

УДК 663.533

Поступила в редакцию 01.02.2019
Received 01.02.2019**Е.М. Моргунова, Ю.С. Пусовская, А.А. Пушкарь***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА СБРАЖИВАНИЯ СУСЛА
ИЗ КЛУБНЕЙ ТОПИНАМБУРА РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ И ЗЕРНА РЖИ**

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по изучению процесса сбраживания сусла из клубней топинамбура различных сортов и зерна ржи. Сбраживание сусла является одним из важнейших процессов в спиртовом производстве, так как на данном этапе идет конечный ферментативный гидролиз полисахаридов различной молекулярной массы и образование спирта под действием ферментного комплекса дрожжей. В качестве основного сырья были использованы клубни топинамбура трех сортов, выращенные в различных регионах Республики Беларусь, и образец зерна ржи как наиболее сложной с технологической точки зрения зерновой культуры. При определении наиболее перспективных сортов клубней топинамбура для дальнейшего их использования в технологии получения этилового спирта контролировали состояние дрожжей в период главного брожения (на 18 и 36 ч), изучали динамику процесса сбраживания сусла по количеству выделяющегося углекислого газа, анализировали показатели технокимического контроля зрелой бражки (рН, редуцирующие вещества, крепость зрелой бражки, выход этилового спирта). Установлено, что наиболее перспективными для переработки в смеси с зерновым сырьем являются клубни топинамбура сорта Десертный.

Ключевые слова: топинамбур, рожь, инулиназа, дрожжи, брожение, диоксид углерода, сусло, бражка, крепость, выход

E.M. Morgunova, J.S. Pusovskaya, A.A. Pushkar*RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National
Academy of Sciences of Belarus», Minsk, Republic of Belarus***RESULTS OF THE RESEARCHES OF THE PROCESS OF FERMENTATION
OF WORT FROM JERUSALEM ARTICHOKE TUBERS OF VARIOUS
VARIETIES AND RYE GRAIN**

Abstract. The article presents the results of studies on the process of fermentation of wort from Jerusalem artichoke tubers of various varieties and rye, as the most technologically difficult grain crop. Fermentation of the wort is one of the most important processes in alcohol production, since at this stage the final enzymatic hydrolysis of polysaccharides of various molecular weights and the formation of alcohol under the action of the yeast enzyme complex takes place. As the main raw material, three types of Jerusalem artichoke tubers and a sample of rye grain were used. In determining the most promising varieties of Jerusalem artichoke tubers, the indicators of the techno-chemical control of a mature brew were analyzed (pH, reducing substances, strength of a mature brew, yield of ethyl alcohol), studied the dynamics of the wort fermentation process by the amount of carbon dioxide emitted, controlled the state of yeast during the main fermentation period (at 18 36 h). This made it possible to establish that the most promising for processing are the Desertny variety artichoke tubers mixed with grain raw materials.

Keywords: Jerusalem artichoke, rye, inulinase, yeast, fermentation, carbon dioxide, wort, brew, strength, yield

Введение. Получение этилового спирта из пищевого сырья характеризуется высокой энерго- и материалоёмкостью, поэтому на сегодняшний день существует ряд задач, направленных на повышение

качества спирта, увеличение выхода этанола из единицы сырья, интенсификацию производства, улучшение экологической обстановки на предприятиях и др. [1, 2, 3]. В спиртовой отрасли в структуре себестоимости спирта сырье занимает более 60 % от общих затрат, поэтому замена его на нетрадиционное более дешевое сырье позволит повысить рентабельность производства и одновременно сэкономить ценные пищевые ресурсы страны – зерно [4]. В качестве альтернативного сырья при производстве этилового спирта можно рассматривать любой материал, содержащий полисахариды, которые в результате гидролиза превращаются в сбраживаемые вещества [5].

