



Сельскохозяйственная экология / Agricultural ecology

Оригинальная статья / Original article

УДК 597.2.5; 664.2.03; 663.1

DOI: 10.18470/1992-1098-2017-4-90-104

УТИЛИЗАЦИЯ ВТОРИЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ТРИТИКАЛЕ С ПОЛУЧЕНИЕМ КОРМОВОГО МИКРОБНО-РАСТИТЕЛЬНОГО КОНЦЕНТРАТА ДЛЯ ПРУДОВЫХ РЫБ

¹Николай Р. Андреев, ¹Валентина В. Колпакова*, ¹Владимир Г. Гольдштейн,

²Ирина К. Кравченко, ²Рузалия В. Уланова, ¹Валентина А. Гулакова,

³Людмила В. Шевякова, ³Мария А. Макаренко, ¹Николай Д. Лукин

¹Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов –
филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем имени В.М. Горбатова»,
Красково, Московская область, Россия, val-kolpakova@rambler.ru

²Институт микробиологии имени С.Н. Виноградского Федерального
исследовательского центра «Фундаментальные основы биотехнологии»
Российской академии наук, Москва, Россия

³Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и
безопасности пищи, Москва, Россия

Резюме. Цель. Целью исследований являлась разработка процесса утилизации вторичных продуктов переработки зерна тритикале на крахмал и белковый концентрат с получением кормового микробно-растительного концентрата (КМРК) для прудовых рыб. **Методы.** В работе использовали стандартные и специальные методы анализа химического, биохимического состава (аминокислотного, минерального, жирнокислотного, углеводного), микробиологических показателей зерна тритикале, вторичных продуктов его переработки и КМРК. **Результаты.** Показано, что с учетом особенностей химического состава сывороточных вод, нерастворимого остатка и мезги, методом биоконверсии целесообразно производить КМРК, используя продуцент – дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*. Кормовая ценность КМРК по показателям протеина, липидов, минеральных веществ, клетчатки соответствовала нормативным показателям, предъявляемым к кормам для прудовой рыбы семейства карповых. КМРК содержал легкоусвояемые углеводы, качественный протеин с незаменимыми аминокислотами и липиды, в состав которых входили насыщенные, ненасыщенные жирные кислоты, включая семейства ω -6, ω -3 и фосфатиды. **Заключение.** Разработан процесс биоконверсии для утилизации вторичных продуктов переработки зерна тритикале на крахмал А и белковый концентрат с получением на основе сывороточных вод КМРК для прудовых рыб. Концентрат характеризовался высокими значениями содержания незаменимых аминокислот, преобладанием ненасыщенных жирных кислот, наличием биологически активных фосфолипидов, стерина, микро-, макроэлементов. Использование концентрата в качестве добавки обеспечит сохранность рыбы, увеличит темпы роста, снизит стоимость корма и улучшит экологическую обстановку на крахмальных заводах.

Ключевые слова: тритикале, вторичные продукты переработки, сывороточные воды, утилизация, биоконверсия, кормовой микробно-растительный концентрат.

Формат цитирования: Андреев Н.Р., Колпакова В.В., Гольдштейн В.Г., Кравченко И.К., Уланова Р.В., Гулакова В.А., Шевякова Л.В., Макаренко М.А., Лукин Н.Д. Утилизация вторичных продуктов переработки тритикале с получением кормового микробно-растительного концентрата для прудовых рыб // Юг России: экология, развитие. 2017. Т.12, N4. С.90-104. DOI: 10.18470/1992-1098-2017-4-90-104

UTILIZATION OF SECONDARY TRITICALE PROCESSING PRODUCTS WITH PRODUCTION OF FODDER MICROBIAL-VEGETATIVE CONCENTRATE FOR POND FISH

¹Nikolay R. Andreev, ¹Valentina V. Kolpakova*, ¹Vladimir G. Goldstein,

²Irina K. Kravchenko, ²Ruzaliya V. Ulanova, ¹Valentina A. Gulakova,

³Lyudmila V. Shevyakova, ³Mariya A. Makarenko, ¹Nikolai D. Lukin

¹All-Russian Scientific Research Institute of Starch Products – a branch of the
Federal Scientific Center for Food Systems n.a. V.M. Gorbатов,



Kraskovo, Moscow region, Russia, val-kolpakova@rambler.ru
²Winogradsky Institute of Microbiology Federal Research Centre
«Fundamentals of biotechnology»
of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
³Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and
Food Safety, Moscow, Russia

Abstract. Aim. The aim of the study was to develop a process for the utilization of secondary products of triticale grain processing into starch and protein concentrate with production of fodder microbial-vegetative concentrate (FMVC) for pond fish. **Methods.** Standard and special methods for the analysis of chemical, biochemical composition (amino acid, mineral, fatty acid, carbohydrate), microbiological parameters of triticale grain, secondary products of its processing and FMVC were used in this work. **Results.** It is shown that considering the peculiarities of the chemical composition of whey water, insoluble residue and pulp, it is expedient to produce FMVC by bioconversion method using the producer-yeast *Saccharomyces cerevisiae*. The feed value of FMVC in terms of protein, lipids, minerals, and fiber met the normative parameters for fodder for pond fish of the Cyprinidae family. FMVC contained digestible carbohydrates, a high-quality protein with essential amino acids and lipids, which included saturated, unsaturated fatty acids, including ω -6, ω -3 families and phosphatides. **Conclusion.** A process of bioconversion has been developed for the utilization of secondary products of triticale grain processing into starch A and protein concentrate, with the production of FMVC for pond fish based on whey waters. The concentrate was characterized by high values of essential amino acids score, the predominance of unsaturated fatty acids, the presence of biologically active phospholipids, sterols, micro-, macroelements. The use of a concentrate as an additive will ensure the survivability of fish, increase growth, reduce the cost of feed and improve the ecological situation of the starch factory.

Keywords: triticale, secondary products of processing, whey water, utilization, bioconversion, fodder microbial-vegetative concentrate.

For citation: Andreev N.R., Kolpakova V.V., Goldstein V.G., Kravchenko I.K., Ulanova R.V., Gulakova V.A., Shevyakova L.V., Makarenko M.A., Lukin N.D. Utilization of secondary triticale processing products with production of fodder microbial-vegetative concentrate for pond fish. *South of Russia: ecology, development*. 2017, vol. 12, no. 4, pp. 90-104. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2017-4-90-104

ВВЕДЕНИЕ

Производство кормов для животных остро нуждается в недорогих добавках, содержащих протеины, углеводы, липиды, биологически активные соединения [1]. В качестве таких добавок используется биомасса микроорганизмов [2-5], однако промышленное получение ее значительно отстает от потребностей животноводства. Расширение производства кормовой биомассы и добавок на ее основе часто сдерживается дефицитом технологичного и доброкачественного сырья для получения питательного субстрата как важнейшего этапа биотехнологического производства, требующего использования водных ресурсов и дополнительных количеств неорганических усвояемых компонентов.

