

Применение низкопентозановой ржи в технологии этилового спирта

Диана С. Алимова	¹	alimova-diana@mail.ru
Надежда В. Баракова	¹	n.barakova@mail.ru
Всеволод А. Романов	¹	dyvom@notsharingmy.info
Евгений А. Самоделкин	²	smdlkn@inbox.ru

¹ Университет ИТМО, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 190002, Россия

² Центральный научно-исследовательский институт конструкторских материалов «Прометей», ул. Шпалерная, 49, г. Санкт-Петербург, 191015, Россия

Реферат. Проведены исследования по применению нового сорта озимой ржи Янтарная, выведенного в ГНУ ВНИИР им. Н. И. Вавилова, в производстве этилового спирта. Сорт Янтарная отличается низким содержанием водорастворимых пентозанов (0,5–0,8%), что сопоставимо с их содержанием в пшенице (0,5–1,0)%. В качестве объекта исследования использовалась рожь Янтарная с содержанием пентозанов 0,53%, в качестве контрольного образца — фуражная рожь с содержанием пентозанов 3,60%. После измельчения зерна на дезинтеграторе ДЕЗИ-15 с пятирядным ротором гранулометрический состав помолов составил: фуражная — 97±2%, Янтарная — 95±2%. Готовились замесы с гидромодулем 1:3 и подвергались водно-тепловой обработке в течение 2,5 часов при постоянном перемешивании; ферментные препараты не вносились. Во время водно-тепловой обработки измерялась вязкость замесов на вискозиметре ViscoBasicPlusRc использованием шпинделя R2 при скорости сдвига 50 с⁻¹ и определялась динамика нарастания экстрактивности замесов. Полученное сусло сбраживалось реактивированными сухими дрожжами Thermosacc производства LallemandBiofuels & DistilledSpirits с внесением азотистого питания в виде добавки DistilaVite VM производства LallemandBiofuels & DistilledSpirits. Брожение проводилось при температуре 30°C в течение 62 часов. Показатели качества дистиллятов бражки оценивались газохроматографическим методом на приборе «Кристалл-2000М». Показатели качества послеспиртовой барды — содержание сырого протеина, жира, клетчатки, золы — определялись методиками, предусмотренными соответствующими ГОСТ. Данные, полученные в результате экспериментов, позволяют говорить о высокой эффективности применения озимой ржи сорта Янтарная в производстве этилового спирта.

Ключевые слова: рожь Янтарная, низкое содержание пентозанов, ударно-дезинтеграторно-активаторная обработка, этиловый спирт, послеспиртовая барда

Application of low pentosan rye potable ethanol production

Diana S. Alimova	¹	alimova-diana@mail.ru
Nadezhda V. Barakova	¹	n.barakova@mail.ru
Vsevolod A. Romanov	¹	dyvom@notsharingmy.info
Evgenii A. Samodelkin	²	smdlkn@inbox.ru

¹ ITMO University, 9 Lomonosova str., St. Petersburg, 190002, Russia

² Central Research Institute of Structural Materials "Prometey", Shpalernaya str., 49, St. Petersburg, 191015, Russia

Summary. The study demonstrates new applications of Yantarnaya winter rye bred in N. I. Vavilov Horticultural Institute to potable ethanol production. This variety of rye is particularly low in water-soluble pentosans (0.5–0.8%; comparable to the usual 0.5–1.0% pentosan content in wheat). The object of the study was Yantarnaya winter rye containing 0.53% pentosans, while the control material was forage rye with 3.60% pentosans. After the two rye samples were crushed by a dezi-15 disintegrator with 5-row rotors, sieve analysis of the grist showed 97±2% through for forage rye and 95±2% through for Yantarnaya. The grist was mixed with water at a 1:3 ratio and infusion mashed without exogenous enzymes at 60°C for 2.5 hours during constant agitation. Throughout the process, mash samples were probed by a Visco Basic Plus viscosimeter fitted with the R2 spindle at a shear rate of 50 s⁻¹ and also had their extractivity uptake monitored. The cooked mashes were fermented with reactivated dry Thermosacc yeast (Lallemand), with supplemental nitrogen introduced as DistilaViteVM (Lallemand) additive, at 30°C for 62 hours. Quality criteria of distilled washes were assayed using a Kristall-2000M gas chromatograph, while the components of the DDG such as crude protein, fat, fibre, and ash were determined according to the applicable Russian standards. The experimental results demonstrate considerable applicability of Yantarnaya winter rye to potable ethanol production.