Благодаря анализу литературных источников установлено, что для производства спирта можно использовать такой нетрадиционный вид сырья как инулинсодержащее, в частности топинамбур. В клубнях данного корнеплода содержится достаточное количество углеводов, азотистых веществ, макро- и микроэлементов. Клубни обладают активным комплексом ферментов, гидролизующим инулин, а также богаты витаминами. Вместе с тем, топинамбур обладает исключительно высокой холодоустойчивостью и морозостойкостью [6]. Данная культура также привлекательна и в экологическом плане, в связи с тем, что не нуждается в обработке ядохимикатами, т.к. не имеет характерных для нее вредителей и болезней, не самоугнетается и не накапливает после себя ингибиторов роста и токсинов.

Также доказанным является факт повышенного (в 3–5 раз по сравнению с картофелем и более чем в 10 раз по сравнению с зерном) содержания пектиновых веществ в топинамбуре. Их разрушение в процессе классического жесткого разваривания сырья может служить причиной образования в бражке сверхнормативного количества метанола. В тоже время клубни топинамбура плохо сохраняются, поэтому данный вид сырья рассматривается как дополнительный. Таким образом, проведение научно-исследовательских работ в направлении разработки технологии производства этанола из смешенного (инулин- и крахмалсодержащего) сырья несомненно является перспективным и актуальным.

В работах, посвященных агрономическим характеристикам сортов топинамбура, установлена зависимость накопления инулина в клубнях от сроков уборки, хранения, метеорологических условий года и специфических свойств сорта [7]. Клубни топинамбура, выращенные в различных регионах страны обладают разнообразным химическим составом, который в значительной степени определяет показатели спиртового суслу, зрелой бражки и в дальнейшем непосредственно выход этилового спирта.

Цель работы – изучение процесса сбраживания суслу из клубней топинамбура различного видового состава и зерна ржи, с целью установления наиболее перспективного сорта для спиртового производства.

Материалы и методы исследования. В качестве объектов исследования при проведении исследовательских работ использовали следующее растительное сырье и вспомогательные материалы:

- ♦ клубни топинамбура трех сортов, выращенных в различных регионах Республики Беларусь: клубни топинамбура сорта Находка, выращенные в Гродненской области (Слонимский район, домашнее хозяйство); клубни топинамбура сорта Топинсолнечник ЦБС, выращенные в Могилевской области (г. Могилев, домашнее хозяйство); клубни топинамбура сорта Десертный, выращенные в Могилевской области (Костюковичский район, домашнее хозяйство), образцы которых представлены на рис. 1.

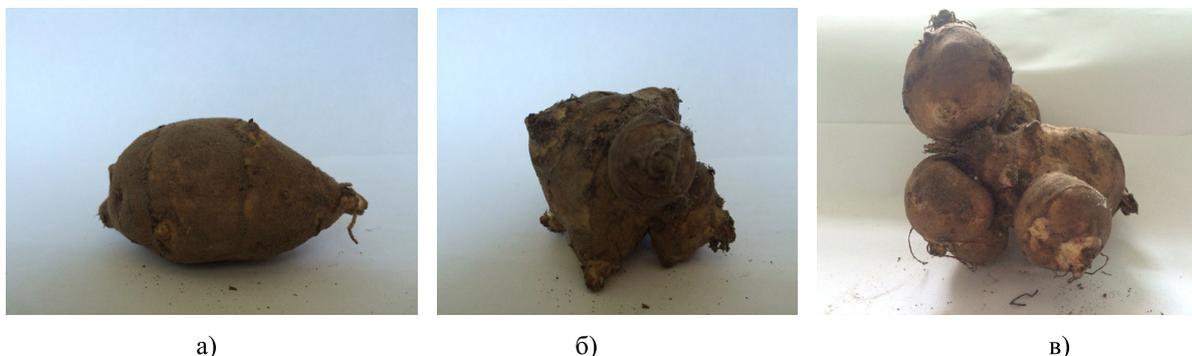


Рис. 1. Клубни топинамбура сортов: а) Находка, б) Топинсолнечник ЦБС, в) Десертный
Fig. 1. Tubers of Jerusalem artichoke varieties: a) Nakhodka, b) Topinsolnechnik TsBS, c) Desertny

