

## Влияние протеолитических ферментов на аминокислотный состав фильтрата и дробины зернового сусла, полученного из УДА-обработанной ржи

Альфир А. Сабиров	<sup>1</sup>	alfirsabirov@gmail.com
Надежда В. Баракова	<sup>1</sup>	n.barakova@mail.ru
Евгений А. Самоделкин	<sup>2</sup>	smdlkn@inbox.ru

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия

<sup>2</sup> Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей», ул. Шпалерная, 49, г. Санкт-Петербург, 191015, Россия

**Аннотация.** Исследовано влияние ферментов протеолитического действия на аминокислотный состав фильтрата и дробины зернового сусла, полученного из УДА-обработанной ржи. Показана целесообразность применения комплекса ферментов протеолитического действия: нейтральной и кислой протеаз. Обработка ржи проводилась на дезинтеграторе ДЕЗИ-15 с разными рабочими органами: трех и пятирядными роторами, вращающимися с частотой 120 с<sup>-1</sup>. Контрольный образец помола был получен на лабораторной мельнице с роторно-ножевым рабочим органом. Согласно данным, полученным на лазерном анализаторе Malvern Mastersizer 2000 средний размер частиц в образцах помолов составили: на дезинтеграторе с трехрядным ротором – 167,5 мкм, на пятирядном – 158,1 мкм, на мельнице с роторно-ножевым рабочим органом – 384,278 мкм. В качестве источника протеолитических ферментов использовали препараты грибной протеазы «Pro100L» и бактериальной протеазы «Протосубтилин ГЗх А-120». Определение содержания  $\alpha$ -аминного азота в готовом сусле (мг/дм<sup>3</sup>) производили калориметрическим методом с нингидрином. Концентрацию аминокислот определяли с использованием аминокислотного анализатора KNAUER: просчет аминокислот осуществляли методом сравнения площадей стандарта и образца. Установлено, что УДА-обработка позволяет получить в фильтрате ржаных гидролизатов повышенное содержание  $\alpha$ -аминного азота, а комплексное внесение кислых и нейтральных протеаз усилить этот эффект. Анализ аминокислотного состава фильтрата и дробины показал присутствие всех незаменимых аминокислот в обоих этих продуктах. Фильтрат может быть рекомендован как питательная азотсодержащая среда для культивирования микроорганизмов с последующим выделением вторичных метаболитов их жизнедеятельности, либо как полупродукт при получении сахаросодержащих сиропов из цельного зерна с повышенным содержанием аминокислот. Дробина гидролизата представляет интерес в качестве белоксодержащей кормовой добавки, а мелкодисперсный гранулометрический состав такого продукта позволит использовать ее не только для кормления крупнорогатого скота, но и в птицеводстве.

**Ключевые слова:** зерновое сусло, бактериальная и грибная протеаза,  $\alpha$ -аминный азот, ударно-дезинтеграторно-активаторная обработка, аминокислотный состав

## The effect of proteolytic enzymes on the amino acid composition of the filtrate and the grain mash obtained from the shock activator disintegrating treated rye

Alfir A. Sabirov	<sup>1</sup>	alfirsabirov@gmail.com
Nadezhda V. Barakova	<sup>1</sup>	n.barakova@mail.ru
Evgeny A. Samodelkin	<sup>2</sup>	smdlkn@inbox.ru

<sup>1</sup> St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Lomonosov str., 9, St. Petersburg, 191002, Russia

<sup>2</sup> Central Research Institute of Structural Materials "Prometei", Shpalernaya str., 49, St. Petersburg, 191015, Russia