Keywords: Yantarnaya rye, low pentosans, impact activating disintegration, ethanol, DDG

Введение

Рожь является перспективным сырьем в технологии этилового спирта. В настоящее время зерно ржи является второй по важности после пшеницы продовольственной культурой.

Рожь характеризуется высокой зимостойкостью, меньшей требовательностью к условиям произрастания, чем другие культуры, легче переносит засуху, имеет лучший состав незаменимых аминокислот. Климатические условия нашей

Для цитирования

Алимова Д.С., Баракова Н.В., Романов В.А. Применение низкопентозановой ржи в технологии этилового спирта // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 248–253. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-248-253

For citation

Alimova D.S., Barakova N.V., Romanov V.A. Application of low pentosan rye potable ethanol production. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 248–253. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-248-253

страны позволяют выращивать данное сырье практически повсеместно [1]. Одной из особенностей ржи является содержание в ней в три раза большего количества водорастворимых пентозанов чем в других культурах [2], что в технологии этилового спирта влияет на степень ферментативного гидролиза и растворимость сухих веществ на стадии водно-тепловой обработки замеса [3].

Во ржи всего содержится 7-13% арабиноксианов [4], из которых 20-38% от общего составляют водорастворимые [5].

В ГНУВНИИР им. Н.И. Вавилова доктором биологических наук Кобылянским в. д. был разработан метод получения сортов ржи с низким содержанием водорастворимых пентозанов Янтарная, Ника 3, Вавиловская, Берегиня, Рушник и Енисейка 2 [6]. Полученные сорта ржи содержали водорастворимые пентозаны в количестве 0,5–0,8%, что сравнимо с содержанием пентозанов в пшенице – 0,5–1,0% [7].

Ранее в работах [6, 8] была показана эффективность применения сортов ржи с низким содержанием водорастворимых пентозанов в хлебопечении и производстве комбикормов.

Содержание пентозанов в зернах ржи, используемых в кормовых целях должно быть как можно меньше, а белка, наоборот, больше [9].

При замене 20% зерна пшеницы 20% ржи сорта Янтарная, с низким содержанием водорастворимых пентозанов, была отмечена экономия количества корма на 8,2% [6].

Исследования на применение новых сортов низкопентозановой ржи в технологии этилового спирта ранее не проводились.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования использовалась озимая рожь сорта Янтарная с содержанием пентозанов 0,53%, в качестве контрольного образца – фуражная рожь с содержанием пентозанов 3,6%. Количество водорастворимых пентозанов определяли по содержанию фурфурола колориметрическим методом [10]. Помолы зерна получали методом ударно-активаторно-дезинтеграторной обработки, проводимой на дезинтеграторе ДЕЗИ-15 (НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей»). Гранулометрический состав помолов определяли ситовым методом.

Из полученных помолов готовили замес с гидромодулем 1:3. Замес выдерживали при температуре 60°C в течение 2,5 часов. Каждые полчаса отбирали пробы сусла и определяли массовую долю сухих веществ на рефрактометре PTR 46 марки Index Instruments. По окончании

водно-тепловой обработки в полученных гидролизатах определяли коэффициент динамической вязкости на вискозиметре ViscoBasic PlusR с использованием шпинделя R2 при скорости сдвига 50 с⁻¹.

Полученное зерновое сусло охлаждали до температуры 30 °C и вносили сухие спиртовые дрожжи Thermosacc марки Lallemand Biofuels & Distilled Spirits в дозировке 1 г на 1 л сусла, предварительно реактивированные при температуре 35°C в течение 15 мин. Перед брожением в сусло вносили добавку для питания дрожжей DistilaViteVM марки Lallemand Biofuels & Distilled Spirits в качестве дополнительного азотистого питания в количестве 200 мг на 1 л сусла. Далее сусло ставили на брожение при температуре 30°C на 62 часа.

Готовую спиртовую бражку перегоняли с помощью вакуум-выпарной установки LabTechEV311. Полученные отгоны доводили до первоначального объема водой и определяли крепость и количество побочных продуктов брожения на газовом хроматографе Кристалл-2000М», с дозатором ДАЖ-2 М, колонкой НР-FFAP 0,32 мм×0,5 мкм. Газовая фаза – азот 99,999% (ос. ч.)