- ♦ образец зерна ржи, как наиболее сложной с технологической точки зрения в переработке зерновой культуры. Усредненный образец был отобран из различных партий ржи, находящихся на хранении на складе филиала «Ивацевичский спиртзавод» ОАО «Брестский ликеро-водочный завод «Белалко»;
- ♦ ферментные препараты амилолитического (термостабильная α -амилаза Ликвафло, ГлюкоМакс) и целлюлолитического (ВискоМакс) спектра действия, традиционно используемые в технологии спиртового производства при проведении процессов механико-ферментативной обработки и осахаривания зернового сырья;
- ♦ ферментный препарат инулиназы, гидролизующий инулин и полифруктозиды, предоставленный ООО «ЭкоТехнологии» (препарат Новозим 960 (Novozym 960) компании NOVOZYMES A/S, Дания);
- ♦ спиртовые сухие дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* «Oenoferm C2» (Оеноферм C2) («ERBSLON Geisenheim AG», Германия), эффективность которых подтверждена при изучении процесса брожения на предыдущих этапах исследовательских работ. Данные дрожжи также хорошо зарекомендовали себя и широко используются предприятиями республики.

Исследование процесса брожения суслу из клубней топинамбура в смеси с рожью проводили методом постановки бродильных проб по [8].

Проведение данной работы, а также снятие показателей процесса, таких как редуцирующие вещества, активная кислотность, концентрация спирта в зрелой бражке осуществлялись согласно инструкции технохимического контроля спиртового производства [9, 10].

Активную кислотность (рН) в растворах субстратов и технологических средах, являющуюся показателем концентрации водородных ионов, определяли на рН-метре «НН 221» путем прямого измерения испытуемой пробы в течение 5 мин при температуре 20 °С.

Контроль за состоянием дрожжей осуществляли по количеству дрожжевых клеток в 1 см³ суслу (подсчет осуществляли в камере Горяева), а также по количеству мертвых и почкующихся клеток [9].

Определение концентрации спирта в зрелой бражке проводили дистилляционным способом. Крепость растворов этилового спирта устанавливали пикнометрическим и ареометрическим методом [10].

Результаты и их обсуждение.

Ранее [11] были изучены образцы клубней топинамбура по физико-химическим и микробиологическим показателям, в ходе которых было установлено, что они характеризуются полноценным биохимическим составом с преобладанием в клубнях углеводов, в первую очередь, инулина, сахарозы, фруктозы. При изучении микробиологических показателей патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы в анализируемых клубнях топинамбура не были обнаружены. Благодаря этому был сделан вывод о том, что клубни топинамбура данных сортов являются перспективным сырьевым источником при производстве этилового спирта и могут рассматриваться на дальнейших этапах работ.

Для создания технологических предпосылок по увеличению выхода этилового спирта из смешенного сырья были проведены исследования по сбраживанию образцов суслу из разных сортов клубней топинамбура и ржи, прошедших процесс водно-тепловой и ферментативной обработки.

Одним из важнейших процессов в технологии производства этилового спирта является сбраживание суслу, так как на данном этапе идет конечный ферментативный гидролиз полисахаридов различной молекулярной массы и образование спирта под действием ферментного комплекса дрожжей, а также происходит начальное формирование качественных показателей продукта. Подготовленное сусло, полученное из клубней топинамбура и зерна ржи, представляет собой сложную систему, в состав которой помимо легкосбраживаемых сахаров, таких как мальтоза, глюкоза, фруктоза, входят также и промежуточные продукты распада крахмала и инулина, неусваиваемые дрожжевыми клетками.

