые фракции с молекулярной массой 45,0–35,0 кДа, вероятно, представители β-кератинов.

Учеными ранее установлено, что кератин в природном виде чрезвычайно устойчив к действию гидролитических агентов ввиду преобладания в его структуре сложных ковалентных связей типа дисульфидных связей, образованных серосодержащей аминокислотой (цистеином). В связи с этим для гидролиза протеинсодержащего сырья использовали известный способ, суть которого заключается в предварительном измельчении образцов исследования с последующим проведением щелочного гидролиза. Для гидролиза применяли смесь, содержащую перекись водорода, гидроксид натрия и сульфит натрия. Результаты содержания аминокис-

лот в отходах потрошения (послеубойная смесь пера, пуха и подкрылка) представлены в табл. 2.

Таблица 2

Содержание аминокислот в отходах потрошения, полученном от кур разных пород

Наименование аминокислоты	Содержание аминокислот, г/100 г образца		
	«РОСС-708»	«Хайсекс Уайт»	«Кросс Смена»
Аспарагиновая кислота	9,24±0,27	10,14±0,36	9,58±0,34
Серин	5,34±0,27	5,59±0,28	5,21±0,26
Треонин	6,11±0,10	6,34±0,27	4,68±0,35
Пролин	0,53±0,03	0,44±0,02	0,50±0,03
Глутаминовая кислота	4,22±0,21	5,00±0,25	4,67±0,23
Глицин	6,65±0,33	6,72±0,34	6,20±0,31
Аланин	5,25±0,26	5,41±0,27	5,38±0,27
Изолейцин	3,26±0,16	3,98±0,20	3,34±0,17
Лейцин	6,18±0,31	6,32±0,32	6,24±0,31
Метионин	13,01±0,65	12,24±0,61	12,17±0,61
Цистеин	8,09±0,40	9,19±0,46	10,11±0,51
Гистидин	2,28±0,11	2,09±0,10	1,32±0,07
Фенилаланин	4,18±0,21	4,25±0,21	4,15±0,21
Тирозин	5,02±0,25	5,34±0,27	5,10±0,26
Аргинин	5,89±0,29	6,06±0,30	6,01±0,30
Лизин	5,04±0,25	5,15±0,26	5,09±0,25
Всего:	85,60±4,28	89,06±4,45	85,25±4,26

Результаты исследования аминокислотного состава отходов потрошения свидетельствуют о том, что отходы потрошения богаты серосодержащими аминокислотами, такими как цистеин и метионин. Так, содержание цистеина составляет в среднем 9,13 мг/100 г образца, содержание метионина – 12,47 мг/100 г образца. Что касается других аминокислот, то высокое содержание отмечено для аспарагиновой кислоты (6,86 мг/100 г образца), серина (5,38 мг/100 г образца), глицина (6,52 мг/100 г образца), аланина (5,35 мг/100 г образца), лейцина (6,25 мг/100 г образца), тирозина (5,15 мг/100 г образца), лизина (5,09 мг/100 г образца), аргинина (5,99 мг/100 г образца).

Согласно данным табл. 2 наибольшие показатели для аминокислот наблюдаются в отходах потрошения, полученных от кур породы «Хайсекс Уайт». Отходы от этих кур богаты метионином, изолейцином, лейцином, тирозином. Худший аминокислотный состав наблюдается в отходах от кур породы «РОСС-708». Однако в сравнении с другими возможными источниками промышленного получения ферментативных гидролизатов отходы потрошения птицы являются легкодоступными и быстроусвояемыми.

Таким образом, данные по физико-химическому составу отходов потрошения, полученных от кур трех разных пород, позволяют рекомендовать данные отходы в качестве перспективного источника для получения ферментативно гидролизованного сырья.

Данные, полученные в результате исследований состава отходов потрошения, свидетельствуют о том, что малоценные отходы потрошения птицы могут быть использованы в качестве перспективного сырья для получения высокобелковых кормов для сельскохозяйственных животных.