Показатели качества послеспиртовой барды – содержание сырого протеина, жира, клетчатки, золы – определялись методиками, предусмотренными соответствующими ГОСТ.

Результаты и обсуждения

Вязкость замеса – очень важный технологический показатель при производстве этилового спирта. При высокой вязкости замесов возникают трудности при механическом перемешивании замесов, при их транспортировке по трубопроводам и коммуникациям, снижается скорость и эффективность ферментативного гидролиза компонентов сырья. Вязкость замеса в значительной степени зависит от вида используемого сырья, состояния крахмала и наличия некрахмалистых компонентов, содержащихся в клеточных стенках зерна, таких как целлюлоза, пентозаны и β-глюканы. Особенно это необходимо учитывать при переработке такой культуры, как рожь [11].

В работе [12] было проведено исследование реологических характеристик замесов, полученных из ржи, измельченной на роторно-ножевом рабочем органе и замесов, полученных из зерна, обработанного на дезинтеграторе и было установлено, что УДА-обработка позволяет разрушить зерно ржи таким образом, что точка клейстеризации крахмала в ржаном замесе отсутствует, что и было в дальнейшем подтверждено экспериментами, проводимыми в рамках данной исследовательской работы.

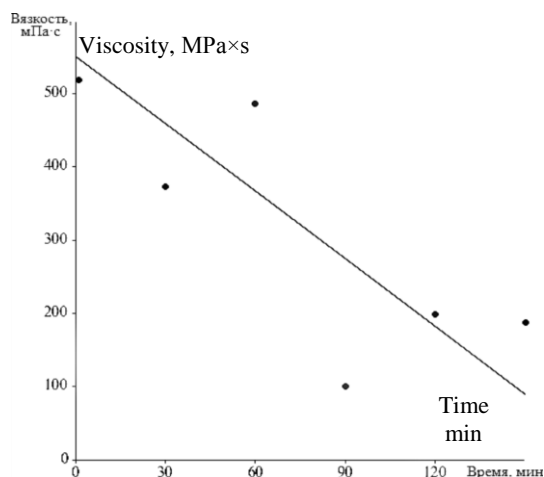


Рисунок 1. Изменение коэффициента динамической вязкости замесов из фуражной ржи

Figure 1. Changes in the dynamic viscosity coefficient of forage rye mash

На рисунках 1 и 2 представлены графики изменения коэффициента динамической вязкости ржаных замесов из фуражной ржи и низкопентозановой ржи сорта Янтарная, после обработки зерна на дезинтеграторе.

Из графиков, представленных на рисунках 1 и 2, следует, что начальное значение коэффициента динамической вязкости в замесе, приготовленном из ржи сорта Янтарная выше, и составляет порядка 1800 мПа·с, в то время как в замесе из фуражной ржи в начальный момент приготовления замеса коэффициент динамической вязкости составляет порядка 600 мПа·с. Более высокое значение коэффициента динамической вязкости объясняется тем, что количество мелких частиц в помоле, полученном при измельчении низкопентозановой ржи, выше, чем в помоле их фуражной ржи, что приводит к увеличению удельной поверхности помолов и как следствие увеличению вязкости замесов [13].

В процессе вто коэффициент динамической вязкости замесов, приготовленных из низкопентозановой ржи снижается без повышения вязкости замесов, что говорит о глубоком разрушении структуры низкопентозановой ржи, что и обуславливает в дальнейшем более высокий выход сухих веществ по окончании вто – 16%. Коэффициент динамической вязкости в замесах из фуражной ржи в процессе ведет себя нестабильно: то повышается, то снижается, что может быть следствием недостаточно полной разрушения структуры крахмальных гранул фуражной ржи. Известно, что более полное растворение крахмала в зерновых замесах происходит если крахмал уже прошел стадию клейстеризации [14]. И как следствие данного факта, количество растворимых веществ в гидролизате, полученном из фуражной ржи составил всего 15%.