Ранее установлено, что одним из источников питательных субстратов для производства кормовых добавок биотехнологическим способом являются вторичные продукты глубокой переработки зернового сырья и, прежде всего, технологий переработки зерна на крахмал и крахмалопродукты [6].

Отличительной особенностью данного вида производства является многотонажность, присутствие в составе вторичных продуктов переработки важнейших для нормального функционирования микроорганизмов вещества, включая азотистые соединения, углеводы, минеральные соединения и витамины.

Зерновые культуры, являясь ценными компонентами кормов для рыб, часто восполняют основную потребность аквакультуры в выше перечисленных соединениях [7]. С другой стороны, зерновые культуры составляют основу питания и для человека [8], поэтому экономия сырья за счет уменьшения доли в комбикормах зерновых компонентов путем использования вторичных продуктов переработки зерна при производстве крахмала и других подобных продуктов – важная задача для стабилизации сырьевой базы и обеспечения продовольственной безопасности страны [7].

В последние годы в различных регионах страны, включая Южный Федеральный



округ, активизировались работы по селекции и переработке зерна тритикале, достоинством которого является устойчивость к болезням и вредителям [9]. При выращивании зерна требуется меньше ядохимикатов, поэтому продукты из тритикале экологически чистые [10]. Из-за присутствия в зерне белковых компонентов ржи качество клейковины тритикале значительно ниже, чем у пшеницы [11], поэтому селекционеры успешно выводят сорта с относительно высоким содержанием крахмала (до 70%) для обеспечения в нем нужд различных отраслей пищевой и других видов промышленности.

Нами разработана технология производства крахмала из зерна тритикале с получением основного продукта – крахмала А и пищевого белкового концентрата, при которой образуются сывороточные воды, мезга и нерастворимый остаток, не используемые по прямому назначению. Производство крахмала является источником быстро закипающих замочных вод, имеющих высокий уровень загрязненности минеральными, органическими веществами и микроорганизмами [12]. Картофельный сок, например, направляется на полив сельскохозяйственных угодий или на корм скоту, замочные воды кукурузы вводятся в состав кормов или питательных

сред для микробиологической промышленности, тогда как замочные воды других зерновых культур, практически, не используются. В то же время объемы их с одного только крахмального завода мощностью 200 тыс. т в год перерабатываемого сырья, при использовании сернистокислотного способа переработки, может достигать 426 тыс. т. в год. Отсюда экологической задачей является исключение сбрасывания жидких отходов в окружающую среду. А поскольку процессы биоконверсии сегодня актуальны и востребованы [2-5; 13], то данный подход использован нами и для решения проблемы утилизации вторичных продуктов переработки тритикале путем создания кормового микробно-растительного концентрата (КМРК) как добавки, соответствующей требованиям науки о кормлении животных с качественными белками, липидами и биологически активными соединениями.

Целью настоящей работы явилась разработка процесса утилизации вторичных продуктов переработки зерна тритикале на крахмал А и белковый концентрат биоконверсией с получением на основе сывороточных вод КМРК для животных и прудовых рыб.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для приготовления питательной среды при получении КМРК служили сывороточные воды, нерастворимый остаток, образующиеся при выделении белкового концентрата из замочных вод зерна тритикале (экстракта) и мезга, выработанная по ТУ 9189–131–00334735–15 на стадии выделения крахмала А в экспериментальном цехе ФГБНУ ВНИИ крахмалопродуктов. Вторичные продукты использовали из зерна тритикале, полученного от ООО «Мглинский крахмальный завод» (Брянская область) и Донского зонального НИИ сельского хозяйства.

Химический состав зерна тритикале, из которого выделяли крахмал, белковый концентрат и вторичные продукты переработки, в % на сухие вещества (СВ) следующий: крахмал – 63,8; белок – 10,1; жир – 1,5; зола – 1,72; редуцирующие сахара (РС) – 10,0. Мезгу предварительно подсушивали до влажности 10% и размалывали до частиц размером 20-100 мкм. Сывороточные воды

представляли собой жидкую фазу, остающуюся после осаждения пищевых белковых веществ в изoeлектрической точке из экстракта замочных вод, а нерастворимый остаток – продукт, образующийся после выделения растворимых белковых веществ из экстракта замочных вод при центрифугировании.

В качестве культуры продуцента КМРК использовали дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* из коллекции лаборатории выживаемости микроорганизмов Института микробиологии им. Виноградского С.Н. РАН. Дрожжи хранились в пробирках с сусл-агаром при температуре 4-8°C. Музейную культуру с сусл-агара пересевали в пробирки на агаризованную сыворотку, получали посевную культуру и культивировали ее при температуре 25-28°C в течение 24 ч. Дрожжи пересевали в колбы емкостью 300 см³ с 50 см³ питательной среды, приготовленной на основе сывороточных вод, нерастворимого остатка и мезги. Дрожжевую биомассу вы-



ращивали при скорости перемешивания 150 мин⁻¹ и температуре 28°C.

При исследовании *химического состава сырья и КМПК* массовую долю влаги определяли по ГОСТ 13586.5-93; массовую долю белка – по ГОСТ 10842-91 на приборе фирмы Büchi, а также по сумме аминокислот из анализа аминокислотного состава. Массовую долю крахмала исследовали по ГОСТ 10845-98; клетчатки – ГОСТ 13496.2-91; золы – ГОСТ 27494-87, жира – экстракционным методом в аппарате фирмы Büchi с диэтиловым эфиром (ГОСТ 29033-91). Массовую долю сухих веществ (СВ) определяли по ГОСТ 12570-98, концентрацию редуцирующих веществ (РВ) – по методу И.С. Лурье [14], микробиологические показатели КМПК – в соответствии с документом [15]. При оценке общей микробной обсемененности продукции проводили прямой подсчет колоний, выросших на питательных средах мясопептонного агара (бактерии), среде Чапека и сусле-агара (мицелиальные грибы, дрожжи) при температуре 28°C в течение 72 ч.

Аминокислотный состав белков определяли на жидкостном хроматографе фирмы “Hitachi” (Япония) в стандартном режиме с сульфированным сополимером стирола с дивинилбензолом и ступенчатым градиентом натрий-цитратных буферных растворов с возрастающим значением pH и молярности. Данные обрабатывали в online системе «МультиХром 1.52» для Windows 98. Навеску 3-5 мг образца помещали в стеклянную ампулу, добавляли 300 мкл смеси концентрированной соляной и трифторуксусной кислот (2:1) с 0,1% 2-меркаптоэтанолом. Образец замораживали в жидком азоте, вакуумировали и проводили гидролиз при 155°C в течение 1 ч. Из образцов удаляли гидролизующую смесь упариванием на роторном испарителе (Centrivar Concentrator Labconco, USA). К остатку добавляли 0,1н. HCl и центрифугировали 5 мин при 800xg на центрифуге Microfuge 22R (Beckman-Coulter, USA). При расчете аминокислотного сора использовали шкалу эталонного белка ФАО/ВОЗ (1985 г).