На основании избирательного ферментативного поиска по базе данных UniProt для гидролиза отходов потрошения птицы подобраны штаммы микроорганизмов: *Bacillus endophyticus 2102, Bacillus safensis sp.*, *Bacillus pumilus SAFR032*, *Bacillus licheniformis B-2986, Streptomycesparvus sp.*, *Streptomyces parvus AC-1114*. Данные штаммы обладают способностью к продуцированию ферментов и ферментных комплексов класса гидролаз. Для конструирования мультиферментной композиции была изучена протеолитическая активность путем измерения степень гидролиза белка. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты исследования протеолитической активности исследуемых штаммов микроорганизмов

Штамм	Значение показателя	
	Степень гидролиза, %	Протеолитическая активность, Е/мг белка
Bacillus endophyticus 2102	61,23±3,67	17,57±1,05
Bacillus safensis sp.	58,19±3,49	18,46±1,10
Bacillus pumilus SAFR032	53,91±3,23	20,64±1,24
Bacillus licheniformis B-2986	66,42±3,98	28,33±1,69
Streptomycesparvus sp.	57,66±3,46	16,18±0,97
Streptomyces parvus AC-1114	32,86±1,97	9,20±0,55

Результаты, представленные в табл. 3, показывают, что выбранные для гидролиза отходов потрошения птицы по базе данных UniProt штаммы микроорганизмов вырабатывают протеолитические ферменты с высокой активностью. Наименьшую степень гидролиза показал штамм микроорганизма *Streptomyces parvus AC-1114*, степень гидролиза его составила (32,86±1,97) %, а протеолитическая активность – (9,20±0,55) Е/мг белка. Штамм микроорганизма *Bacillus endophyticus 2102* в ходе эксперимента показал степень гидролиза (61,23±3,67) %, а степень гидролиза у штамма *Bacillus licheniformis B-2986* составила (66,42±3,98) %, у штамма *Bacillus safensis sp.* составила 58,19±3,49 %, у штамма *Bacillus pumilus SAFR032* составила (53,91±3,23) %, у штамма *Streptomycesparvus sp.* составила (57,66±3,46) %. На основании результатов для дальнейших исследований выбираем следующие виды штаммов микроорганизмов: *Bacillus endophyticus 2102, Bacillus safensis sp.*, *Bacillus pumilus SAFR032*, *Bacillus licheniformis* B-2986, *Streptomycesparvus sp.*

Следующий этап исследования был связан с изучением биосовместимости выбранных штаммов микроорганизмов. Для этого применяли метод совместного культивирования с применением плотной

питательной среды. Массовую долю микробиологической суспензии определяли таким образом, чтобы количество исследуемых микроорганизмов в опыте составило следующие показатели $1 \cdot 10^3$ КОЕ/г, $1 \cdot 10^4$ КОЕ/г, $1 \cdot 10^5$ КОЕ/г, $1 \cdot 10^6$ КОЕ/г. Полученные результаты представлены в табл. 4.

Таблица 4

Оценка биосовместимости штаммов с протеолитической активностью методом совместного культивирования на плотной питательной среде

Наименование штамма	Наименование штамма				
	Bacillus endophyticus 2102	*Bacillus safensis sp.*	*Bacillus pumilus SAFR032*	*Bacillus licheniformis B-2986*	*Streptomycesparvus sp.*
Bacillus endophyticus 2102	-	БС	БС	БС	БС
Bacillus safensis sp.	БС	-	БС	БС	БС
Bacillus pumilus SAFR032	БС	БС	-	БС	БС
Bacillus licheniformis B-2986	БС	БС	БС	-	БС
Streptomycesparvus sp.	БС	БС	БС	БС	-

Данными эксперимента на биосовместимость (табл. 4) показано, что выбраны для исследования штаммы микроорганизмов *Bacillus endophyticus 2102, Bacillus safensis sp.*, *Bacillus pumilus SAFR032*, *Bacillus licheniformis B-2986, Streptomycesparvus sp.* Следовательно, штаммы микроорганизмов подобраны таким образом, что рост и выпуск ферментов одним штаммов не обладает антагонистическим действием по отношению к другим штаммам.

Совокупный анализ результатов в соответствие с данными по химическому составу отходов, полученных после убоя и потрошения птицы позволил установить оптимальное соотношение подобранных культур для мультиферментной композиции – 1:1:3:3:2.

Подобранные микроорганизмы являются эффективными продуцентами внеклеточных ферментов (протеолитических, амилолитических, кератинолитических, коллагенолитических и других внеклеточных комплексов ферментов). Подобная многоступенчатость позволяет обеспечивать глубокий гидролиз сложных органических соединений, входящих в состав отходов, полученных после потрошения птицы.

