

## Анализ экономических и технологических факторов, влияющих на эффективность получения этилового спирта для химических и топливных целей

Михаил В. Туршатов	<sup>1</sup>	lab78@mail.ru
Александр О. Соловьев	<sup>1</sup>	lab78@mail.ru
Вера А. Кривченко	<sup>1</sup>	lab78@mail.ru
Валентин В. Кононенко	<sup>1</sup>	lab78@mail.ru

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», ул. Самокатная, 4-Б, г. Москва, 111033, Россия

**Реферат.** В настоящее время, рыночная стоимость производимого в РФ спирта достигает 500 рублей за 1 дал (при себестоимости до 430 рублей за 1 дал), что не позволяет эффективно его использовать в целях отличных от пищевых. Для успешной реализации данного спирта на нужды химической и топливной промышленности необходимо добиться рыночной стоимости до 300 рублей за 1 дал (с себестоимостью 250 рублей за 1 дал). Для достижения таких показателей проведены исследования по получению спирта из вторичных сырьевых ресурсов (ВСР), образующихся при комплексной переработке крахмалосодержащего сырья на глютен, крахмал, сиропы, аминокислоты и органические кислоты. В качестве ВСР использовали образцы крахмального молока и пшеничных отрубей. В результате было подобрано соотношение крахмального молока и отрубей, которое позволяет получить нормативный выход спирта до 66,3 дал/т условного крахмала. Получаемая барда по гранулометрическому составу оказалась схожа с зерновой, что позволяет перерабатывать ее в сухие кормопродукты по аналогичным энергосберегающим технологиям. Для повышения ценности данного кормопродукта, его обогащали протеином путем культивирования кормовых дрожжей. В результате был получен кормопродукт, соответствующий по показателям ГОСТ Р 55301-2012 «Дрожжи кормовые из зерновой барды». На основании проведенных исследований была разработана технология переработки смеси крахмального молока и отрубей в этиловый спирт и протеиновый кормопродукт. Технико-экономический анализ разработанной технологии свидетельствует об эффективности применения ВСР от комплексной переработки зернового сырья для производства этилового спирта и кормопродуктов.

**Ключевые слова:** этиловый спирт, вторичные сырьевые ресурсы, ВСР, барда, кормопродукты, комплексная переработка, технология

## Analysis of economic and technological factors affecting the efficiency of obtaining ethyl alcohol for chemical and fuel purposes

Mikhail V. Turshatov	<sup>1</sup>	lab78@mail.ru
Alexander O. Solovyev	<sup>1</sup>	lab78@mail.ru
Vera A. Krivchenko	<sup>1</sup>	lab78@mail.ru
Valentin V. Kononenko	<sup>1</sup>	lab78@mail.ru

<sup>1</sup> All-Russian Scientific Research Institute of Food Biotechnology - a branch of the federal state budgetary research institution "Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology", Samokatnaya st., 4-B, Moscow, 111033, Russia

**Summary.** The market value of alcohol production reaches 500 rubles per 1 decaliter (at a cost of up to 430 rubles per 1 decaliter), which does not allow it to be used effectively for purposes other than alcohol beverages. To successfully implement this ethanol for the needs of the chemical and fuel industry it is necessary to achieve a market value of up to 300 rubles per 1 decaliter (with a cost of 250 rubles per 1 decaliter). To achieve such indicators, studies were carried out on the production of alcohol from starch-containing secondary raw materials of grain complex processing for gluten, starch, syrups, amino acids and organic acids. Samples of starch milk and wheat bran were used as secondary raw materials. As a result, the ratio of starch milk and bran was selected, which allows obtaining a normative yield of alcohol up to 66.3 decaliter / ton of conventional starch. The resulting bard was similar in terms of indicators from the grain, which makes it possible to treat stillage to dried fodder using the same enrgysave equipment. To increase the value of this food, it was enriched with protein by cultivation of fodder yeast. As a result, a fodder product was obtained, corresponding to GOST R 55301-2012 "Yeast fodder from a cereal bard". Based on the conducted studies, a technology was developed for processing a mixture of starch milk and bran in ethyl alcohol and a protein feed product. The technical and economic analysis of the developed technology demonstrates efficiency of secondary raw material using for production of ethyl alcohol and protein fodder.