Углеводный состав КМПК исследовали газовой хроматографией на хроматографе марки Shimadzu GC MS 2010 с масс-спектрометрическим детектором (GCMS-QP 2010). Для этого 1-2 мг образца растворяли в 1 см³ пиридина, после чего к раствору до-

бавляли 100 мкл раствора Supelco. Пробы в течение 1 ч выдерживали при 70°C и проводили разделение на капиллярной неполярной колонке Optima-1 (Macherey-Nagel DBR) с гелием в качестве носителя. Идентификацию пиков проводили по библиотеке масс-спектров NIST 11. Дополнительно в качестве стандартов использовали арабинозу, глюкозу, ксилозу, инозитол, раффинозу, мальтозу и другие углеводы.

Групповой состав липидов КМПК определяли тонкослойной хроматографией в системе растворителей: гексан:этиловый эфир:уксусная кислота (80:20:1,5) [16].

Жирнокислотный состав липидов КМПК исследовали методом газожидкостной хроматографии на хроматографе с масс-детектором Simadzu GCMS-QP2010 Ultra при температуре термостата 120°C, инжектора – 200°C; интерфейса – 205°C, детектора – 200°C. Использована колонка SLB-IL82 (30 м, 0,20 мм, d = 0,25 мм) с носителем гелием при скорости потока 35,6 см/сек, делении потока 1:10. Градиентный режим изменяли от 120°C до 260°C со скоростью 5°C/мин, далее следовала изотерма в течение 2 минут. Липиды выделяли по методу Фолча [17], упаривали на ротационном испарителе, растворяли в хлороформе, добавляли солянокислый метанол (Supelco Methanolic-HCl 0,5 N), закрывали в вials и нагревали 1 ч при 90°C.

Массовую долю макро- и микроэлементов определяли минерализацией пробы сухим озолением с последующим измерением концентрации элементов методом пламенной атомной абсорбции в воздушно-ацетиленовом пламени на приборе фирмы Хитахи модели 180-80, с коррекцией фонового поглощения методом зеемановской поляризации спектров [16].

Для определения растворимости КМПК 150 мг препарата помещали в центрифужную пробирку, добавляли 25 см³ дистиллированной воды и встряхивали 1 ч при 150 мин⁻¹; пробу оставляли на ночь при температуре 4°C, на следующий день вновь встряхивали 1 ч при тех же условиях и центрифугировали при 5000 мин⁻¹ в течение 15 мин. В центрифугате определяли массовую долю белка по Кьельдалю и относили ее к общему содержанию белка в навеске, умножив на 100. Для получения сухих препаратов КМПК использовали лиофильную сушку.



Все результаты представлены как средние 3-5 экспериментов с применением

методов дисперсного и корреляционного анализа с Q-тестом [18].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Комбинирование составных частей питательной среды с целью выращивания на них дрожжевой биомассы *Saccharomyces cerevisiae* проводили с использованием сыровороточных вод, нерастворимого остатка и мезги, высвобождающихся на стадиях получения крахмала А и пищевого белкового концентрата. Зерно тритикале замачивали водой, содержащей 0,1-0,2% диоксида серы в течение 22-45 ч при температуре 48-50°C и соотношении замочного раствора к массе зерна, равном 2,0-2,5:1. Экстракт отделяли от замоченного зерна, извлекали из него с

применением ферментных препаратов растворимые белковые соединения и осаждали их в изоэлектрической точке. Для получения дрожжевой биомассы использовали сыроворотку, оставшуюся после осаждения белков, нерастворимый остаток, образовавшийся после центрифугирования на последней стадии выделения белков с 0,05 н. раствором NaOH, и мезгу, выделенную при получении крахмала А. Средние значения массовой доли сухих веществ в компонентах питательной среды приведены на рис.1.

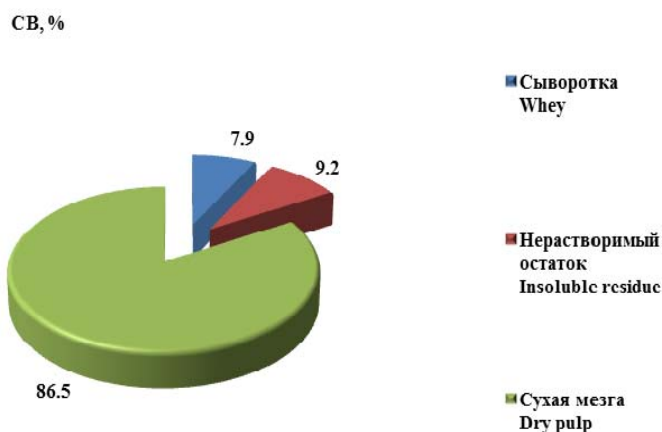


Рис. 1. Массовая доля сухих веществ в компонентах питательной среды, %
Fig. 1. Mass fraction of dry substances in the components of the nutrient medium, %

Видно, что большая часть их находилась в составе мезги, меньшая – в составе сыворотки. Из данных химического состава сыворотки, мезги и нерастворимого остатка видно, что продукты представляли собой доброкачественное сырье для использования его в качестве компонентов питательной среды при выращивании микроорганизмов (табл. 1).

Сыворотка и мезга содержали восстанавливающие, легкоусвояемые углеводы. Кроме того, продукты имели в своем составе белки и другие азотистые соединения (аминокислоты, амины, амиды). В нерастворимом остатке белки и другие азотистые соединения отсутствовали, но в нем присутствовали гемицеллюлозы (арабаны, ксиланы, галактоманнаны), которые способны под действием ферментов дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* распадаться на низкомолеку-

лярные соединения (арабинозу, ксилозу и т. д.) и, таким образом, служить компонентами питательной среды. В состав вторичных продуктов переработки зерна тритикале входили и минеральные вещества, на что указывали значения показателя массовой доли зольных элементов.

Наиболее высокий показатель зольности наблюдался у сыровороточных вод, на основе которых и конструировали питательный субстрат для КРМК. Особенностью состава углеводов сыворотки явилось преобладание арабинозы, ксилозы, глюкозы, пятая часть их приходилась на высокомолекулярные соединения (ВМС) (декстрины) и незначительное количество – на олигосахариды: мальтотриоза, мальтотетроза, раффиноза (рис. 2).