**Abstract.** The effect of enzymes of proteolytic action on the amino acid composition of the filtrate and grains of grain wort obtained from UDA-treated rye was studied. The feasibility of using a complex of proteolytic enzymes: neutral and acid proteases is shown. The processing of rye was carried out on the disintegrator DEZI-15 with different working elements: three and five-row rotors rotating at a frequency of 120 s<sup>-1</sup>. A control sample of grinding was obtained in a laboratory mill with a rotor-knife working body. According to the data obtained on the Malvern Mastersizer 2000 laser analyzer, the average particle size in the grinding samples was: on a disintegrator with a three-row rotor – 167.5 microns, on a five-row rotor-knife working body – 384.278 microns. As a source of proteolytic enzymes, preparations of the fungal protease Pro100L and the bacterial protease Protosubtilin GZx A-120 were used. The determination of the content of  $\alpha$ -amino nitrogen in the finished wort (mg / dm<sup>3</sup>) was performed by calorimetry with ninhydrin. The concentration of amino acids was determined using the KNAUER amino acid analyzer: the calculation of amino acids was carried out by comparing the areas of the standard and the sample. It was established that the UDA-treatment allows obtaining a high content of  $\alpha$ -amino nitrogen in the filtrate of rye hydrolysates, and the complex introduction of acidic and neutral proteases strengthens this effect. Analysis of the amino acid composition of the filtrate and grains showed the presence of all the essential amino acids in both of these products. The filtrate can be recommended as a nutrient nitrogen-containing medium for the cultivation of microorganisms, followed by the release of secondary metabolites of their vital activity, or as an intermediate in the production of sugar-containing syrups from whole grains with a high content of amino acids. The fraction of the hydrolyzate is of interest as a protein-containing feed additive, and the fine particle size distribution of such a product will allow it to be used not only for feeding cattle, but also in poultry farming.

**Keywords:** grain mash, bacterial and fungal protease,  $\alpha$ -amine nitrogen, shock-activator-disintegrating treatment, amino acid composition

Для цитирования

Сабиров А.А., Баракова Н.В., Самоделкин Е.А. Влияние протеолитических ферментов на аминокислотный состав фильтрата и дробины зернового сусла, полученного из УДА-обработанной ржи // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 99–104. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-99-104

For citation

Sabirov A.A., Barakova N.V., Samodelkin E.A. The effect of proteolytic enzymes on the amino acid composition of the filtrate and the grain mash obtained from the shock activator disintegrating treated rye. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 99–104. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-99-104

### **Введение**

Вопросы, связанные с технологическими приемами, позволяющими получать зерновое сусло с новыми качественными показателями, на сегодняшний день остаются по-прежнему актуальными. Получение зернового сусла заключается в смешивании измельченного зернового сырья с водой с последующей водно-тепловой и ферментативной обработкой с целью максимального растворения сухих компонентов в растворе, что зависит от состава ферментативного комплекса и дозы внесения ферментов, входящих в их состав, а также от степени деструкции зерна. С увеличением удельной поверхности сырья увеличивается степень атакемости компонентов зернового сырья ферментами [1–5].

К приемам измельчения зернового сырья, которые обеспечивают высокую удельную площадь помола, можно отнести следующие способы деструкции: экструзионная обработка, микронизация (облучение зерна в ИК-спектрах), ультразвуковая обработка замесов и другие.

Микронизация [6] заключается в облучении сырья ИК-излучением. Влага зерновки переходит в паровую фазу, и внутри полости возникает повышенное давление. За счет этих тепловых процессов происходит дезагрегация структуры компонентов сырья, что повышает их растворимость при получении сусла.

Экструзия – процесс, совмещающий высокоинтенсивную термо-, гидро- и механическую обработку сырья, что делает возможным получение сусла с высоким содержанием сухих веществ до 30–36% при снижении расходов на энергию и дозы внесения вспомогательных компонентов, таких, как ферментные препараты.

Но существуют данные, что применение таких жестких способов обработки, как экструзия или микронизация (обработка ИК-излучением) зернового сырья, приводит к снижению биологической ценности обработанного материала. В результате этого большинство аминокислот измельченного материала становятся лимитирующими, а общая сумма  $\alpha$ -аминного азота снижается [7].

Еще одним перспективным способом глубокого измельчения зернового сырья является ударно-дезинтеграторно-активаторная (УДА-) обработка. Использование помолов, полученных путем обработки зерна на дезинтеграторе, для приготовления замесов обеспечивает более полное растворение компонентов сырья, реологические свойства получаемых гидролизатов меняются таким образом, что позволяют провести

водно-тепловую обработку замесов при пониженных температурах – до 60 °С, сократить время гидролиза крахмала до 1 ч и снизить дозы внесения ферментных препаратов [8].

Методом электронной микроскопии было показано, что протеиновые структуры УДА-обработанного зерна приобретают более рыхлую поверхность, увеличивается количество крахмала за счет их высвобождения из белковой матрицы.