В процессе брожения зернового суслу происходят процессы превращения моносахаридов в спирт и расщепление декстринов. Сусло из топинамбура имеет свои специфические характеристики, так как в качестве основных сбраживаемых углеводов в нем содержатся фруктоза и фруктозаны разной молекулярной массы. Фруктозаны можно рассматривать как аналоги декстринов.

В технологии спиртового производства эффективность процесса сбраживания зависит от множества факторов, в том числе от физико-химического и микробиологического состояния исходного сырья, применяемых засевных дрожжей и их физиологического состояния, от химического состоя-

ния суслу, его концентрации, степени гидролиза, а также технологических параметров проведения процесса брожения. Качество клубней топинамбура и ржи, подготовка и состояние полученной засевной биомассы дрожжей, применяемые ферментные препараты определяют выход этанола из единицы перерабатываемого сырья, а также накопление в бражке побочных продуктов спиртового брожения [12].

Процесс сбраживания суслу из клубней топинамбура различных сортов и ржи был смоделирован в научно-исследовательской лаборатории отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию».

При подготовке замесов из смеси клубней топинамбура и зерна осуществляли раздельное приготовление кашки топинамбура изучаемых сортов трех видов и зернового замеса. Кашку из клубней топинамбура готовили по следующим режимам водно-тепловой и ферментативной обработки: продолжительность процесса 0,5 ч при температуре 55 °С и рН = 5,5–5,6 ед.; соотношение сырья и технологической воды 1 : 1,25. Перед внесением технологической воды клубни топинамбура измельчали до размера частиц не более 3 мм.

Подготовку зернового замеса осуществляли согласно следующим режимам механико-ферментативной обработки: продолжительность процесса 0,5 ч при температуре 55 °С и рН = 6,0–6,1 ед.; соотношение сырья и технологической воды 1 : 3,0. Степень помола зерна (проход через сито диаметром отверстий 1 мм) составляла 94–95 %.

Для гидролиза некрахмалистых полисахаридов использовали ферментный препарат ВискоМакс (дозировка – 0,17 дм³/т сухих веществ зерна), крахмала – ферментный препарат термостабильной α -амилазы Ликвафло (дозировка – 0,27 ед. АС/г условного крахмала).

Далее готовили три образца путем смешивания полученных кашек и зернового замеса в соотношении 30 : 70, т.к. на предыдущих этапах работ данное соотношение сырьевых компонентов установили наиболее оптимальным [13]. Температуру водно-тепловой и ферментативной обработки постепенно повышали до 80–83 °С, продолжительность процесса гидролиза составила 3 ч.

В подготовленное сусло из смеси клубней топинамбура и зернового сырья с рН = 5,0 вносили ферментный препарат глюкоамилазы ГлюкоМакс (дозировка – 8,0 ед. ГлС/г условного крахмала ржи) и ферментный препарат инулиназы Новозим 960 (Novozym 960) (дозировка – 0,27 ед./г сухих веществ топинамбура), а затем засевные дрожжи из расчета их начального содержания в сусле 20 млн. кл./см³ и проводили процесс брожения при температуре 30–34 °С в течение 3 сут.

Контроль процесса сбраживания суслу из инулин- и крахмалсодержащего сырья изучали по количеству выделяющегося при брожении углекислого газа.

Изучение динамики выделения диоксида углерода в процессе брожения проводили на сусле, находящемся в конических колбах вместимостью 500 см³, закрытых резиновой пробкой с гидрозатвором. При подготовке анализируемых образцов для оценки скорости спиртового брожения в подготовленное сусло вносили засевные дрожжи, после чего вставляли резиновую пробку с гидрозатвором и взвешивали на технических весах с точностью до 0,01 г. В процессе сбраживания проводили взвешивание данных колб. На рис. 2 приведена динамика выделения диоксида углерода в процессе брожения суслу из различных сортов топинамбура.