Химический состав продуктов переработки тритикале на крахмал и белковый концентрат

Table 1

The chemical composition of the products of triticale processing for starch and protein concentrate

Продукты переработки тритикале Triticale processing products	Массовая доля, % на СВ Mass fraction, % of CB			
	Азотистые соединения, в т.ч. белок Nitrogen compounds, including protein, (Nx5,7), %	Полисахариды Polysaccharides	Редуцирующие сахара Reducing sugars	Зола Ash
Сыворотка Whey	16,4±0,2	Крахмал / Starch 10,7±0,5	34,7±4,7	7,6-11,4
Нерастворимый осадок Insoluble residue	0	Гемипеллюлозы Hemicelluloses 94,0 ±2,4	2,5±0,5	2,6±0,5
Сухая мезга Dry pulp	24,6 ±0,85	Клетчатка Cellulose	25,0±4,0	5,2±0,4

Таким образом, особенности химического состава компонентов питательной среды, состоящей из сывороточных вод, нерастворимого осадка, мезги исключало необходимость в дополнительном обогащении не-

органическими солями и ростовыми факторами, стимулирующими рост дрожжей, что значительно удешевляет и упрощает технологический процесс их выращивания.

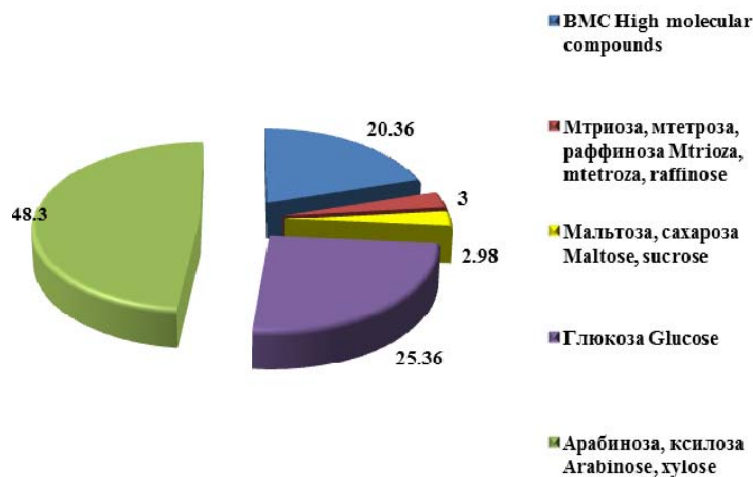


Рис. 2. Хроматографический состав углеводов сывороточных вод тритикале, % от общей массы

Fig. 2. Chromatographic composition of carbohydrates of whey triticale waters, % of of total weight

В соответствии с разработанной принципиальной технологической схемой, приведенной на рис. 3, к сывороточным водам добавляли 2-5% нерастворимого остатка и 2-7% мезги, суспензию перемешивали, корректировали pH и стерилизова-

ли. В охлажденный субстрат вводили посевные дрожжи, затем его ферментировали на качалке в течение 24 ч, после чего полученную суспензию дрожжей термически обрабатывали, высушивали и получали КМПК.



Рис. 3. Принципиальная технологическая схема получения КМРК

Fig. 3. The basic technological scheme for obtaining FMVC

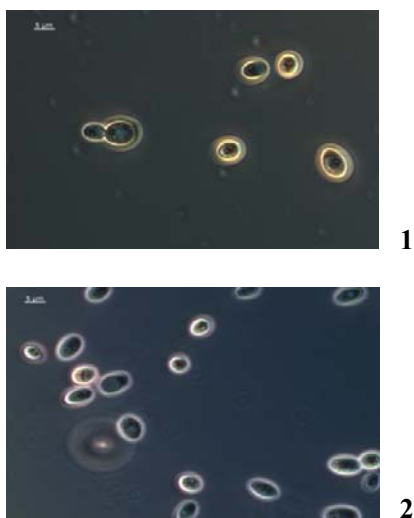
Изучение морфологических характеристик клеток (рис. 4) и колоний (рис. 5) дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* при росте их на комбинированной питательной

среде и пивном сусле, используемом для сравнения, в течение 3 суток не выявило существенных различий, что свидетельствовало о полноценности нового пита-



тельного субстрата, правильном подборе

компонентов и их соотношении.



1

2

Рис. 4. Клетки дрожжей, культивированные на:
1 – пивном сусле; 2 – вторичных продуктах
переработки зерна

Fig. 4. Yeast cells cultured n: 1 – beer wort;
2 – secondary grain processing products

По внешнему виду КМРК (рис. 6) представлял собой некомкующийся, светлоскремового цвета порошок с приятным дрожже-зерновым запахом. Химический состав концентрата представлен белками, ли-

пидами, углеводами, минеральными веществами (табл. 2). Растворимость протеина концентрата в водной среде составляла $52,3 \pm 1,3\%$.



1

2

Рис. 5. Колонии дрожжей на: 1 – пивном
сусле-агаре; 2 – агаризованной
сывороточной воде

Fig. 5. Yeast colonies on: 1 – beer wort agar;
2 – agarized whey water

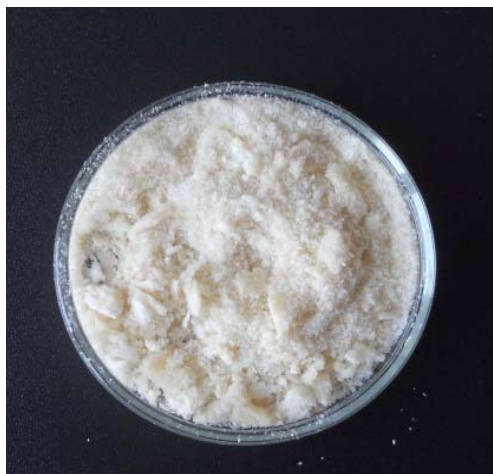


Рис. 6. Внешний вид кормового микробно-растительного концентрата

Fig. 6. Appearance of fodder microbial-vegetative concentrate

Анализ кормовой ценности КМРК показал, что по содержанию основных кормовых компонентов продукт соответствовал требованиям, которые предъявляют для прудовых рыб семейства карповых, включая кальций, фосфор.

Содержание солевых элементов находилось в пределах допустимых значений. В составе макроэлементов преобладали калий, кальций, среди микроэлементов доминировали кобальт, железо, цинк, молибден, никель (табл. 3), которые необходимы для поддержания



нормального развития животного организма. Массовая доля свинца, кадмия, ртути равнялась 1,33; 0,0034; 0,002 мг/кг, соответственно, и находилась в пределах установленных нормативных требований

безопасности для кормовой продукции микробиологической промышленности [19]. Все остальные показатели ветеринарно-санитарной экспертизы находились в пределах установленных норм.