**Keywords:** ethyl alcohol, secondary raw materials, bard, feed products, complex processing, technology

### Введение

В мировом объеме производства этанола на долю пищевого спирта приходится не более 20%. Остальной производимый этиловый спирт используется либо на топливные цели – для производства оксигенатов, либо на химические цели – для производства этилацетата,

уксусной кислоты, кротонового альдегида и еще целого ряда химических веществ (рисунок 1).

Эффективность применения этилового спирта на топливные и химические цели определяется рядом факторов: обеспечение качественных показателей готовой продукции, обеспечение низкой себестоимости, обеспечение безотходности

Для цитирования

Туршатов М.В., Соловьев А.О., Кривченко В.А., Кононенко В.В. Анализ экономических и технологических факторов, влияющих на эффективность получения этилового спирта для химических и топливных целей // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 429–434. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-429-434

For citation

Turshatov M.V., Solovyev A.O., Krivchenko V.A., Kononenko V.V. Analysis of economic and technological factors affecting the efficiency of obtaining ethyl alcohol for chemical and fuel purposes. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 429–434. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-429-434

производства, а также обеспечение невозможности применения технического этилового спирта на пищевые цели. Основным из них, определяющим

экономическую целесообразность производства и применения технического этанола, является обеспечение его низкой себестоимости.

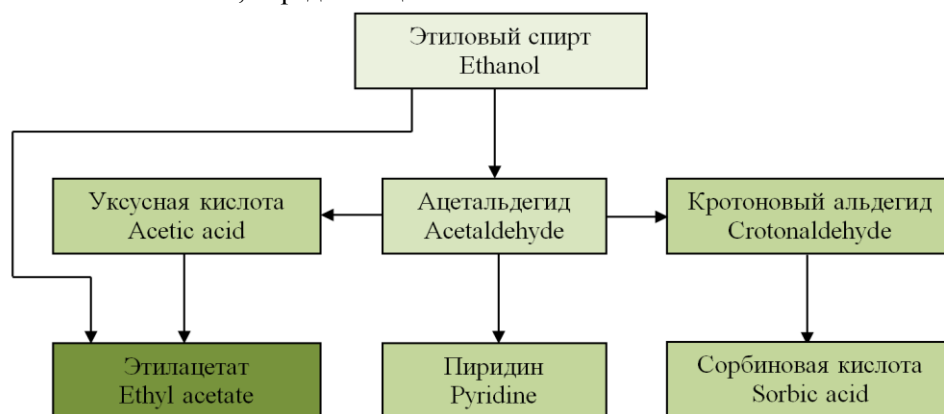


Рисунок 1. Варианты получения химической продукции из этилового спирта

Figure 1. Options for obtaining chemical products from ethanol

В структуре себестоимости этилового спирта из зерна доля сырья составляет 60–65% (таблица 1). При этом рыночная стоимость этанола на уровне 450–500 р. за 1 дал является неконкурентной на топливном и химическом рынке. Частично себестоимость спирта можно снизить внедрением ресурсо- и энергосберегающих технологий, подразумевающих: переработку концентрированных сред по «мягким» режимам; применение современного теплообменного оборудования; исключение разбавления продуктового потока теплоносителем; многократное использование тепла и жидкой фазы. Реализация такой технологии позволит сократить теплоэнергозатраты и водопотребление на 25–35%. Однако в себестоимости спирта снижение затрат составит не более 5%.

В то же время в последние годы растет количество заводов по глубокой переработке зерна, например, с получением глютенa, крахмалов, сиропов, аминокислот или органических кислот. При этом в больших количествах образуются крахмалсодержащие вторичные сырьевые ресурсы (ВСР). Это, в первую очередь, фракция крахмала Б, пентозаны, отруби, которые могут быть переработаны в этиловый спирт, кормопродукты и жидкую углекислоту [1–5]. При этом в общей прибыли предприятия по глубокой переработке зерна доля прибыли от спирта не превысит 15% (таблица 2), поэтому большую часть стоимости зерна можно отнести на другую продукцию.

Таблица 1.

Структура себестоимости этанола из зерна

Table 1.