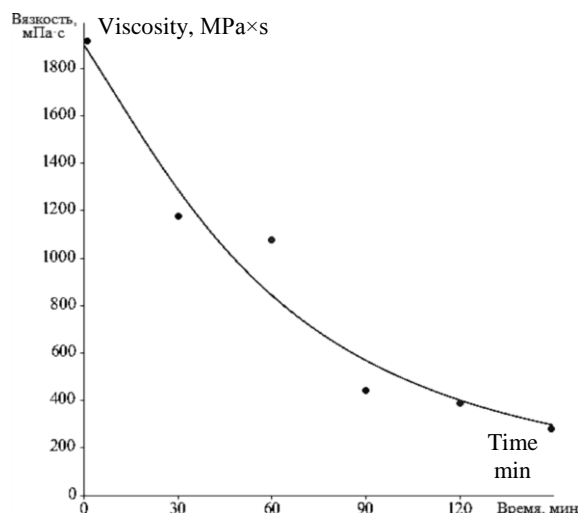


Рисунок 2. Изменение коэффициента динамической вязкости замесов из ржи сорта Янтарная

Figure 2. Changes in the dynamic viscosity coefficient of Yantarnaya rye mash

Из графика видно, что скорость накопления сухих веществ в гидролизате из помола низкопентозановой ржи сорта Янтарная выше, чем у фуражной, первые 30 мин, а затем снижается. Конечное количество сухих веществ в зерновом сусле полученном из ржи сорта Янтарная выше, чем фуражной, на 15,8%.

Образцы зернового сусли имели конечные показатели по сухим веществам и вязкости, представленные в таблице 1.

Также, в процессе водно-температурной обработки, каждые полчаса измеряли вязкость гидролизатов на вискозиметре Visco BasicPlus с использованием шпинделя г2 при скорости сдвига 50 с⁻¹.

Образцы зернового сусли имели конечные показатели по сухим веществам и вязкости, представленные в таблице 1.

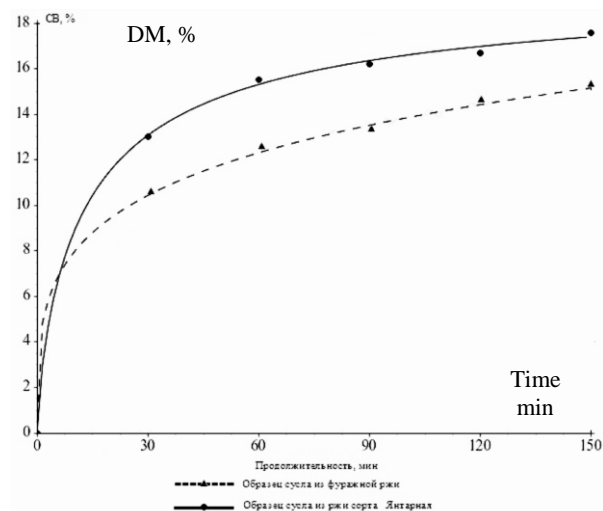


Рисунок 3. Нарастание сухих веществ

Figure 3. Accumulation of dry matter

Физико-химические показатели сусла

Table 1.

Physicochemical properties of cooked mashes

Наименование показателя Name of indicator	Фуражная рожь Fodder Rye	Рожь сорта Янтарная Rye Amber
Осмоляльность, ммоль×кг ⁻¹ Osmolality, mmol×kg ⁻¹	596,0 ± 17,2	530,0 ± 33,8
Кислотность, мл 1 н NaOH Acidity, ml 1 nNaon	0,23 ± 0,02	0,15 ± 0,03
Вязкость, мПа×с Viscosity, MPa×s	123,0 ± 1,3	256,0 ± 2,5
Количество раств. угл., г×100 см ⁻³ The number of solution. angle., g×100 cm ⁻³	14,4 ± 1,5	15,4 ± 1,5
Сухие вещества, % Dry matter, %	15,2 ± 1,5	17,6 ± 1,6
Содержание аминного азота, мг×100 см ⁻³ Content of a-aminenitrogen, mg×100 cm ⁻³	11,95 ± 1,2	26,97 ± 1,7

Из таблицы видно, что в сусле, полученном из низкопентозановой ржи, содержится на 2,4% сухих веществ больше, чем в сусле, полученном из фуражной ржи, и в два раза больше аминного азота.

На следующем этапе проведения экспериментов необходимо было исследовать процесс сбраживания ржаного сусла, приготовленного из низкопентозановой ржи. Интенсивность брожения оценивали по выделению диоксида углерода, количество которого определяли весовым методом (рисунок 4).