Таблица 2

Химический состав и кормовая ценность КМПК, выращенного на побочных продуктах переработки тритикале, %

Table 2

Chemical composition and feed value of FMVC, grown on by-products of triticale processing, %

Показатели Indicators	Состав КМПК Composition of FMVC	Рецепт корма, рекомендуемый для карпа Feed recipe recommended for carp fish
Сырой протеин, не менее Crude protein, not less than	25,2±2,1	23,0-26,0
Сырой жир, не менее Crude fat, not less than	22,1±3,2	3,5-4,0
Углеводы / Carbohydrate	40,80±1,6	-
Клетчатка, не более Fiber, not more than	4,0±0,5	9-10
БЭВ, не менее / Nitrogen-free extractive substances, not less than	27,5±2,5	15-25
Зола, не более / Ash, not more than	7,8±1,1	5-14
Массовая доля кальция, не менее Mass fraction of calcium, not less than	0,7±0,5	0,7-1,2
Массовая доля фосфора, не менее Mass fraction of phosphorus, not less than	1,2±0,2	0,8-1,0

Таблица 3

Содержание минеральных веществ в КМПК

Table 3

The content of mineral substances in the FMVC

Массовая доля, мг/100 г / Mass fraction, mg/100g											
Макроэлементы Macronutrients				Микроэлементы / Micronutrients							
Na	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mg	Cr	Co	Ni	Mo
344 ±2	1500 ±7	650 ±5	110 ±2	11 ±1	5,2 ±0,5	0,44 ±0,04	3,5 ±0,4	0,12 ±0,01	0,020 ±0,003	0,1 ±0,007	0,008 ±0,001

В состав углеводов КМПК входило в 2 раза больше ВМС и в 4,5 раза больше олигосахаридов: раффинозы, мальтотриозы, мальтотетразы (табл. 4), чем в состав сыворотки. Однако в отличие от сыворотки среди углеводов КМПК не обнаружены мальтоза,

сахароза, глюкоза, фруктоза, галактоза, что свидетельствовало об усвоении их дрожжами. Среди моносахаридов присутствовали арабиноза, ксилоза, инозол, следовые количества фукозы.

Таблица 4

Состав углеводов КМПК, %

Table 4

The composition of carbohydrates KMPP, %

ВМС High-molecular compounds	Мальтотриоза, мальтотетроза, раффиноза Maltotriosa, maltotetroza, raffinose	Мальтоза, сахароза Maltose, sucrose	Глюкоза Glucose	Арабиноза, ксилоза инозол, Arabinose, xylose, inozol
42,37	13,75	0	0	43,88



Достоинством КМРК являлось наличие в его составе 18 аминокислот, среди которых находились все незаменимые аминокислоты (рис. 7). Скор последних значительно выше 100%, кроме серусодержащих аминокислот (табл. 5). Из заменимых аминокислот преобладали аспарагиновая, глутаминовая кислоты, аланин, из незаменимых – ли-

зин, треонин, лейцин (рис. 7), которые обычно дефицитные для всех зерновых культур. КМРК превосходил исходную сыворотку по всем аминокислотам, включая серусодержащие аминокислоты (табл. 5). Скор последних аминокислот повысился на 21%, а лейцина и ароматических аминокислот – на 57 и 65%, соответственно.

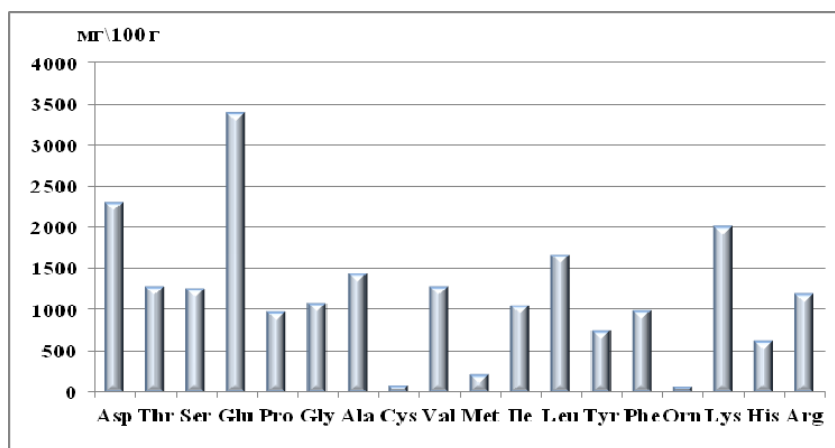


Рис. 7. Аминокислотный состав КМРК, мг/ 100 г продукта

Fig. 7. Amino acid composition of FMVC, mg / 100 g of product

Скор незаменимых аминокислот сыворотки и КМРК, %

Таблица 5

Table 5

Scor essential amino acids of whey and FMVC, %

Thr		Val		Met+Cys		Ile		Leu		Phe +Tyr		Lys	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
143	173	124	170	70	51	114	174	60	117	61	126	100	160

Примечание: 1 – сыворотка; 2 – КМРК / Note: 1 – whey; 2 – FMVC

Групповой состав липидов КМРК представлен три-, моно- и диацилглицеринами, свободными жирными кислотами и биологически активными веществами (фосфолипидами, стеринами, их эфирами), на долю которых, без учета незаменимых жирных кислот, приходилось 44,1% (табл. 6). Жирнокислотный состав липидов включал 27% насыщенных и 73% ненасыщенных жирных кислот, что приравнивало кормовой концентрат к соевому маслу. Содержание насыщенных жирных кислот в общем составе концентрата около 30%, а соотношение насыщенные: моноеновые: полиеновые жирные кислоты равнялось 27:30:43, что приближает КМРК по данному показателю к требованиям по питанию людей (30:20:50). Среди жирных кислот присутствовали лино-

левая кислота (семейство омега-6), меньше содержалось линоленовой кислоты (семейство омега-3). Обнаружено наличие двух сложных эфиров жирных кислот. Таким образом, липиды, обладая высокой энергетической ценностью, в организме рыб будут принимать активное участие в обмене веществ, и составлять основу синтеза гормонов, витаминов и других биологически активных соединений.

Таким образом, если учесть, что особое значение в Волго-Каспийском бассейне имеет не только создание резервов промысловых рыб [20; 21], но и увеличение объемов их улова, то разработка новых видов сбалансированных концентратов, полученных на основе вторичных продуктов переработки зерна тритикале, представляет определен-



ную ценность. Поскольку в биотехнологических производствах более половины цены основных продуктов приходится на стоимость сырьевых материалов и способов по-

лучения питательных сред, то очевидно, что разработанный нами процесс создания КМРК не будет требовать дополнительного расхода воды и питательных компонентов.