Одномерным ДДС-На – электрофорезом на гелевых пластинах было установлено, что применение дезинтеграторов для измельчения ржи позволяет произвести помол с большим содержанием следующих белковых фракций: глютелинов (116,25 кДа), глобулинов (60–75 кДа) и альбуминов (17–28 кДа), аминокислотный состав которых характеризуется набором незаменимых аминокислот в оптимальном соотношении. Увеличение в результате УДА-обработки водорастворимой альбуминовой фракции позволяет сделать заключение, что белковая фракция муки более интенсивно будет переходить в раствор, тем самым увеличивая доступность белков для дальнейшей технологической обработки, например, ферментными препаратами [9].

Методом капиллярной гель-проникающей хроматографии было показано, что при применении дезинтегратора для измельчения зерна образуется суммарно большее количество свободных аминокислот. Исходя из этого, можно предположить, что, несмотря на высокую интенсивность воздействия устройства на растительный материал, дезинтегратор обеспечивает деградацию высокомолекулярных природных полимеров (белков), не затрагивает при этом структуру мономерных единиц – аминокислот [10].

Таким образом, из зерновых помолов, полученных путем измельчения на УДА-установках можно получить сусло, обогащенное белково-аминокислотным составом, а дополнительное внесение ферментных препаратов протеолитического действия сможет обеспечить деструкцию белковых составляющих. Механизм ферментативного действия бактериальной протеазы заключается в гидролизе белков до более мелких фрагментов – пептидов, активность которых проявляется при слабокислом и нейтральном водородном показателе среды, а грибной – в гидролизе пептидной связи с концевой цепи с высвобождением свободных аминокислот. Активность грибной протеазы проявляется при кислом и слабокислом водородном показателе среды.

Сусло, полученное из УДА-обработанной ржи, можно разделить на две фракции: фильтрат и дробину. В литературе [6] есть данные, которые свидетельствуют, что применение протеаз позволяет эффективно разделять сусло, полученное из пшеницы и измельченное на фильтрат и дробину, с последующим применением этих фракций в различных технологических процессах: фильтрат – на спирт или получение сахаросодержащих продуктов (сиропы из цельного зерна), дробину – как кормовую добавку в рационе животных.

Исследований по влиянию УДА-обработки ржи с внесением ферментных препаратов протеолитического действия на аминокислотный состав фильтрата и дробины ранее не проводилось.

Цель работы – исследовать влияние ферментных препаратов протеолитического действия на аминокислотный состав фильтрата и дробины суслы, полученного из УДА-обработанной ржи.

#### Материалы и методы

В качестве исходного сырья использовали зерна ржи первого класса урожая 2017 года, с содержанием влаги 8%, условной крахмалистостью 53% и сорных примесей до 1%. Массовую долю влаги в зерне определяли на анализаторе влажности Shimadzu MOC-120H. Определение условной крахмалистости зерна проводили поляриметрическим методом с применением концентрированной соляной кислоты на поляриметре марки PolAAg FF-55 фирмы Optikal Aktivty.

В опытах использовали помолы, полученные путем измельчения зерна ржи с различными рабочими органами. Исследуемые образцы помолов были приготовлены на дезинтеграторе ДЕЗИ-15 с трех- и пятирядными роторами. Контрольный образец был получен измельчением на лабораторной мельнице с роторно-ножевым рабочим органом. Полученные образцы помолов ржи исследовались с использованием лазерного дифракционного анализатора Malvern Mastersizer 2000. Средний интегральный размер частиц в помолке, полученном на дезинтеграторе с трехрядным ротором, составил 167,5 мкм, с пятирядным – 158,1 мкм, на мельнице с роторно-ножевым рабочим органом – 384,278 мкм.