The structure of the cost of ethanol from grain

Наименование элементов затрат Name of cost elements	Стоимость на 1 т зерна, р. Cost per 1 ton of grain, rubles		
	8000 дал/сут 8000 decalitre/day	9000 дал/сут 9000 decalitre/day	10000 дал/сут 10000 decalitre/day
1	2	3	4
Сырье   Raw materials	222	250	278
Основные и вспомогательные материалы Basic and auxiliary materials	25		
Топливо   Fuel	71		
Электроэнергия   Electricity			
Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих The basic and additional wages of production workers	54		
Отчисление на социальное страхование (27,1% от ФЗП) The deduction for social insurance (27.1% of the wage fund)			
Амортизация основных фондов Depreciation of fixed assets			
Цеховые расходы   Shop costs			
Общезаводские расходы   General plant costs			
Прочие производственные расходы Other production costs			

Продолжение табл. 1 | Continued table 1

1	2	3	4
Итого производственная себестоимость Total production cost	372	400	428
Доля сырья в себестоимости Share of raw materials in cost price	60	62,5	65
Производственная рентабельность Production profitability	20%		
Рыночная стоимость без НДС и акциза Market value, excluding value-added tax and excise tax	446	480	514

Тогда затраты на сырье не превысят 100 р. на 1 дал, себестоимость получаемого спирта может быть на уровне 250 р. за 1 дал, а его рыночная стоимость не превысит 300 р. за 1 дал. Такая стоимость является приемлемой для применения этанола как сырья для производства химической продукции, такой, как этилацетат или уксусная кислота. А учитывая, что на многих заводах по глубокой переработке зерна ВСП являются практически отходами, то одновременно с получением этанола решаются и экологические проблемы [6–8].

Однако несмотря на то что в мировой практике крахмальное молоко достаточно давно применяется для производства этанола, существует ряд технологических проблем при

его переработке: обеспечение высокого выхода спирта, а также проблема переработки барды. Для решения этих задач в лаборатории комплексной переработки сырья ВНИИПБТ были проведены исследования.

### Материалы и методы

Для проведения исследований были получены образцы ВСП с нескольких предприятий. Проведен их анализ на содержание крахмала и протеина. Так, содержание крахмала в крахмальном молоке в среднем составило 20%, а в отрубях – 16%. Содержание протеина в молоке находится на уровне 5–6% абсолютно сухого вещества (асв), в отрубях 16–17% асв.

Таблица 2.

Технико-экономические показатели глубокой переработки пшеницы из 1 тонны пшеницы

Table 2.

Technical and economic indicators of deep processing of wheat from 1 ton of wheat

Показатели   Indicators	Продукты переработки   Refined products				
	Глютен Gluten	Лизин Lysine	Сухая барда Dry grains	Спирт Alcohol	Жидкий CO <sub>2</sub> Liquid CO <sub>2</sub>
Единица измерения   Unit of measurement	кг   kg	кг   kg	т   tons	дал   decalitre	т   tons
Количество   Amount	77	200	0,11	15	0,07
Стоимость ед., р. Unit price, rubles	70	90	9000	330	9000
Стоимость продукции, р. Cost of production, rubles	5390	18000	990	4950	630
Производственная рентабельность, % Production profitability, %	30	30	50	20	100
Чистая прибыль товарной продукции, р. Net profit of commodity output, rubles	1243	4153	330	825	315
Общая прибыль, р. Total profit, rubles	6866				
Доля прибыли от спирта, % Share of profits from alcohol, %	12%				

Далее проводились исследования по переработке крахмального молока в этиловый спирт. На первом этапе исследований были экспериментально подобраны оптимальные режимы водно-тепловой и ферментативной обработки крахмального молока.

### Результаты и обсуждение

Исследования по сбраживанию сусла из крахмального молока показали, что несмотря

на практически полное усвоение дрожжами сахаров сырья, выход спирта оказался ниже нормативного. Это, вероятно, связано с повышенными тратами углеводов на накопление биомассы при переработке обедненного белком и аминокислотами крахмального молока. Отсутствие взвешенных частиц в сусле способствует быстрому оседанию дрожжей, что негативно сказывается на технологических показателях (таблица 3).

Таблица 3.

Технологические показатели зрелой барды при переработке крахмального молока

Table 3.