Таблица 6

Липидный состав КМРК

Table 6

Lipid composition of FMVC

Групповой состав Group composition	Массовая доля, % Mass fraction, %	Жирнокислотный состав Fatty acid composition	Массовая доля, % Mass fraction, %
Полярные липиды (фосфолипиды) Polar lipids (Phospholipids)	31,0±1,7	Миристиновая кислота C_{14:0} Myristic acid	0,26±0,01
Моноацилглицерины Monoacylglycerols	1,3±0,1	Пальмитиновая кислота C_{16:0} Hexadecanoic acid	20,95±0,21
Стерины Sterols	7,8±2,5	Пальмитолеиновая кислота C_{16:1} Palmitoleic acid	6,35±0,30
1,2-, 1,3- Диацилглицерины 1,2-, 1,3- Diacylglycerols	18,2±5,3	Стеариновая кислота C_{16:0} Stearic acid	3,57±0,25
Жирные кислоты Fatty acid	12,1±1,4	Олеиновая кислота C_{18:1} Oleic acid	20,32±1,3
Триацилглицерины Triacylglycerols	23,0±7,1	Элаидиновая C_{18:1} транс – Elaidic acid	3,14±0,02
Эфиры стеренов Esters of sterols	5,3±1,5	Линолевая кислота C_{18:2} Linoleic acid	35,76±2,10
		Транс-октадекадиеновая C_{18:2} кислота Trance-Octadecadienoic acid	3,84±0,04
		Арахидовая (эйкозеновая) C_{20:0} кислота Eicosanoic acid	0,90±0,05
		Линоленовая C_{18:3} кислота Linoleic acid	2,05±0,60
		Цис-11-Эйкозеновая кислота C_{20:1} Cis- Eicosanoic acid	0,84±0,06
		3-фенилмолочная кислота C_{3:0} 3-Phenyl-Lactic acid	0,54±0,03
		Метил-2-гидрокси-16- метилгепта- деканат C_{17:0} Methyl-2-Hydroxy-16-methyl- heptadecanoate	0,68±0,05
		Метил 7,10, 13,16-докозатетраеноат C_{23:4} Methyl 7,10,13,16-docosatetraenoate	0,79±0,02

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан процесс утилизации вторичных продуктов переработки зерна тритикале (сывороточных вод, нерастворимого остатка и мезги) на крахмал А и белковый концентрат методом биоконверсии с получением на их основе КМРК для прудовых рыб. Установлено рациональное соотношение вторичных продуктов переработки зерна тритикале с определенным химическим составом для эффективного выращивания кле-

ток дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* глубинным способом. Биохимический состав КМРК характеризовался протеином с незаменимыми аминокислотами, усвояемыми углеводами, биологически эффективными липидами, макро-, микроэлементами. Из незаменимых аминокислот преобладали лизин, треонин, лейцин, из группового состава липидов – жиры с ненасыщенными жирными кислотами, фосфолипиды, стерины, их эфи-



ры. В состав КМРК входили калий, кальций, фосфор, никель, железо, цинк, молибден и другие элементы. Разработанный способ утилизации вторичных продуктов переработки зерна тритикале на крахмал и пищевой белковый концентрат будет способствовать повышению эффективности производства с одновременным получением качественного кормового продукта для использования в качестве добавки при разработке рецептов комбикормов. Использование концентрата

обеспечит рост, сохранность рыб, снижение стоимости корма и улучшение экологической обстановки на территории предприятия за счет полной утилизации жидких сыровоточных вод. Продолжение исследований целесообразно в направлении изучения возможности использования симбиоза различных микроорганизмов для утилизации вторичных продуктов переработки тритикале и других видов зерновых культур в целях модификации состава концентрата для рыб.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основы управления инновациями в пищевых отраслях АПК (Наука, технология, экономика). Под ред. В.И. Тузилкина. Москва: Издательский комплекс МГУПП, 1998. 844 с.
2. Карпова Г.В., Зайнутдинов Р.Р., Зайнутдинова Т.К. Способ производства кормовых дрожжей. Пат. РФ. N 2399291, 2010.
3. Винаров А.Ю., Заикина А.И., Захарычев А.П., Зобнина В.П., Сидоренко Т.Е., Ковальский Ю.В., Рогачева Р.А., Зорина Л.В. Способ получения белковой кормовой добавки. Пат. РФ. N 2159287, 2000.
4. Воробьева Г.И., Сычев А.Е., Чалков Г.В., Заикина А.И., Рогачева Р.А. Способ производства кормового белка на ферментализате зернового сырья. Пат. РФ N 2562146, 2015.
5. Серба Е.М., Римарева Л.В., Оверченко М.Б., Курбатова Е.И., Рачков К.В., Игнатова Н.И., Давыдкина В.Е. Получение ферментализатов мицеллиальной биомассы для создания пищевых и кормовых добавок // Пищевая промышленность. 2016. №6. С. 20–23.
6. Андреев Н.Р., Гольдштейн В.Г., Колпакова В.В., Носовская Л.П., Адикаева Л.В. Использование вторичных продуктов переработки зерна тритикале на крахмал в качестве сухого корма // Материалы Международной научно-практической конференции «Роль тритикале в стабилизации производства зерна, кормов и технологий, их использования», Ростов-на-Дону, 7-8 июня, 2016. Ч. II. С. 104–111.
7. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Продовольственная безопасность России. Раздел 2. Москва: МГФ «Знание», 2001. С. 30–31.
8. Мартинчик А.Н., Маев И.В., Янушевич О.О. Общая нутрициология. Москва: МЕДпресс-информ. 392 с.
9. Тритикале. Материалы международной научно-практической конференции «Роль тритикале в стабилизации производства зерна, кормов и технологий их использования» Ростов-на-Дону, 4-5 июня, 2014 / под ред. Грабовец А.И., Ковтуненко В.Я., Титаренко А.В., Крохмаль А.В. Ростов - на - Дону: ООО НПФ «Селекционер Дона», 2014. 202 с.
10. Бочарникова О.Г., Горбунова В.Н., Шевченко В.Е. Изучение исходного материала озимого тритикале в Центрально-Черноземном регионе // Материалы международной научно-практической конференции «Роль тритикале в стабилизации производства зерна, кормов и технологий их использования», Ростов-на-Дону, 4-5 июня, 2014. С. 6–11.
11. Еркинбаева Р.К. Технологии хлебобулочных изделий из тритикалевой муки // Хлебопечение России. 2004. №4. С. 14–15.
12. Андреев Н.Р. Основы производства нативных крахмалов. Москва: Пищепромиздат, 2001. 289 с.
13. Герман Л.С., Сенаторова В., Вакар Л.Л., Бирюков В.В., Щелыкин И.Н., Петрищева О.А., Большаков Е.А. Способ получения белково-витаминной добавки из крахмалсодержащего зернового сырья. Пат. РФ. N 2015121481, 2016.
14. Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. и др. Пищевая химия: Лабораторный практикум / под ред. А.П. Нечаева. СПб: ГИОРД, 2006. 304 с.
15. Ветеринарное право. Ветеринарный устав СССР, положения, инструкции, наставления, правила по ветеринарному делу. Т. 3 / Под ред. Третьякова А.Д. Москва: Колос, 1981. 640 с.
16. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / Под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. Москва: Брандес-Медицина, 1998. С. 183–195.
17. Folch J., Lees M., Sloane Stanley G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues // Journal of Biological Chemistry. 1957, vol. 226. pp. 497–509.
18. Калоша В.К., Лобко С.И., Чикова Т.С. Математическая обработка результатов эксперимента. Минск: Высшая школа, 1982. 103 с.
19. Технический регламент Таможенного Союза «О безопасности кормов и кормовых добавок» (ТР 201_00_ТС), раздел 2.4.1 Дрожжи кормовые. 2013. 100 с.
20. Пономарева Е.Н., Красильникова А.А., Тихомиров А.М., Фирсова А.В. Новые биотехнологические методы криоконсервации репродуктивных клеток осетровых видов рыб // Юг России: экология, разви-