Из рисунка 4 видно, что в образце с применением ржи сорта Янтарная потеря массы, связанная с выходом углекислоты, больше на 19,8%. Из данных графиков можно сделать вывод, что применением ржи сорта Янтарная хорошо влияет на процесс сбраживания спиртовыми дрожжами зернового сусла. После окончания брожения проводился анализ зрелой бражки. Результаты анализа представлены таблице 2.

В дистилляте, полученном из ржи Янтарная, содержится в 10 раз меньше уксусного альдегида, ухудшающего органолептику дистиллятов, чем в дистилляте из фуражной ржи. Метилловый

спирт в обоих дистиллятах находится в незначительных количествах, не влияющих на органолептику.

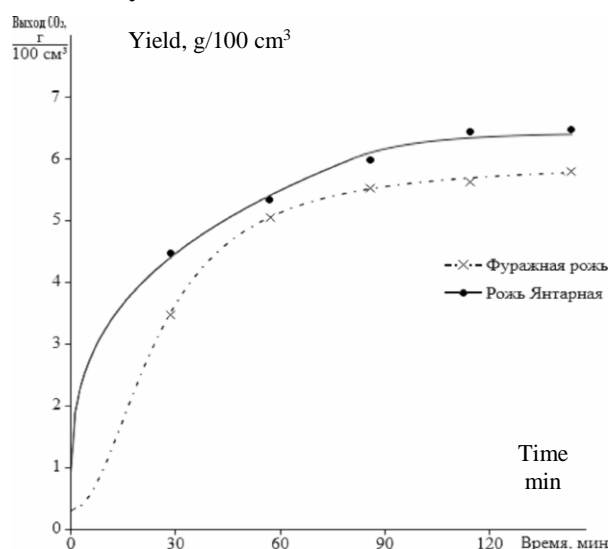


Рисунок 4. Выделение углекислоты в процессе брожения

Figure 4. Carbon dioxide emission during fermentation

Таблица 2.

Показатели дистиллятов

Table 2.

Parameters of distillates

Вид ржи Type of rye		Фуражная рожь Fodder Rye	Рожь сорта Янтарная Rye Amber
Наименование показателя Name of indicator	Единица измерения Unit		
Крепость Concentration	% об.	8,4 ± 0,1	8,8 ± 0,1
Сложные эфиры Esters			
Этилацетат Acetate	мг×дм ⁻³	89,8 ± 9,0	187,0 ± 28
Альдегиды Aldehydes			
Альдегид уксусный Aldehyde vinegar	мг×дм ⁻³	148,6 ± 14,9	14,5 ± 2,2
Высшие спирты Higher spirits			
1-Пропанол 1-Propanol	мг×дм ⁻³	702,0 ± 70,2	836,0 ± 125,0
2-Пропанол 2-Propanol		4,0 ± 0,4	203,0 ± 30,0
н-Бутанол butanol		8,6 ± 1,3	9,9 ± 1,5
Изобутанол Isobutanol		1782,9 ± 178,3	1383,0 ± 207,0
Изоамилол Isoamyl		1698,1 ± 169,8	3118,0 ± 468,0
Всего Total		6276,6 ± 878,7	5550,0 ± 642,4
Спирт метиловый Methyl alcohol			
	% об.	(1,1 ± 0,1) · 10 ⁻²	(0,79 ± 0,12) · 10 ⁻²

Важным продуктом спиртового производства является послеспиртовая барда, которая широко применяется в кормопроизводстве.

Послеспиртовая барда содержит протеин, клетчатку, жир, безазотистые экстрактивные

вещества и минеральные вещества, что придает барде самостоятельную кормовую ценность.

Полученную после брожения послеспиртовую барду исследовали на питательную ценность. Полученные данные представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Показатели послеспиртовой барды

Table 3.

Parameters of DDG

Показатели послеспиртовой барды Indicators DDG	Фуражная рожь Fodder Rye	Рожь сорта Янтарная Rye Amber
Кормовые единицы, к. ед./кг Feedunits, K. units / kg	0,14 ± 0,05	0,25 ± 0,05
Массовая доля сырого протеина, % на а.с.в. (натуральное вещество) Themassfractionofcrudeprotein, % onACB. (natural substance)	1,74 ± 0,10	2,6 ± 0,12
Массовая доля легкогидролизуемых углеводов, % (натуральное вещество) Mass fraction of easily hydrolyzed carbohydrates, % (natural substance)	2,44 ± 1,11	4,05 ± 1,52
Массовая доля сырого жира, % на а.с.в. (натуральное вещество) Mass fraction of crude fat, % onACB. (natural substance)	0,30 ± 0,77	0,43 ± 0,77
Массовая доля сырой клетчатки, % на а.с.в. (натуральное вещество) Mass fraction of crude fiber, % onACB. (natural substance)	0,49 ± 0,07	0,62 ± 0,07
Массовая доля сырой золы, % на а.с.в. (натуральное вещество) Mass fraction of crude ash, % onACB. (natural substance)	0,52 ± 0,95	0,54 ± 0,95