В процессе водно-тепловой ферментативной обработки замеса последовательно вносили ферментные препараты термостабильной  $\alpha$ -амилазы «АмилоЛюкс-АТС» и глюкоамилазы ( $\gamma$ -амилазы) «ГлюкоЛюкс-А», произведенные компанией ООО «ПО «Сиббиофарм»

(г. Бердск, Россия). В качестве источника протеолитических ферментов использовали препараты «Pro100L» и «Протосубтилин ГЗх А-120». Препарат «Pro100L» содержит кислую протеазу с активностью 600 ПС/г, получен путем культивирования микромицета рода *Aspergillus sp.* в соответствии со стандартом организации-изготовителя QВ/Т1805.2–93. Препарат «Протосубтилин ГЗх А-120» содержит нейтральную протеазу с активностью 120 ПС/г, получен путем культивирования бактериального штамма продуцента *Bacillus subtilis* согласно ТУ 9291-029-13684916-2010. Протеолитические ферментные препараты вносились последовательно после стадии осахаривания суслы: сначала вносили бактериальный препарат «Протосубтилин ГЗх А-120» с дозой внесения 0,5 ед. ПС/г сырья; затем грибной препарат «Pro100L» с дозой – 0,15 ед. ПС/г сырья. Дозу внесения ферментных препаратов рассчитывали согласно ТИ 10-00334586-13-2016, ВНИИ ПБТ, г. Москва.

Замес с гидромодулем 1:3 нагревали на водяной бане LOIP LB-163 со скоростью нагрева 1 °С/мин с постоянным перемешиванием при температуре 60 °С с внесением ферментного препарата «АмилоЛюкс-АТС» дозой 0,3 ед. АС/гр. крахмала. Процесс гидролиза крахмала проводили в течение 1 ч. Для осахаривания разжиженной ржаной суспензии температуру образовавшейся массы снижали до 55 °С и вносили ферментный препарат «ГлюкоЛюкс-А» с дозой – 9,0 ед. ГлС/г крахмала. Процесс осахаривания проводили в течение 1,5 ч.

Определение содержания  $\alpha$ -аминного азота (мг/дм<sup>3</sup>) производили колориметрическим методом с нингидрином.

Концентрацию аминокислот определяли с использованием аминокислотного анализатора KNAUER: просчет аминокислот осуществляли методом сравнения площадей стандарта и образца. Статистическую обработку данных, полученных в 3 повторностях, осуществляли с помощью программы Microsoft Excel с использованием коэффициента Стьюдента (доверительный интервал – 0,95).

#### Результаты и обсуждение

Данные по содержанию  $\alpha$ -аминного азота в исследуемых образцах зернового суслы (мг/дм<sup>3</sup>) в зависимости от способа измельчения зерна и внесения протеолитических ферментных препаратов представлены на рисунке 1.