Условиями опыта для ферментных препаратов явились: температура (45±2) ºС, продолжительность 3 часа, концентрация 8,0 ед/г субстрата. Отходы потрошения птиц предварительно измельчали.

Полученные ферментативные гидролизаты отходов потрошения птицы были изучены на физико-химические свойства: массовая доля белка, массовая доля влаги, массовая доля жира, массовая доля сырой клетчатки, массовая доля кальция, массовая доля фосфора. Полученные результаты представлены в табл. 5.

Данные табл. 5 свидетельствуют о том, что максимальное содержание белка в пересчете на массовую долю влаги составляет 81,4 %, кальция – 11,2 % и фосфора – 9,2 %, что характерно для ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы, полученных в результате 24-часового гидролиза. Массовая доля жира, в пересчете на массовую долю влаги, во всех тестируемых образцах не превышает 2,3 %, массовая доля сырой клетчатки не превышает 0,9 %. Также из табл. 5 следует, что по таким физико-химическим показателям, пересчитанным на массовую долю влаги, как массовая доля жира и сырой клетчатки, все ферментативные гидролизаты отходов потрошения птицы соответствуют ГОСТ 17536-82 «Мука кормовая животного происхождения. Технические условия».

Таблица 5

Физико-химические свойства ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы

Наименование показателя	Значение показателя для образца		
	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3*
Массовая доля влаги, %	94,5	95,8	97,2
Массовая доля белка, %	4,5/77,7	3,5/79,2	2,4/81,4
Массовая доля жира, %	0,10/1,7	0,10/2,3	0,06/2,0
Массовая доля сырой клетчатки, %	0,05/0,9	0,04/0,9	0,02/0,7
Массовая доля кальция, %	0,52/9,0	0,29/6,6	0,33/11,2
Массовая доля фосфора, %	0,25/4,3	0,22/5,0	0,27/9,2**

*образец № 1 – продолжительность гидролиза 2 ч, образец № 2 – продолжительность гидролиза 8 ч, образец № 3 – продолжительность гидролиза 24 ч; гидромодуль во всех вариантах равен 1:8;
**числитель – без пересчета на массовую долю влаги; знаменатель – в пересчете на массовую долю влаги

По массовой доле кальция и фосфора, пересчитанной на массовую долю влаги, соответствует только 24-часовой ферментативный гидролизат. Что касается массовой доли белка, пересчитанной на массовую долю влаги, ни один из тестируемых гидролизатов не соответствует необходимой норме для производства кормовой добавки. Дальнейшие исследования будут направлены на очистку и обезжиривание ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы с целью повышения массовой доли белка.

Далее ферментативные гидролизаты, полученные из отходов потрошения птицы, были изучены

на параметры химической и биологической безопасности.

Токсичные элементы представляют собой весьма обширную и опасную группу веществ в токсикологическом отношении, которые при накоплении в организме способны отрицательно влиять на рост и развитие живого организма. К основным и наиболее опасным токсичным элементам, загрязняющим готовый продукт, относятся такие тяжелые металлы, как мышьяк, свинец, ртуть, кадмий, медь и цинк.

Ртуть обладает кумулятивным действием, т.е. способна накапливаться в организме. Механизм токсикологического действия данного металла связан с его способностью взаимодействовать и блокировать сульфгидрильные группы белков, инактивируя при этом жизненно необходимые ферменты. Самый распространенный токсикант – это свинец. Аналогично ртути данный металл способен блокировать сульфгидрильные группы белка с последующей инактивацией ферментов.

В ходе исследования изучали содержание в ферментативных гидролизатах отходов потрошения птицы свинца, кадмия, мышьяка, ртути, меди и цинка, афлатоксина В1, хлорорганических пестицидов, а также радионуклидов стронция-90 и цезия-137. Полученные результаты представлены в табл. 6.