Из таблицы 3 видно, что наибольшим количеством кормовых единиц обладает послеспиртовая барда из ржи сорта Янтарная, в два раза превышая количество кормовых единиц в образцах из фуражной ржи.

Выводы

В настоящей работе показана эффективность применения нового сорта озимой ржи сорта Янтарная в технологии этилового спирта. Это доказано более высокими качественными показателями бражных дистиллятов и послеспиртовой барды по сравнению с показателями бражных дистиллятов и послеспиртовой барды,

полученных в результате переработки на спирт ржи озимой фуражной с более высоким содержанием пентозанов. Более высокая крепость бражных дистиллятов из ржи Янтарная говорит о том, что при переработке такого сорта ржи возможен более высокий выход спирта, а меньшее количество примесей дают предпосылки тому, что затраты на ректификацию спирта, полученного из ржи сорта Янтарная будут меньше. Более высокое содержание кормовых единиц в послеспиртовой барде, полученной при переработки ржи Янтарная, делают такую послеспиртовую барду на рынке более конкурентоспособной.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Абрамова И.М. Особенности переработки ржаного сырья, обеспечивающие производство спирта с высокими качественными показателями // Производство спирта и ликероводочных изделий. –2014. № 4. С. 8–10.
- 2 Karlsson R. Pentosans in rye // Sveriges Utsades foreningsTidskrift. 1988. P. 213–225.
- 3 Flamme W. et al. Developing rye germplasm for alternative uses: Quality assessment methods and progress from selection // Vortra egefuer Pflanzenzuechtung. 1996.
- 4 Henry R. J. Pentosan and (1→ 3),(1→ 4)-β-glucan concentrations in endosperm and wholegrain of wheat, barley, oats and rye //Journal of Cereal Science. 1987. V. 6. №. 3. P. 253-258.
- 5 Nilsson M. et al. Nutrient and lignan content, dough properties and baking performance of rye samples used in Scandinavia //Acta AgriculturaeScandinavica B—Plant Soil Sciences. 1997. V. 47. №. 1. P. 26-34.
- 6 Кобылянский В.Д., Солодухина О.В., Потапова Г.Н., Ткаченко И.В. и др. Изучение инновационной зернофуражной низкопентозановой озимой ржи // Пермский аграрный вестник. 2014, № 1(5). С. 10–14.
- 7 Исмагилов Р.Р., Ванюшина Т.Н., Аюпов Д.С. Пентозаны ржи. Уфа: БГАУ, 2006. 113 с.

- 8 Кобылянский В.Д., Солодухина О.В. Се- лекция зернофуражной озимой ржи // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 6. С. 31–34.

- 9 Miedaner T. et al. Genetic architecture of complex agronomic traits examined in two testcross populations of rye (*Secale cereale* L.) // BMC genomics. 2012. V. 13. №. 1. P. 706.

- 10 Петров К.П. Методы биохимии растительных продуктов. Киев: «Вища школа», 1978. 224 с.

- 11 Василенко З.В. Влияние видовых особенностей зерновых культур на выход и качество пищевого этилового спирта // Производство спирта и ликероводочных изделий. 2010. № 1. С. 26–29.

- 12 Сабиров А.А., Баракова Н.В., Самоделкин Е.А. Влияние ударно-активаторно-дизинтеграторной обработки на технологические параметры гидролизатов изо ржи // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2017. № 3(33). С. 43–52.

- 13 Маринченко В.А. Интенсификация спиртового производства. Киев: Техника, 1983. 128 с.