Во всех образцах количество выделившегося углекислого газа от момента возбуждения и до 24 ч ферментации находилось приблизительно на одном уровне, что свидетельствовало об энергичном развитии дрожжей. Отмечено превалирование выделенного диоксида углерода в образцах суслу из смешанных замесов с клубнями топинамбура сортов Топинсолнечник ЦБС и Десертный, причем по окончании брожения образец суслу из смеси клубней топинамбура Десертный и ржи достигал максимального результата – 13,1 г/200 см³ суслу, что подтверждает высокую метаболическую активность дрожжей в данном образце. Наименьшее количество выделившегося диоксида углерода отмечено в образце суслу из смеси клубней топинамбура Находка и ржи, что также объясняется более низким исходным углеводным потенциалом сбраживаемой среды и худшей ее подвижностью, замедляющей метаболизм дрожжей.

В процессе брожения суслу из смешанного сырья (топинамбур различных сортов и рожь) контролировали состояние дрожжей в период главного брожения (на 18 и 36 ч) путем подсчета количества дрожжевых клеток в камере Горяева. Результаты по накоплению дрожжевой биомассы приведены в табл. 1.

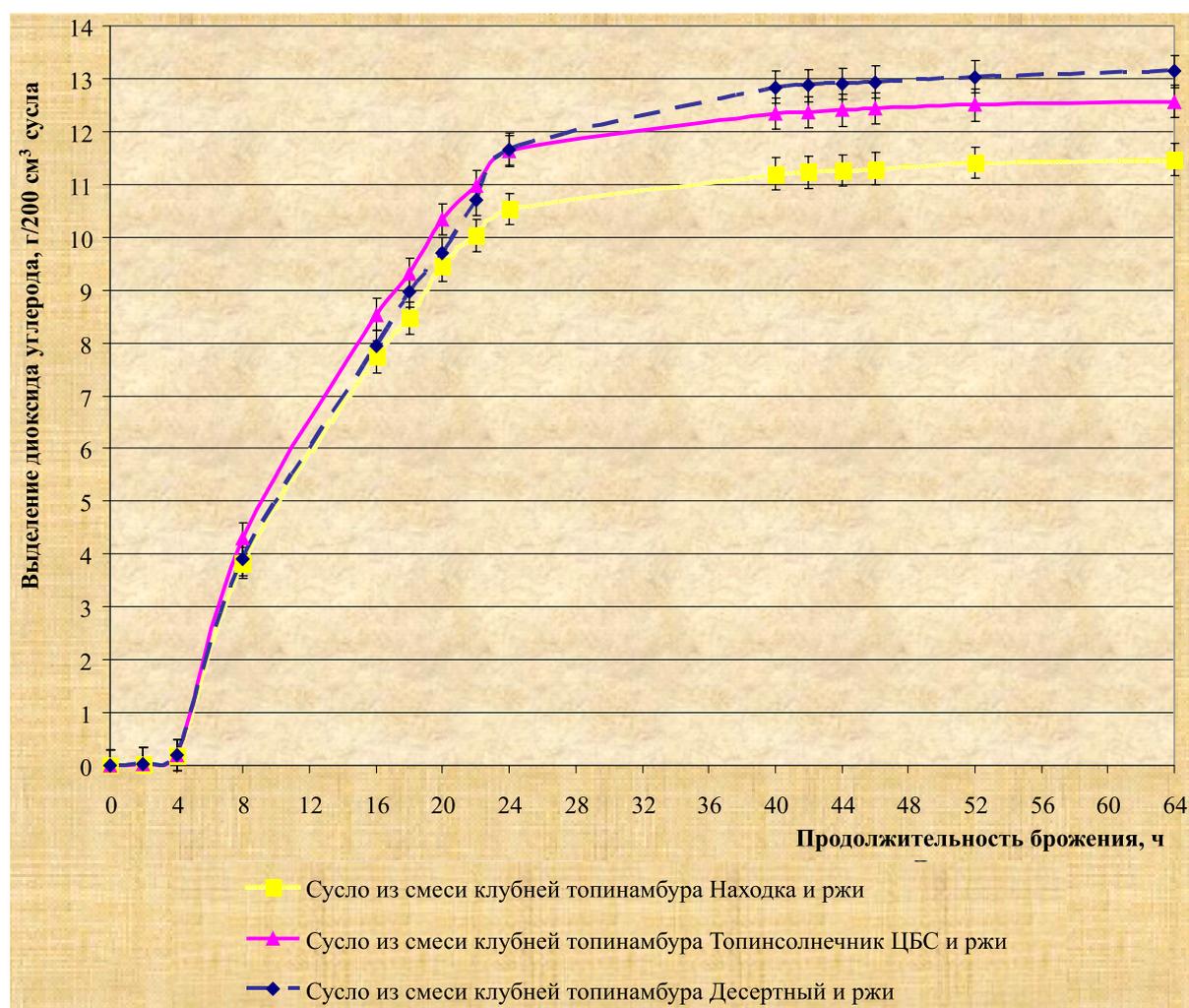


Рис. 2. Динамика выделения диоксида углерода в процессе брожения сусла из различных сортов топинамбура и ржи
 Fig. 2. Dynamics of carbon dioxide release during the fermentation of wort from various varieties of Jerusalem artichoke and rye

Таблица 1. Накопление дрожжевой биомассы на 18 и 36 часов брожения
 Table 1. Accumulation of yeast biomass at 18 and 36 hours of fermentation

Наименование образца	Накопление дрожжевой биомассы на 18 ч брожения		Накопление дрожжевой биомассы на 36 ч брожения	
	Количество дрожжевых клеток, млн. кл./см³	Количество почкующихся клеток, %	Количество дрожжевых клеток, млн. кл./см³	Количество почкующихся клеток, %