Таблица 6

Показатели химической безопасности ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы, полученных при оптимальных условиях гидролиза

Показатели безопасности	Норматив	Результаты испытаний			НТД на методы испытания
		Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	
Свинец, мг/кг	Не более 0,5	0,0015	0,0010	Не обнаружено	ГОСТ 26932-86
Кадмий, мг/кг	Не более 0,3	0,0020	0,0010	0,001	ГОСТ Р 51301-99
Мышьяк, мг/кг	Не более 1,0	0,050	0,030	0,020	ГОСТ 26930-86
Ртуть, мг/кг	Не более 0,2	0,0012	Не обнаружено	Не обнаружено	ГОСТ 53183-2008
Медь, мг/кг	Не более 80,0	5,0	15,0	7,0	ГОСТ 26931-86
Цинк, мг/кг	Не более 250,0	25,0	22,0	24,5	ГОСТ 26934-86
Содержание афлатоксина B_1, мг/кг	Не более 0,01	0,005	0,0080	0,0060	ГОСТ 31653-2012
Содержание ДДТ (сумма дихлордифенилтрихлорметилметана, дихлордифенилдихлорметилметана, дихлордифенилдихлорэтилена), мг/кг	Не более 0,05	0,010	0,010	0,0090	ГОСТ 32194-2013
Содержание эндосульфана (сумма альфа-, бета изомеров и эндосульфан-сульфата), мг/кг	Не более 0,1	0,050	0,010	0,025	ГОСТ 32194-2013
Содержание эндрина (сумма эндрина и дельта-кето-эндрина), мг/кг	Не более 0,01	0,0070	0,004	0,003	ГОСТ 32194-2013
Содержание гептахлора и гептахлорэпоксида, мг/кг	Не более 0,01	0,0050	0,0045	0,0060	ГОСТ 32194-2013
Содержание гексахлорциклогексана (сумма изомеров), мг/кг	Не более 0,01	0,0035	0,0025	0,0045	ГОСТ 32194-2013
^{90}Sr, Бк/кг	Не более 200,0	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	ГОСТ 32163-2013
^{137}Cs, Бк/кг	Не более 600,0	20,0	30,0	27,0	ГОСТ 32161-2013

Из табл. 6 следует, что содержание токсичных элементов и радионуклидов в тестируемых ферментативных гидролизатах отходов потрошения птицы не превышает нормируемых значений по данным показателям согласно ГОСТ 17536-82 «Мука кормовая животного происхождения. Технические условия».

Микробиологические показатели характеризуют общую микробиологическую обсемененность готового продукта или наличие определенных групп микроорганизмов, образующих в процессе жизнедеятельности токсины или ухудшающих качество продукта. При определении микробиологической безопасности ведут контроль за несколькими группами микроорганизмов:

– бактерии группы кишечной палочки (БГКП) и мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы (КМАФАнМ);

– условно-патогенные микроорганизмы (*S. aureus, E. coli*, сульфатредуцирующие бактерии и др.);

– патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы;

– дрожжи и плесневелые грибы.

Контроль за микробиологическими показателями кормов всегда должен осуществляться должным образом во избежание пищевых отравлений, инфекционных болезней, токсикоинфекции, наносящих большой экономический ущерб птицеводству.

В связи с тем, что бактериальная обсемененность кормов сельскохозяйственной птицы является главной причиной отравления и возбудителем различных инфекционных заболеваний, далее исследовали микробиологические показатели ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы. Результаты проведенных исследований представлены в табл. 7.

Таблица 7

Микробиологические показатели ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы, полученных при оптимальных условиях гидролиза

Микробиологические показатели	Нормативы	Результаты испытаний			НТД на методы испытания
		Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ в 1,0 г не более	$5{,}0\cdot10^5$	$1{,}2\cdot10^2$	$4{,}0\cdot10^3$	$5{,}0\cdot10^1$	ГОСТ 25311-82, ГОСТ 10444.15-94
Масса продукта (г), в которой не обнаружены бактерии группы кишечной палочки (колиформы)	50,0	50,0	50,0	50,0	ГОСТ 25311-82, ГОСТ 30518-97
Масса продукта (г), в которой не обнаружены патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы	50,0	50,0	50,0	50,0	ГОСТ 25311-82, ГОСТ 30519-97
Масса продукта (г), в которой не обнаружены анаэробы (токсинообразующие)	50,0	50,0	50,0	50,0	ГОСТ 25311-82, ГОСТ 29185-91
Масса продукта (г), в которой не обнаружены *Proteus*	1,0	1,0	1,0	1,0	ГОСТ 28560-90

Данные табл. 7 свидетельствуют о том, что по микробиологическим свойствам образцы ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы соответствуют ГОСТ 17536-82 «Мука кормовая животного происхождения. Технические условия».

Таким образом, в ходе выполнения данной работы были получены следующие результаты.