ти. 2016, Т. 11, №1. С. 59–68. DOI: 10.18470/1992-1098-2016-1-59-68

21. Васильева Л.М., Смирнова Н.В., Юсупова А.З. К вопросу сохранения и восстановления запасов

осетровых рыб в Волго-Каспийском бассейне // Юг России: экология, развитие. 2012, Т. 7, №1. С. 73–76. DOI: 10.18470/1992-1098-2012-1-73-76

REFERENCES

1. Tuzhilkin V.I. (ed.) *Osnovy upravleniya innovatsiyami v pishchevykh otraslyakh APK (Nauka, tekhnologiya, ekonomika)* [Fundamentals of innovation management in food industries the agro-industrial complex (Science, technology, economy)]. Moscow, MSUFP Publ., 1998. 844 p.
2. Karpova G.V., Zainutdinov R.R., Zainutdinova T.K. *Sposob proizvodstva kormovykh drozhdzhei* [Method of production of fodder yeast]. Patent RF, no. 2399291, 2010.
3. Vinarov A. Yu., Zaikina A.I., Zacharychev A.P., Zobnina V.P., Sidorenko T.E., Koval'sij Yu.V., Rogachyova R.A., Zorina L.V. *Sposob polucheniya belkovo kormovoi dobavki* [Method of production of protein feed additives]. Patent RF, no. 2159287, 2000.
4. Vorob'eva G.I., Sychev A.E., Chalkov G.V., Zaikina A.I., Rogacheva R.A. *Sposob proizvodstva kormovogo belka na fermentolizate zernovogo syr'ya* [Method of production of fodder protein on the fermentolysate of grain raw materials]. Patent RF, no. 2562146, 2015.
5. Serba E.M., Rimareva L.V., Overchenko M.B., Kurbatova E.I., Rachkov K.V., Ignatova N.I., Davydkina V.E. Getting Mycelial Biomass Fermentative to Create Food and Feed Bioadditives. *Pishhevaya promyshlennost'* [Food industry]. 2016. no. 6, pp. 20–23. (In Russian)
6. Andreev N.R., Gol'dshtejn V.G., Kolkpaka V.V., Nosovskaya L.P., Adikaeva L.V. Ispol'zovanie vtorichnykh produktov pererabotki zerna tritikale na krahmal v kachestve suhogo korma [The use of secondary products of processing of grain triticale starch as a dry food]. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Rol' tritikale v stabilizatsii proizvodstva zerna, kormov i tekhnologii, ikh ispol'zovaniya», Rostov-na-Donu, 7-8 iyunya, 2016.* [The proceedings of the internationale scientifically-practical Conference «Triticale in stabilizinggrain production, feed and technologies», Rostov-on-Don, 7-8 June 2016]. Rostov-on-Don, 2016, Part II, pp. 104–111. (In Russian)
7. Bezopasnost' Rossii. *Pravovye, sotsial'no-ekonomicheskie i nauchno-tekhnicheskie aspekty. Prodovol'stvennaya bezopasnost' Rossii. Razdel 2* [Russia's Security. Legal, socio-economic and scientific-technical aspects. Food security of Russia. Section 2]. Moscow, MPF "Knowledge" Publ., 2001. 480 p.
8. Martinchik A.N., Maev I.V., Yanushevich O.O. *Obshchaya nutritsiologiya* [General nutrition science]. Moscow, Medpress-inform Publ., 2001, 392 p.
9. Grabovets A.I., Kovtunen V.Ya., Titarenko A.V., Krokmal A.V., eds. *Tritikale. Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Rol' tritikale v stabilizatsii proizvodstva zerna, kormov i tekhnologii, ikh ispol'zovaniya» Rostov-na-Donu, 4-5 iyunya, 2014* [The proceedings of the internationale scientifically-practical Conference «Triticale in stabilizinggrain production, feed and technologies», Rostov-on-Don, June 4-5, 2014]. Rostov-on-Don, LLC RPC «Breeder of Don» Publ., 2014, Part II, 202 p. (In Russian)
10. Bocharnikova O.G., Gorbunova V.N., Shevchenko V.E. Izuchenie iskhodnogo materiala ozimogo tritikale v Tsentral'no-Chernozemnom regione [Study of initial material of winter triticale in the Central black earth region]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Rol' tritikale v stabilizatsii proizvodstva zerna, kormov i tekhnologii, ikh ispol'zovaniya», Rostov-na-Donu, 4-5 iyunya, 2014* [The proceedings of the internationale scientifically-practical Conference «Triticale in stabilizinggrain production, feed and technologies», Rostov-on-Don, 7-8 June 2014]. Rostov-on-Don, 2014, Part II, pp. 6–11. (In Russian)
11. Erkinbaeva R.K. Technology of bakery products from triticale flour. *Khlebopechenie Rossii* [Bakery Russia]. 2004, no. 4, pp. 14–15. (In Russian)
12. Andreev N.R. *Osnovy proizvodstva nativnykh krakhmalov* [The basis for the production of native starches]. Moscow, Food Ind. Publ., 2001, 289 p.
13. German L.S., Senatorova V., Vakar L.L., Biryukov V.V., Shheblykin I.N., Petrishheva O.A., Bol'shakov E.A. *Sposob polucheniya belkovo-vitaminnoi dobavki iz krakhmalsoderzhashchego zernovogo syr'ya* [The method of obtaining protein and vitamin supplements from grain starch-containing raw materials]. Patent RF, no. 2015121481, 2016.
14. Nechaev A.P., Traubenberg S.E., Kochetkova A.A., Vitol I.S., Kolkpaka V.V., Severinenko S.M., Ostashenkova N.V., Kobeleva I.B., Vyal'czeva I.V. *Pishhevaya khimiya: Laboratornyi praktikum* [Food Chemistry. Laboratory practice]. St. Petersburg, GIORD Publ., 2006. 304 p.
15. Tretyakov A.D., ed. *Veterinarnoe pravo. Veterinarnyi ustav SSSR, polozheniya, instruktsii, nastavlenniya, pravila po veterinarnomu delu* [Veterinary Law. Veterinary charter of the USSR, regulations, instructions, manuals, rules on veterinary business]. Moscow, Kolos Publ., 1981, vol. 3, 640 p.
16. Skurikhin I.M., Tutelyan V.A., eds. *Rukovodstvo po metodam analiza kachestva i bezopasnosti pishchevykh produktov* [Guidance on methods for analyzing food quality and safety]. Moscow, Brandes-Medici Publ., 1998. pp. 183–195.
17. Folch J., Lees M., Sloane Stanley G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *Jornal of Biological Chemistry*. 1957, vol. 226. pp. 497–509.
18. Kalosha V.K., Lobko S.I., Chikova T.S. *Matematicheskaya obrabotka rezul'tatov eksperimenta* [Mathematical