Сусло из смеси клубней топинамбура Находка и ржи	238 ± 8	50,5 ± 2,0	223 ± 5	26,9 ± 1,0
Сусло из смеси клубней топинамбура Топинсолнечник ЦБС и ржи	248 ± 10	38,7 ± 1,0	224 ± 7	39,5 ± 1,0
Сусло из смеси клубней топинамбура Десертный и ржи	195 ± 6	52,8 ± 3,0	198 ± 5	36,6 ± 1,0

Повышенная концентрация дрожжей в образцах сусла из смеси клубней топинамбура сортов Находка, Топинсолнечник ЦБС и ржи может быть обусловлена, в первую очередь, более низкой концентрацией сухих веществ исходного осахаренного сусла.

Концентрация почкующихся клеток экспериментальных образцов находилась в диапазоне от 38,7 % до 52,8 % на 18 ч брожения и от 26,9 % до 39,5 % на 36 ч брожения, что свидетельствовало о продолжающемся развитии и размножении дрожжей.

С целью сравнения глубины выбраживания экспериментальных образцов проанализированы показатели теххимического контроля зрелой бражки, представленные в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. Показатели зрелой бражки сусла из смешенного сырья и выход спирта
Table 2. Indicators of a mature mash wort from mixed raw materials and alcohol yield

Наименование образца	Показатели зрелой бражки сусла из различных сортов топинамбура и ржи			Выход спирта из тонны топинамбура, дал
	pH	PВ, %	Крепость зрелой бражки, об. %	
Сусло из смеси клубней топинамбура Находка и ржи	4,30 ± 0,05	0,20 ± 0,03	8,10 ± 0,01	5,30 ± 0,04
Сусло из смеси клубней топинамбура Топинсолнечник ЦБС и ржи	4,23 ± 0,05	0,25 ± 0,03	8,60 ± 0,01	6,34 ± 0,05
Сусло из смеси клубней топинамбура Десертный и ржи	4,11 ± 0,05	0,29 ± 0,02	9,30 ± 0,02	9,13 ± 0,05

Примечание: При расчете выхода спирта из клубней топинамбура при переработке смешенного сырья использовали ранее установленную крахмалистость зерна ржи – 54,9 % и плановый выход этилового спирта из 1 т условного крахмала ржи, утвержденный в Республике Беларусь и равный 65,5 дал.