1. Рассмотрен химический состав отходов потрошения (перопуховое сырье, железистые и мышечные желудки, головы, ноги, шеи, сердца, костная фракция, получаемая при ручной и механической обвалке тушек кур), полученного от кур разных пород «РОСС-708», «Хайсекс Уайт», «Кросс Смена» ООО «Кузбасский бройлер» (Кемеровская область, Россия). Отходы характеризовались содержанием массовой доли сырого протеина от 20,0 до 23,0 % и золы не более 2,0 %. Наибольшее содержание массовой доли белка (22,93 %) наблюдалось в отходах, полученных от кур породы «Хайсекс Уайт». По микроэлементному составу первое место также принадлежало отходам от кур породы «Хайсекс Уайт».

2. Изучен состав пептидных фракций и аминокислотного профиля. Большая половина всех выделенных белков приходилась на фракции с молекулярной массой от 60,0 до 55,0 кДа. В достаточном количестве в отходах потрошения содержались низкомолекулярные пептиды с молекулярной массой меньше 20 кДа. Согласно литературным источникам, данную белковую фракцию можно интерпретировать как α-кератин. Также были обнаружены белковые фракции с молекулярной массой 45,0–35,0 кДа, вероятно, представители β-кератинов. Результаты исследования аминокислотного состава отходов потрошения свидетельствуют о том, что содержание цистеина составляет в среднем 9,13 мг/100 г образца, содержание метионина – 12,47 мг/100 г образца. Что касается других аминокислот, то высокое содержание отмечено для аспарагиновой кислоты (6,86 мг/100 г образца), серина (5,38 мг/100 г образца), глицина (6,52 мг/100 г образца), аланина (5,35 мг/100 г образца), лейцина (6,25 мг/100 г образца), тирозина (5,15 мг/100 г образца), лизина (5,09 мг/100 г образца), аргинина (5,99 мг/100 г образца). На основании данных аминокислотного и пептидного профиля отходов потрошения птицы, а также протеолитической активности и биосовместимости штаммов была подобрана мультиферментная композиция, включающая в себя штаммы микроорганизмов *Bacillus endophyticus 2102, Bacillus safensis sp.*, *Bacillus pumilus SAFR032*, *Bacillus licheniformis B-2986, Streptomycesparvus sp*. в соотношении 1:1:3:3:2.

3. Изучены физико-химические свойства ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы. Максимальное содержание белка в пересчете на массовую долю влаги составляло 81,4 %, кальция – 11,2 % и фосфора – 9,2 %, что характерно для ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы, полученных в результате 24-часового гидролиза. Массовая доля жира в пересчете на массовую долю влаги во всех тестируемых образцах не превышала 2,3 %, массовая доля сырой клетчатки не превышала 0,9 %. Таким образом по данным показателям все ферментативные гидролизаты отходов потрошения птицы соответствовали ГОСТ 17536-82 «Мука кормовая животного происхождения. Технические условия». По массовой доле кальция и фосфора, пересчитанной на массовую долю влаги, соответствовал только 24-часовой

ферментативный гидролизат. Что касается массовой доли белка, пересчитанной на массовую долю влаги, ни один из тестируемых гидролизатов не соответствовал необходимой норме для производства кормовой добавки.

4. Определены показатели химической безопасности ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы, полученных в ходе ферментативного гидролиза. Содержание токсичных элементов и радионуклидов в тестируемых ферментативных гидролизатах отходов потрошения птицы не превышало нормируемых значений согласно ГОСТ 17536-82 «Мука кормовая животного происхождения. Технические условия».

5. Определены показатели микробиологической безопасности ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы. По микробиологическим свойствам образцы ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы соответствовали ГОСТ 17536-82 «Мука кормовая животного происхождения. Технические условия».

Работа была выполнена в рамках комплексного проекта, финансируемого Министерством образования и науки Российской Федерации в рамках постановления Правительства 218 «Организация высокотехнологичного производства высокобелковых кормовых добавок и биоудобрений на основе комплексной технологии переработки пуховые сырья и других малоценных отходов птицеводства» по государственному контракту №02.G25.31.0151 от 01.12.2015 года. Головной исполнитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)».

Список литературы

1. Долгов, В.А. Методологические аспекты ветеринарно-санитарной экспертизы продовольственного сырья и пищевой продукции / В.А. Долгов, С.А. Лавина // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2016. – № 3 (19). – С. 11–19.