Technological parameters of mature mating during processing of starch milk

Технологические показатели Technological indicators	Единица измерения   Unit of measurement	Значения Values
Отброд   Apparent density	°Б	-0,50
pH	-	4,45
Кислотность   Acidity	°Д	0,35
Содержание спирта   Alcohol content	% об.   % vol.	11,40
Остаточные углеводы   Residual carbohydrates		
– общие   general	г/100 см <sup>3</sup>   g/100 cm <sup>3</sup>	0,21
– растворимые   soluble	г/100 см <sup>3</sup>   g/100 cm <sup>3</sup>	0,18
– нерастворенный крахмал   undissolved starch	г/100 см <sup>3</sup>   g/100 cm <sup>3</sup>	0,02
Выход спирта   The yield of alcohol	дал/т усл. крахмала deciliters/ton of conventional starch	65,40
– фактический   actual	дал/т усл. крахмала   deciliters/ton of conventional starch	66,30
– нормативный (для пшеницы)   normative (for wheat)		

Дисперсный анализ образуемой барды показал, что размер большинства частиц находится в промежутке 0–0,5 мм, что негативно отразится на дальнейшей ее переработке в сухие продукты из-за низкой эффективности оборудования по разделению барды, по концентрированию фильтрата барды, больших энергозатрат на сушку. По основному качественному показателю – содержанию протеина, полученная барда также значительно уступает зерновой и не соответствует ГОСТу на барду кормовую.

На следующем этапе исследований проводили совместную переработку крахмального молока и отрубей. Учитывая, что отруби содержат большое количество некрахмалистых полисахаридов, в начале провели исследование влияния концентрации отрубей в замесе на его вязкость. Установлено, что максимальная концентрация отрубей в замесе при сохранении его технологичности составляет не более 10–12%.

Далее проводили сбраживание сусла, полученного из смеси крахмального молока и отрубей в различном соотношении. Анализ полученных данных показал, что наилучшие технологические показатели, в том числе и выход спирта, были получены в варианте эксперимента с содержанием отрубей 8%. При этом выход спирта находится на уровне нормативного.

Гранулометрический анализ образующейся барды показал, что получаемая барда по своим характеристикам приближена к зерновой. Это позволяет ее перерабатывать в сухие продукты по современным энергосберегающим технологиям. По содержанию протеина полученная барда соответствует ГОСТ 31809–2012 «Барда кормовая. Технические условия» [9], однако данный показатель находится вблизи нижней границы и спрос на такой кормопродукт не будет высоким.

Для повышения ценности получаемого кормопродукта был исследован способ обогащения барды протеином за счет культивирования на ней штаммов-продуцентов кормовых дрожжей. Исследования включали в себя подбор оптимальной концентрации субстрата, оптимального штамма микроорганизма, оптимального минерального питания.

### Выводы

Наилучшие показатели были получены при культивировании штамма *Rhodosporidium diobovatum* 115 на субстрате из смеси барды (85%) и гидролизата крахмального молока (15%). По качественным показателям (таблица 4) получаемый продукт соответствует ГОСТ на кормовые дрожжи из зерновой барды [10].

Таблица 4.

Качественные показатели протеинового кормопродукта

Table 4.

Qualitative indicators of protein feed product

Показатели   Indicators	Единица измерения   Unit of measurement	Значение   Value
Сырой протеин   Crude protein	% на а.с.в.   % on absolutely dry matter	44,7
Истинный белок по Барнштейну True protein according to Barnstein	% на а.с.в.   % on absolutely dry matter	37,8
Углеводы   Carbohydrates	г/100 см <sup>3</sup>   g/100 cm <sup>3</sup>	0,39
Клетчатка   Cellulose	% на а.с.в.   % on absolutely dry matter	8,9
Сырой жир   Crude fat	% на а.с.в.   % on absolutely dry matter	1,35

На основании проведенных исследований была разработана технология переработки смеси крахмального молока и отрубей в этиловый спирт и протеиновый кормопроduct.

Технико-экономический анализ разработанной технологии показал, что из смеси 1 т крахмального молока и 100 кг пшеничных отрубей можно получить 15 дал этилового спирта с себестоимостью порядка 250–280 р. за 1 дал и 100 кг протеинового кормопроductа

с себестоимостью 8–10 р. за 1 кг при рыночной цене 15–20 р.

### Благодарности

Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в рамках программы «Фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы» (№ 0529-2015-0109).

### ЛИТЕРАТУРА

1 Гольдштейн В.Г., Лукин Н.Д., Радин О. Побочные продукты крахмалопаточного производства – кормовые компоненты // Комбикорма. 2018. № 7–8. С. 54–56.