cal processing of the experimental results] Minsk, High school Publ., 1982, 103 p.

19. *Tekhnicheskii reglament Tamozhennogo Soyuzа «O bezopasnosti kormov i kormovykh dobavok» (TR 201_00_TS), razdel 2.4.1 Drozhzhi kormovye* [Technical regulations of the Customs Union "On the safety of feed and feed additives" (TR 201_ / 00_ / TS), section 2.4.1 Feed fodders]. 2013. 100 p.

20. Ponomareva E.N., Krasilnikova A.A., Tikhomirov A.M., Firsova A.V. New biotechnological Methods for

cryopreservation of reproductive cells of sturgeon. *South of Russia: ecology, development*. 2016, vol. 11, no. 1, pp. 59–68. DOI: 10.18470/1992-1098-2016-1-59-68 (In Russian)

21. Vasilieva L.M., Smirnova N.V., Usupova A.Z. To the issue of preservation and restoration of sturgeon stocks in the Volga-Caspian basin. *South of Russia: ecology, development*. 2012, vol. 7, no. 1, pp. 73–76. DOI: 10.18470/1992-1098-2012-1-73-76 (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Николай Р. Андреев – д.т.н., член-корреспондент Российской академии наук, научный руководитель, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов – филиал Федерального научного центра пищевых систем имени В.М. Горбатова, пгт. Красково, Московская область, Россия.

Валентина В. Колпакова* – д.т.н., профессор, заведующий отделом технологии сахаристых крахмалопродуктов, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов – филиал Федерального научного центра пищевых систем имени В.М. Горбатова, тел. 89152858450, ул. Некрасова 11, пгт. Красково, Московская область, 140051, Россия.
E-mail: val-kolpakova@rambler.ru

Владимир Г. Гольдштейн – к.т.н., заведующий отделом хранения и переработки крахмалосодержащего сырья, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов – филиал Федерального научного центра пищевых систем имени В.М. Горбатова, пгт. Красково, Московская область, Россия.

Ирина К. Кравченко – к.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории выживаемости микроорганизмов, Институт микробиологии имени С.Н. Виноградского Федерального исследовательского центра «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук, г. Москва, Россия.

Рузалия В. Уланова – к.б.н., научный сотрудник лаборатории выживаемости микроорганизмов, Институт микробиологии имени С.Н. Виноградского Федерального исследовательского центра «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук, г. Москва, Россия.

Валентина А. Гулакова – старший научный сотрудник отдела технологии сахаристых крахмалопродуктов, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов – филиал Федерального научного центра пищевых систем имени В.М. Горбатова, пгт. Красково, Московская область, Россия.

AUTHORS INFORMATION

Affiliations

Nikolay R. Andreev – Doctor of Engineering, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Academic Advisor, All-Russian Scientific Research Institute of Starch Products, a branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbato, Kraskovo, Moscow region, Russia.

Valentina V. Kolpakova* – Doctor of Engineering, Professor, Lead of the Department of Technology of Sugar Starch Products, All-Russian Scientific Research Institute of Starch Products, a branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbato, 11 Nekrasov st., Kraskovo, Moscow Region, 140051, Russia. tel. 89152858450;
e-mail: val-kolpakova@rambler.ru

Vladimir G. Goldstein – Candidate of Engineering Sciences, Lead of the Department of Storage and Processing of Starch-Containing Raw Materials, All-Russian Scientific Research Institute of Starch Products, a branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbato, Kraskovo, Moscow region, Russia.

Irina K. Kravchenko – Candidate of Biological Sciences, leading research fellow at the Laboratory of Survival of Microorganisms, Institute of Microbiology named after S.N. Vinogradsky, Federal Research Center "Fundamental Foundations of Biotechnology" of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

Ruzaliya V. Ulanova – Candidate of Biological Sciences, research fellow of the Laboratory of Survival of Microorganisms, Institute of Microbiology named after S.N. Vinogradsky, Federal Research Center "Fundamental Foundations of Biotechnology" of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

Valentina A. Gulakova – Senior research fellow at the Department of Technology of Sugar Starch Products, All-Russian Scientific Research Institute of Starch Products, a branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbato, Kraskovo, Moscow region, Russia.



Людмила В. Шевякова – к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории химии пищевых продуктов, Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, г. Москва, Россия.

Мария А. Макаренко – младший научный сотрудник лаборатории химии пищевых продуктов, Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, г. Москва, Россия.

Николай Д. Лукин – д.т.н., исполняющий обязанности директора, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов – филиал Федерального научного центра пищевых систем имени В.М. Горбатова, пгт. Красково, Московская область, Россия.

Критерии авторства

Все авторы в равной степени участвовали в планировании эксперимента, его выполнении, анализе результатов, написании статьи и несут ответственность за плагиат, самоплагиат и другие неэтические проблемы.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Поступила в редакцию 11.05.2017

Принята в печать 03.07.2017

Lyudmila V. Shevyakova – Candidate of Biological Sciences, senior research fellow at the Laboratory of Food Chemistry, Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia.

Mariya A. Makarenko – Junior Research fellow at the Laboratory of Food Chemistry, Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia.

Nikolai D. Lukin – Doctor of Engineering, acting director, All-Russian Scientific Research Institute of Starch Products, a branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbato, Kraskovo, Moscow region, Russia.

Contribution

All authors equally participated in the planning of the experiment, its implementation, analysis of the results, writing of the article and are responsible for avoiding the plagiarism, self-plagiarism or any other unethical issues.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 11.05.2017

Accepted for publication 03.07.2017