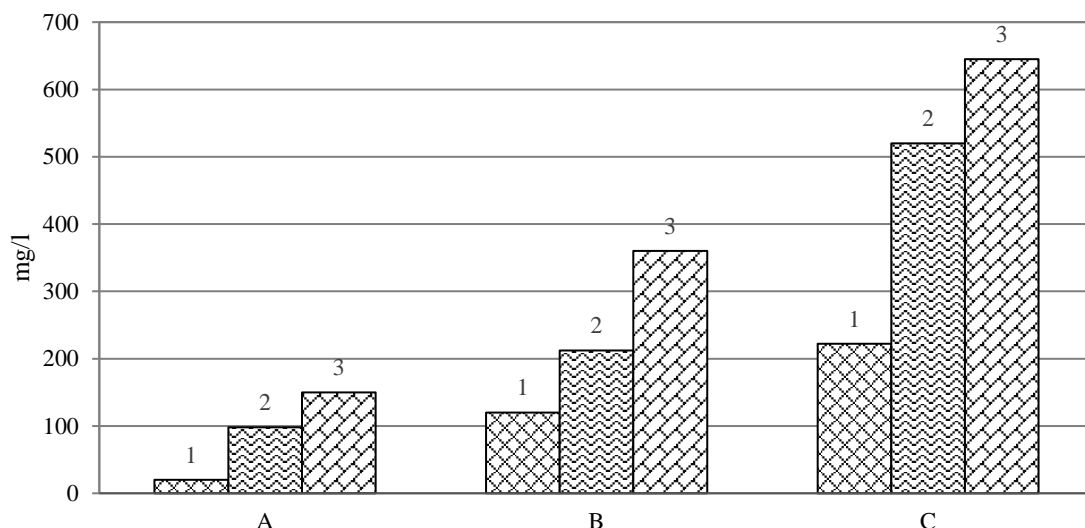


Рисунок 1. Содержание  $\alpha$ -аминного азота в образцах зернового суслу (мг/дм<sup>3</sup>) в зависимости от способа измельчения зерна: А – измельчение на лабораторной мельнице с роторно-ножевым рабочим органом; В – измельчение на дезинтеграторе с трехрядным ротором; С – измельчение на дезинтеграторе с пятирядным ротором и внесение протеолитических ферментных препаратов: 1 – содержание  $\alpha$ -аминного азота в зерновом сусле без внесения протеолитических ферментных препаратов, мг/дм<sup>3</sup>; 2 – содержание  $\alpha$ -аминного азота в зерновом сусле, в которое был внесен ферментный препарат «Протосубтилин ГЗх А-120» дозой 0,5 ед. ПС/г сырья, мг/дм<sup>3</sup>; 3 – содержание  $\alpha$ -аминного азота в зерновом сусле, в которое были внесены ферментные препараты «Протосубтилин ГЗх А-120» дозой 0,5 ед. ПС/г сырья и «PRO100L» 0,15 ед. ПС/г сырья, мг/дм<sup>3</sup>

Figure 1. The content of  $\alpha$ -amino nitrogen in samples of grain wort (mg/dm<sup>3</sup>), depending on the method of grinding grain: A – grinding on a laboratory mill with a rotary knife working body; B – grinding on a disintegrator with a three-row rotor; C – grinding disintegrator with a five-row rotor and making proteolytic enzyme preparations: 1 – content of  $\alpha$ -amino nitrogen in grain wort without the addition of proteolytic enzyme preparations, mg/dm<sup>3</sup>; 2 – content of  $\alpha$ -amino nitrogen in the grain wort, in which the enzyme preparation “Protosubtilin GZx A-120” was introduced with a dose of 0.5 units PS/g raw materials, mg/dm<sup>3</sup>; 3 – content of  $\alpha$ -amino nitrogen in the grain wort, in which the enzyme preparations “Protosubtilin GZx A-120” were introduced with a dose of 0.5 units PS/g raw materials and “PRO100L” dose – 0.15 units. PS/g raw materials, mg-dm<sup>3</sup>

Наименьшее содержание  $\alpha$ -аминного азота наблюдается в образцах зернового суслу без внесения протеолитических ферментных препаратов. В образцах зернового суслу, которые были получены внесением ферментного препарата «Протосубтилин ГЗх А-120», количество  $\alpha$ -аминного азота повысилось в 2–3 раза по сравнению с образцами суслу, полученными без внесения протеаз в препаративном виде. Последовательное внесение в замес бактериальной протеазы «Протосубтилин ГЗх А-120» и грибной протеазы «PRO100L» привело к увеличению содержания  $\alpha$ -аминного азота в 3,6 раза по сравнению с образцами суслу, полученными без внесения протеаз, и 1,5 раза по сравнению с образцами суслу, полученными внесением только бактериальной протеазы «Протосубтилин ГЗх А-120». Таким образом, максимальное обогащение зернового суслу  $\alpha$ -аминным азотом можно обеспечить совместным последовательным внесением бактериальной и грибной протеазы.

При анализе данных по содержанию  $\alpha$ -аминного азота в образцах зернового суслу в зависимости от способа измельчения зерна было установлено, что самое низкое количество  $\alpha$ -аминного азота содержится в сусле из помола,

полученного измельчением на лабораторной мельнице с роторно-ножевым рабочим органом (контрольный образец). Содержание  $\alpha$ -аминного азота в сусле, приготовленном из помола ржи, измельченной на дезинтеграторе с трехрядным ротором, выше примерно в 3 раза, чем в контрольном образце. Содержание  $\alpha$ -аминного азота в сусле, приготовленном из помола ржи, измельченной на дезинтеграторе с пятирядным ротором, выше примерно в 2 раза, чем в образце, приготовленном из помола ржи, измельченной на трехрядном роторе, и в 6 раз выше, чем в контрольном образце. Полученные результаты свидетельствуют о том, что высокоинтенсивное измельчение зерна УДА-способом позволяет более глубоко разрушить белковую матрицу зерна.