2 Туршатов М.В., Леденев В.П., Кононенко В.В., Кривченко В.А., Соловьев А.О., Моисеева Н.Д. Технико-экономические аспекты получения спирта из вторичных сырьевых ресурсов, образуемых при комплексной переработке пшеницы // Производство спирта и ликероводочных изделий. 2015. № 1. С. 33–35.

3 Кононенко В.В., Туршатов М.В., Леденев В.П., Кривченко В.А., Моисеева Н.Д., Соловьев А.О. Комплексная переработка сырья – реальная перспектива повышения рентабельности спиртового производства // Хранение и переработка сельхозсырья. 2017. № 10. С. 10–14.

4 Уланова Р.В., Кравченко И.К., Колпакова В.В., Лукин Н.Д. Новое использование побочных продуктов спиртовой промышленности // Хранение и переработка сельхозсырья. 2017. № 11. С. 34–37.

5 Андреев Н.Р., Колпакова В.В., Гольдштейн В.Г., Кравченко И.К. и др. Утилизация вторичных продуктов переработки тритикале с получением кормового микробно-растительного концентрата для прудовых рыб // Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12. № 4. С. 90–104.

6 Кириллов Е.А., Грунин Е.А., Кононенко В.В., Алексеев В.В. и др. Требования законодательства РФ к технологии брагоректификации, денатурирования и абсолютирования спирта при производстве биоэтанола // Биотехнологии в комплексном развитии регионов: материалы международной научно-практической конференции. 2016. С. 38.

7 Поляков В.А., Абрамова И.М., Серба Е.М., Погоржельская Н.С. Фундаментальные и прикладные исследования ВНИИПБТ как эффективный базис создания инновационных ресурсосберегающих технологий // Современные биотехнологические процессы, оборудование и методы контроля в производстве спирта и спиртных напитков. Сборник научных трудов. 2017. С. 3–11.

8 Серба Е.М., Абрамова И.М., Римарева Л.В., Оверченко М.Б., Игнатова Н.И., Грунин Е.А. Влияние ферментных препаратов на технологические показатели зернового сула и качество спирта // Пиво и напитки. 2018. № 1. С. 50–54.

9 ГОСТ 31809–2012. Барда кормовая. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2013. 12 с.

10 ГОСТ Р 55301–2012. Дрожжи кормовые из зерновой барды. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 14 с.

### REFERENCES

1 Goldstein V.G., Lukin N.D., Radin O. By-products of starch-fiber production – fodder components. *Kombikorma* [Mixed feed]. 2018. no. 7–8. pp. 54–56. (in Russian)

2 Turshatov M.V., Ledenev V.P., Kononenko V.V., Krivchenko V.A., Soloviev A.O., Moiseeva N.D. Technical and economic aspects of obtaining alcohol from secondary raw materials, formed during complex processing of wheat. *Proizvodstvo spirta i likerovodochnykh izdelij* [Production of alcohol and alcoholic beverages]. 2015. no. 1. pp. 33–35. (in Russian)

3 Kononenko V.V., Turshatov M.V., Ledenev V.P., Krivchenko V.A., Moiseeva N.D., Soloviev A.O. Complex processing of raw materials – a real prospect of increasing the profitability of alcohol production. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya* [Storage and processing of agricultural raw materials]. 2017. no. 10. pp. 10–14. (in Russian)

4 Ulanova R.V., Kravchenko I.K., Kolpakova V.V., Lukin N.D. New use of by-products of the alcohol industry. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya* [Storage and processing of agricultural raw materials]. 2017. no. 11. pp. 34–37. (in Russian)

5 Andreev N.R., Kolpakova V.V., Goldstein V.G., Kravchenko I.K. et al. Utilization of secondary products of processing of triticale with production of fodder microbial-vegetative concentrate for pond fish. *Yug Rossii: ehkologiya, razvitie* [South of Russia: ecology, development]. 2017. vol. 12. no. 4. pp. 90–104. (in Russian)

6 Kirillov E.A., Grunin E.A., Kononenko V.V., Alekseev V.V. et al. Requirements of the legislation of the Russian Federation to the technology of rectification, denaturing and absolute alcohol in the production of bioethanol. *Biotehnologii v kompleksnom razvitii regionov: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii* [Biotechnologies in the integrated development of regions: materials of the international scientific-practical conference]. 2016. pp. 38. (in Russian)