2. Ефремова, А.А. Состояние и перспективы развития российского рынка мяса птицы в новых экономических условиях / А.А. Ефремова // Вестник Алтайской науки. – 2015. – № 3–4 (25–26). – С. 234–242.

3. Задачи по обеспечению ветеринарно-санитарной безопасности при производстве и реализации продукции животного происхождения в Российской Федерации / В.И. Дорожкин, М.П. Бутко, А.С. Герасимов, Т.Ф. Посконная, В.И. Белоусов // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2016. – № 1. – С. 6–16.

4. К вопросу безотходной переработки сырья птицеперерабатывающих производств и пути ее интенсификации / Е.А. Денисюк, И.А. Носова [и др.] // Вестник Нижегородской гос. сельскохоз. академии. – 2013. – Т. 3. – С. 323–328.

5. Мясо-костная мука - по новой технологии / В. Волик, С. Зиновьев, Д. Исмаилова, О. Ерохина // Животноводство России. – 2016. – № 4. – С. 9–11.

6. Дорожкин, В.И. Основные направления исследований, этапы становления и перспективы развития лаборатории токсикологии и санитарии кормов ВНИИВСГЭ / В.И. Дорожкин, Г.И. Павленко, Н.С. Крутько // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2015. – № 1 (13). – С. 76–80.

7. Повышение ресурса белка при переработке птицы / В.Г. Волик, О.Н. Ерохина, С.В. Зиновьев, Д.Ю. Исмаилова // Мясные технологии. – 2014. – № 9 (141). – С. 64–69.

8. Разработка системы безотходного производства продукции в условиях специализированных птицеводческих хозяйств / С.В. Семенченко, А.С. Дегтярь, И.В. Засемчук, А.П. Бахурец // Вестник Донского гос. аграрного у-та. – 2014. – № 4–1 (14). – С. 46–58.

9. Свойства гидролизатов кератинсодержащего сырья, полученных под действием консорциума микроорганизмов-деструкторов / О.В. Кригер, А.В. Изгарышев, И.С. Милентьева, П.В. Митрохин // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2015. – № 2–-3 (344–345). – С. 25–27.

10. Keratinase production and biodegradation of polluted secondary chicken feather wastes by a newly isolated multi heavy metal tolerant bacterium-Alcaligenes sp AQ05-001 / Y. Ibrahim, A.S. Aqlima, P.L. Yee и др. // Journal of environmental management. – 2016. – Vol. 183. – P. 182–195.

References

1. Dolgov V.A., Lavina S.A. Metodologicheskie aspekty veterinarno-sanitarnoy ekspertizy prodovol'stvennogo syr'ya i pishchevoy produktsii [Methodological aspects of veterinary-sanitary expertise of food raw materials and food products]. *Problemy veterinarnoy sanitarii, gigieny i ekologii* [Problems on Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology], 2016, vol. 16, no. 3, pp. 11–19.

2. Efremova A.A. Sostoyanie i perspektivy razvitiya rossiyskogo rynka myasa ptitsy v novykh ekonomicheskikh usloviyakh [The state and development prospects of russian market of poultry meat in the new economic environment]. *Vestnik Altayskoy nauki* [Bulletin of the Altai Science], 2015, vol. 25–26, no. 3–4, pp. 234–242.

3. Dorozhkin V.I., Butko M.P., Gerasimov A.S., Posconnaya T.F., Belousov V.I. Zadachi po obespecheniyu veterinarno-sanitarnoy bezopasnosti pri proizvodstve i realizatsii produktsii zhivotnogo proiskhozhdeniya v Rossiyskoy Federatsii [Tasks for maintenance of veterinary-sanitary safety in the manufacture and sale of products of animal origin to the russian federation]. *Problemy veterinarnoy sanitarii, gigieny i ekologii* [Problems on Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology], 2016. no. 1, pp. 6–16.

4. Denisyuk E.A., Nosova I.A., Guseynov K.T., Erakhtin K voprosu bezotkhodnoy pererabotki syr'ya ptitsepererabatyvayushchikh proizvodstv i puti ee intensifikatsii [On the issue of non-waste processing of raw materials of poultry processing industries and ways of its intensification]. *Vestnik Nizhegorodskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Vestnik of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy], 2013, vol. 3, pp. 323–328.