В таблице 1 показано содержание свободных аминокислот (мг/г) в фильтрате и дробине, которые были получены центрифугированием суслу, приготовленного из помола ржи, измельченной на дезинтеграторе с пятирядным ротором, с внесением ферментных препаратов Протосубтилин ГЗх А-120 дозой внесения протеазы – 0,5 ед. ПС/г сырья и PRO100L дозой внесения протеазы – 0,15 ед. ПС/г сырья.

Таблица 1.

Содержание свободных аминокислот  
в фильтрате и дробине

Table 1.

Content of free amino acids in filtrate and grains

Аминокислота Amino-acid	Содержание свободных аминокислот, мг/г Content of free amino acids, mg/g	
	Дробина Grain	Фильтрат Filtrate
Аспарагиновая кислота Aspartic acid	0,34	0,34
Серин   Serine	0,39	0,37
Треонин   Threonine	1,57	1,61
Глутаминовая кислота   Glutamic acid	0,67	0,83
Пролин   Proline	1,30	1,61
Глицин   Glycine	0,17	0,16
Аланин   Alanine	0,51	0,38
Валин   Valine	0,36	0,38
Метионин   Methionine	0,19	0,19
Изолейцин   Isoleucine	0,37	0,36
Лейцин   Leucine	0,87	0,83
Тирозин   Tyrosine	0,27	0,30
Фенилаланин Phenylalanine	0,61	0,59
Гистидин   Histidine	0,59	0,56
Лизин   Lysine	0,49	0,41
Триптофан   Tryptophan	1,78	1,22
Аргинин   Arginine	0,76	0,68
Общее количество свободных (не связанных) аминокислот Total amount of free (unbound) amino acids	11,24	10,82

## ЛИТЕРАТУРА

1 Gutterman Y. Survival strategies of annual desert plants: Adaptations of desert organisms. Berlin; New York, 2002. P. 1–36.

2 Verbruggen N., Hermans C. Proline Accumulation in Plants: A Review // Amino acids. 2008. V. 35. P. 753–759.

3 Szabados L., Savoure A. Proline: a multifunctional amino acid // Trends Plant Sci. 2010. V. 15. P. 89–97.

4 Lehmann S., Funck D., Szabados L., Rentsch D. Proline metabolism and transport in plant development // Amino acids. 2010. V. 39. P. 949–962.

5 Новоселов А.Г., Гуляева Ю.Н., Малахов Ю.Л., Смирнов А.А. и др. Рео- и гидродинамика зерновых суспензий. Научное обоснование выбора метода исследований и разработка экспериментального стенда // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2017. № 2. С. 40–49.

6 Соболева О.М., Кондратенко Е.П., Витязь С.Н. Влияние электромагнитного поля на аминокислотный состав биологическую ценность зерна новой озимой культуры // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 11 (133). С. 58–64.

7 Бородин А.Н. Параметры экструзионных технологий пищевых продуктов на основе термовакuumного эффекта // Инновационная техника и технологии. 2016. № 2 (7). С. 61–66.

8 Сабиров А.А., Баракова Н.В., Самоделкин Е.А. Влияние ударно-активаторного дезинтеграторной обработки на технологические параметры гидратизатов изо ржи // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2017. № 3. С. 43–52.

Из результатов, представленных в таблице 1, следует, что как фильтрат, так и дробина сула, полученного из УДА-обработанной ржи, содержат весь комплекс (кроме цистеина, который не был определен) незаменимых аминокислот.

## Заключение

Для получения зернового сула с повышенным содержанием аминокислотного состава эффективно применять УДА-обработку ржи в комплексе с ферментными препаратами протеолитического действия. Такой способ деструкции ржи позволяет получить в фильтрате ржаного сула повышенное содержание  $\alpha$ -аминного азота и обогащать как фильтрат, так и дробину комплексом аминокислот, в том числе незаменимых. Полученные результаты позволяют рекомендовать эти полупродукты в различных технологиях: при производстве продуктов с повышенной биологической ценностью, в технологиях микробионального синтеза в качестве питательной азотсодержащей среды, в косметологии и комбикормовой промышленности как белоксодержащие добавки.

9 Sabirov A.A., Barakova N.V., Samodelkin E.A. Effect of impact-activating-disintegration treatment on grain protein fraction of autumn rye // Agronomy Research. 2018. V. 16. № 2. P. 1466–1474.