- 14 Яровенко В.Л. Технология спирта. М: Колос, 2002. 463 с

REFERENCES

- 1 Abramova I.M. Features of rye material processing for production of alcohol with high quality parameters. *Proizvodstvo spirta i likerovodochnykh izdelii* [Production of alcohol and alcoholic beverages] 2014. no. 4. pp. 8–10 (in Russian).
- 2 Karlsson R. Pentosans in rye. *Sveriges Utsades foreningsTidskrift*. 1988. pp. 213–225.
- 3 Flamme W. et al. Developing rye germplasm for alternative uses: Quality assessment methods and progress from selection. *Vortraege fuer Pflanzenzuechtung*. 1996.
- 4 Henry R. J. Pentosan and (1→3), (1→4)-β-glucan concentrations in endosperm and wholegrain of wheat, barley, oats and rye. *Journal of Cereal Science*. 1987. vol. 6. no. 3. pp. 253–258.
- 5 Nilsson M. et al. Nutrient and lignan content, dough properties and baking performance of rye samples used in Scandinavia. *Acta Agriculturae Scandinavica B—Plant Soil Sciences*. 1997. vol. 47. no. 1. pp. 26–34.
- 6 Kobylansky V.D., Solodukhina O.V., Potapova G.N., Tkachenko I.V. et al. The study of novel low pentosan fodder winter rye. *Permskii agrarnyi vestnik* [Perm Agrarian Bulletin] 2014. no. 1(5). pp. 10–14. (in Russian).
- 7 Ismagilov R.R. *Pentozany rzhi* [Pentosans of rye] Ufa, BSAU, 2006. 113 p. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Диана С. Алимова аспирант, кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 190002, Россия, alimova-diana@mail.ru

Надежда В. Баракова к.т.н., доцент, кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 190002, Россия, n.barakova@mail.ru

Всеволод А. Романов аспирант, кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 190002, Россия, dyvom@notsharingmy.info

Евгений А. Самodelкин ведущий инженер, Центральный научно-исследовательский институт конструкторских материалов «Прометей», ул. Шпалерная, 49, г. Санкт-Петербург, 191015, Россия, smdlkn@inbox.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Диана С. Алимова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчеты

Надежда В. Баракова консультация в ходе исследования

Всеволод А. Романов написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Евгений А. Самodelкин консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 29.06.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 10.08.2018

8 Kobylansky V.D., Solodukhina O.V. Selection of winter rye. *Dostizheniia nauki i tekhniki* [Achievements of science and technology of agriculture] 2012. no. 6. pp. 31–34 (in Russian).

9 Miedaner T. et al. Genetic architecture of complex agronomic traits examined in two testcross populations of rye (*Secale cereale* L.). *BMC genomics*. 2012. vol. 13. no. 1. pp. 706.

10 Petrov K.P. Methods for biochemistry of vegetable raw material products. Kiev, Vischashkola, 1978. 224 p. (in Russian).

11 Vasilenko Z.V. et al. Influence of specific features of grain crops on the yield and quality of food ethyl alcohol [Production of alcohol and alcoholic beverages] 2010. no. 1. pp. 26–29 (in Russian).

12 Sabirov A.A., Barakova N.V., Samodelkin E.A. The effect of impact activating disintegration on the technological parameters of rye hydrolysates [Scientific journal of ITMO University. Series: Processes and equipment for food production] 2017. no. 3(33). pp. 43–52 (in Russian).

13 Marynchenko V.A. Intensification of the potable ethanol industry. Kiev, Tekhnika, 1983. 128 p. (in Russian).

14 Yarovenko V.L. Production of potable ethanol. Moscow, Kolos, 2002. 463 p. (in Russian).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Diana S. Alimova graduate student, Department of food biotechnology (vegetable stock), ITMO University, 9 Lomonosova str., St. Petersburg, 191002, Russia, alimova-diana@mail.ru

Nadezhda V. Barakova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Department of food biotechnology (vegetable stock), ITMO University, 9 Lomonosova str., St. Petersburg, 191002, Russia, n.barakova@mail.ru

Vsevolod A. Romanov graduate student, Department of food biotechnology (vegetable stock), ITMO University, 9 Lomonosova str., St. Petersburg, 191002, Russia, dyvom@notsharingmy.info

Evgenii A. Samodelkin Head Engineer, Central Research Institute of Structural Materials “Prometey”, 49 Shpalernaya str., St. Petersburg, 191015, Russia, smdlkn@inbox.ru

CONTRIBUTION

Diana S. Alimova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Nadezhda V. Barakova consultation during the study

Vsevolod A. Romanov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Evgenii A. Samodelkin consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 6.29.2018

ACCEPTED 8.10.2018