5. Volik V., Zinovyev S., Ismailova D., Yerokhina O. Myaso-kostnaya muka - po novoy tekhnologii [Meat-and-bone meal: using a new technology]. *Zhivotnovodstvo Rossii* [Livestock of Russia], 2016, no. 4, pp. 9–11.

6. Dorozhkin V.I., Pavlenko G.I., Krutsko N.S. Osnovnye napravleniya issledovaniy, etapy stanovleniya i perspektivy razvitiya laboratorii toksikologii i sanitarii kormov VNIIVSGE [Laboratory of toxicology and sanitation of feeds. The main trends in

the researches, stages of formation and perspectives of the development]. *Problemy veterinarnoy sanitarii, gigieny i ekologii* [Problems on Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology], 2015, vol. 13, no. 1, pp. 76–80.

7. Volik V.G., Erokhina O.N., Zinov'ev S.V., Ismailova D.Yu. Povyshenie resursa belka pri pererabotke ptitsy [Increase of the protein resource during poultry processing]. *Myasnye tekhnologii* [Meat technologies.], 2014, vol. 141, no. 9, pp. 64–69.

8. Semenchenko S.V., Degtyar A.S., Zasemchuk I.V., Bakhurets A.P. Razrabotka sistemy bezotkhodnogo proizvodstva produktsii v usloviyakh spetsializirovannykh ptitsevodcheskikh khozyaystv [Development non-waste production system in the conditions of specialized poultry farms]. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik of Don State Agrarian University], 2014, vol. 14, no. 4–1, pp. 46–58.

9. Kriger O.V., Izgaryshev A.V., Milenteva I.S., Mitrokhin P.V. Svoystva gidrolizatov keratinsoderzhashchego syr'ya, poluchennykh pod deystviem konsortsiuma mikroorganizmov-destruktorov [Hydrolyzates properties of keratin-containing raw materials obtained under influence of microorganisms destructors consortium]. *Izvestia vuzov. Pishevaya tekhnologia* [News institutes of higher Education. Food technology], 2015, vol. 344–345, no. 2–3, pp. 25–27.

10. Yusuf I., Ahmad S.A., Phang L.Y., Syed M.A., Shamaan N.A., Abdul Khalil K., Dahalan F.A., Shukor M.Y. Keratinase production and biodegradation of polluted secondary chicken feather wastes by a newly isolated multi heavy metal tolerant bacterium-Alcaligenes sp AQ05-001. *Journal of environmental management*, 2016, no.183, pp.182–195.

Дополнительная информация / Additional Information

Характеристика физико-химических свойств и показателей химической и микробиологической безопасности ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы / Л.К. Асякина, В.Ф. Долганюк, И.С. Милентьева, С.Ю. Носкова, О.О. Бабич // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 5–14.

Asyakina L.K., Dolganuk V.F., Milentieva I.S., Noskova S.Yu., Babich O.O. Physico-chemical properties and indices of chemical and microbiological safety for enzyme hydrolysates of feather waste. *Food Processing: Techniques and Technology,* 2017, vol. 46, no. 3, pp. 5–14 (In Russ.).

© Асякина Людмила Константиновна
младший научный сотрудник НОЦ, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: alk_kem@mail.ru

© Долганюк Вячеслав Федорович
канд. техн. наук, старший научный сотрудник НОЦ, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: dolganuk_vf@mail.ru

© Милентьева Ирина Сергеевна
канд. техн. наук, доцент кафедры бионанотехнологии, к.т.н., ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: irazumnikova@mail.ru

© Носкова Светлана Юрьевна
канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры бионанотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47,
тел.: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: svykrum@mail.ru

© Бабич Ольга Олегова
д-р техн. наук, кафедры бионанотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: olich.43@mail.ru

© Lyudmila K. Asyakina
Junior Researcher of the Center of Research and Education, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: Alk_kem@mail.ru

© Vyacheslav F. Dolganyuk
Cand.Sci.(Eng.), Senior Researcher of the Center of Research and Education, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-73,
e-mail: dolganuk_vf@mail.ru

© Irina S. Milentieva
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-73,
e-mail: irazumnikova@mail.ru

© Svetlana Yu. Noskova
Cand.Sci.(Eng.), Senior Lecturer of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: svykrum@mail.ru

© Olga O. Babich
Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: olich.43@mail.ru