10 Поляков В.А., Степанов В.И., Иванов В.В., Шариков А.Ю. и др. Термомеханические и биохимические процессы совместной переработки зернового сырья и спиртовой барды в технологии получения кормовых добавок // В сборнике: Перспективные биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов. VII Международный научно-практический симпозиум. 2014. С. 230–236.

## REFERENCES

1 Gutterman Y. Survival strategies of annual desert plants: Adaptations of desert organisms. Berlin; New York, 2002. pp. 1–36.

2 Verbruggen N., Hermans C. Proline Accumulation in Plants: A Review. Amino acids. 2008. vol. 35. pp. 753–759.

3 Szabados L., Savoure A. Proline: a multifunctional amino acid. Trends Plant Sci. 2010. vol. 15. pp. 89–97.

4 Lehmann S., Funck D., Szabados L., Rentsch D. Proline metabolism and transport in plant development. Amino acids. 2010. vol. 39. pp. 949–962.

5 Novoselov A.G., Gulyaeva Yu.N., Malakhov Yu.L., Smirnov A.A. et al. Reo – and hydrodynamics of grain suspensions. Scientific justification of the choice of research method and the development of an experimental stand. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya: Protssesy i apparaty pishchevykh proizvodstv* [Scientific journal NRU ITMO. Series: Processes and equipment for food production]. 2017. no. 2. pp. 40–49. (in Russian).

6 Sobolev O.M., Kondratenko E.P., Vityaz S.N. The influence of the electromagnetic field on the amino acid composition of the biological value of the grain of a new winter crop. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Altai State Agrarian University]. 2015. no. 11 (133). pp. 58–64. (in Russian).

7 Borodin A.N. Parameters of extrusion technologies of food products based on thermal vacuum effect. *Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologi* [Innovative equipment and technologists]. 2016. no. 2 (7) pp. 61–66. (in Russian).

8 Sabirov A.A., Barakova N.V., Samodelkin E.A. Influence of shock-activator disintegrator processing on the technological parameters of hydrolyzate from rye. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya: Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv* [Scientific journal NRU ITMO. Series: Processes and equipment for food production]. 2017. no. 3. pp. 43–52. (in Russian).

9 Sabirov A.A., Barakova N.V., Samodelkin E.A. Effect of impact-activating-disintegration treatment on grain protein fraction of autumn rye. *Agronomy Research*. 2018. vol. 16. no. 2. pp. 1466–1474.

10 Polyakov V.A., Stepanov V.I., Ivanov V.V., Sharikov A.Yu. et al. Thermomechanical and biochemical processes of joint processing of grain raw materials and spirit bards in the technology of producing feed additives. *Perspektivnyye biotekhnologicheskiye protsessy v tekhnologiyakh produktov pitaniya i kormov* [In the collection: Perspective biotechnological processes in technologies of food and food. VII International scientific and practical symposium]. 2014. pp. 230–236. (in Russian).

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Альфир А. Сабиров** аспирант, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия, [alfirsabirov@gmail.com](mailto:alfirsabirov@gmail.com)

**Надежда В. Баракова** к.т.н., доцент, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия, [n.barakova@mail.ru](mailto:n.barakova@mail.ru)

**Евгений А. Самоделькин** ведущий инженер, Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей», ул. Шпалерная, 49, г. Санкт-Петербург, 191015, Россия, [smdlkn@inbox.ru](mailto:smdlkn@inbox.ru)

#### КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.02.2019

#### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Alfir A. Sabirov** graduate student, food biotechnology and engineering department, St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Lomonosov str., 9, St. Petersburg, 191002, Russia, [alfirsabirov@gmail.com](mailto:alfirsabirov@gmail.com)

**Nadezhda V. Barakova** Cand. Sci. (Engin.), associate professor, food biotechnology and engineering department, St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Lomonosov str., 9, St. Petersburg, 191002, Russia, [n.barakova@mail.ru](mailto:n.barakova@mail.ru)

**Evgeny A. Samodelkin** lead engineer, Central Research Institute of Structural Materials “Prometey”, Shpalernaya str., 49, St. Petersburg, 191015, Russia, [smdlkn@inbox.ru](mailto:smdlkn@inbox.ru)

#### CONTRIBUTION

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.10.2019

ACCEPTED 2.18.2019