7 Polyakov V.A., Abramova I.M., Serba E.M., Pogorzelskaya N.S. Fundamental and applied research VNIIBPT as an effective basis for the creation of innovative resource-saving technologies. *Sovremennyye biotekhnologicheskie processy, oborudovanie i metody kontrolya v proizvodstve spirta i spirtnykh napitkov. Sbornik nauchnykh trudov*. [Modern biotechnological processes, equipment and methods of control in the production of alcohol and spirits. Collection of scientific papers]. 2017. pp. 3–11. (in Russian)

8 Serba E.M., Abramova I.M., Rimareva L.V., Overchenko M.B., Ignatova N.I., Grunin E.A. Influence of enzymatic preparations on technological parameters of grain wort and quality of alcohol. *Pivo i napitki* [Beer and drinks]. 2018. no. 1. pp. 50–54. (in Russian)

9 GOST 31809–2012. Barda kormovaya. Tekhnicheskie usloviya [Feed bard. Technical conditions]. Moscow, StandardInform, 2013. 12 p. (in Russian)

10 GOST 55301–2012. Drozhzhi kormovye iz zernovoj bardy. Tekhnicheskie usloviya [Yeast fodder from a cereal bard. Technical conditions]. Moscow, StandardInform, 2014. 14 p. (in Russian)

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Михаил В. Туршатов** к.т.н., заведующий лабораторией технологии спиртового производства, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», ул. Самокатная, 4-Б, г. Москва, 111033, Россия, lab78@mail.ru

**Александр О. Соловьев** м.н.с., лаборатория комплексной переработки сырья, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», ул. Самокатная, 4-Б, г. Москва, 111033, Россия, lab78@mail.ru

**Вера А. Кривченко** к.т.н., в.н.с., лаборатория комплексной переработки сырья, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», ул. Самокатная, 4-Б, г. Москва, 111033, Россия, lab78@mail.ru

**Валентин В. Кононенко** к.т.н., заведующий отделом комплексной переработки сырья, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», ул. Самокатная, 4-Б, г. Москва, 111033, Россия, lab78@mail.ru

#### КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

**Михаил В. Туршатов** написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию, провел эксперимент, выполнил расчеты

**Александр О. Соловьев** обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент

**Вера А. Кривченко** обзор литературных источников по исследуемой проблеме, консультация в ходе исследования

**Валентин В. Кононенко** предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**ПОСТУПИЛА 15.07.2018**

**ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 19.08.2018**

#### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Mikhail V. Turshatov** Cand. Sci. (Tech.), head of the laboratory of alcohol production technology, All-Russian Scientific Research Institute of Food Biotechnology - a branch of the federal state budgetary research institution "Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology", Str. Samokatnaya, 4-B, Moscow, 111033, Russia, lab78@mail.ru

**Alexander O. Solovyev** junior researcher, laboratory of complex processing of raw materials, All-Russian Scientific Research Institute of Food Biotechnology - a branch of the federal state budgetary research institution "Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology", Str. Samokatnaya, 4-B, Moscow, 111033, Russia, lab78@mail.ru

**Vera A. Krivchenko** Cand. Sci. (Tech.), leading research worker, laboratory of complex processing of raw materials, All-Russian Scientific Research Institute of Food Biotechnology - a branch of the federal state budgetary research institution "Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology", Str. Samokatnaya, 4-B, Moscow, 111033, Russia, lab78@mail.ru

**Valentin V. Kononenko** Cand. Sci. (Tech.), head of division for complex processing of raw materials, All-Russian Scientific Research Institute of Food Biotechnology - a branch of the federal state budgetary research institution "Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology", Str. Samokatnaya, 4-B, Moscow, 111033, Russia, lab78@mail.ru

#### CONTRIBUTION

**Mikhail V. Turshatov** wrote the manuscript, correct it before filing in editing, conducted an experiment, performed computations

**Alexander O. Solovyev** review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment

**Vera A. Krivchenko** review of the literature on an investigated problem, consultation during the study

**Valentin V. Kononenko** proposed a scheme of the experiment and organized production trials

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

**RECEIVED 7.15.2018**

**ACCEPTED 8.19.2018**