По значениям pH, представленным в табл. 2, можно говорить о микробиологической чистоте спиртового брожения сусла во всех опытных образцах. pH зрелой бражки находится в нормируемых пределах для спиртового производства, а также приблизительно на одном уровне во всех образцах.

Анализ полученных данных показал, что в образце сусла из смеси клубней топинамбура сорта Десертный и ржи содержание этилового спирта в зрелой бражке наибольшее – 9,3 % об., что вполне согласуется с исходным химическим составом клубней. Также отмечено, что при получении этилового спирта из клубней топинамбура различных сортов в смеси с зерновым сырьем наибольший выход этилового спирта наблюдался при использовании клубней топинамбура сорта Десертный – 9,13 дал/т сырья, при переработке клубней топинамбура сорта Топинсолнечник ЦБС – 6,34 дал/т сырья и при использовании клубней топинамбура сорта Находка – 5,3 дал/т сырья.

Анализ данных по накоплению биомассы во время брожения, динамике выделения диоксида углерода, а также данных значений технологических показателей зрелой бражки и выхода спирта позволяет утверждать о целесообразности использования всех изучаемых сортов клубней топинамбура (Десертный, Топинсолнечник ЦБС, Находка). В тоже время следует отметить, что наиболее перспективной для спиртового (биоэтанольного) производства является переработка клубней топинамбура сорта Десертный в смеси с зерновым сырьем.

Список использованных источников

1. Воробьева, Г.И. Интенсификация производства спирта на основе применения композиционных биологических стимуляторов / Г.И. Воробьева, С.А. Глухих, Г.Н. Максимова, Л.В. Римарева // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2003. – № 2. – С. 14–15.
2. Лихтенберг, Л.А. Влияние технологических приемов на качество спирта / Л.А. Лихтенберг // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2001. – № 2. – С. 28–29.
3. Поляков, В.А. О научном обеспечении биотехнологии ферментных препаратов для перерабатывающих отраслей АПК/ В.А. Поляков, Л.В. Римарева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – № 8. – С. 106–111.
4. Поляков, В.А. / Теоретические и практические основы совершенствования технологии спирта // В.А. Поляков, Л.В. Римарева; Под ред. В.А.Полякова, Л.В. Римаревой. – М.: ВНИИПБТ. – 2008. – 264 с.

5. Вагабов, М-З. В. Применение ферментных препаратов с целью ускорения гидролиза инулина при производстве этилового спирта / М-З. В. Вагабов, З.М. Керимова, Т.В. Мальцева, О.С. Корнеева // Биотехнология. – 2005. – №1. С. 34–36.
6. Голубев, В.Н. Топинамбур – пищевой, биоэнергетический и экологосберегающий ресурс / В.Н. Голубев, Н.М. Пасько, И.В. Волкова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1994. – №5. – С. 41–45.
7. Багаутдинова, Р.И. Продуктивность и фракционный состав углеводного комплекса разных по скороспелости сортов топинамбура / Р.И. Багаутдинова, Г.П. Федосеева // Сельскохозяйственная биология. – 2000. – №1. – С. 55–63.
8. Слюсаренко, Т.П. Лабораторный практикум по микробиологии пищевых производств / Т.П. Слюсаренко. – М.: Легкая и пищевая промышленность. – 1984. – 207 с.
9. Польшалина, Г.В. Технохимический контроль спиртового и ликеро-водочного производства / Г.В. Польшалина. – М.: Колос. – 1999. – 334 с.
10. Рухляева, А.П. Технохимический контроль спиртового производства / А.П. Рухляева. – М.: Пищевая промышленность. – 1974. – 355 с.
11. Пусовская, Ю.С. Изучение физико-химических и микробиологических показателей качества клубней топинамбура / Ю.С. Пусовская, Е.М. Моргунова, А.А. Пушкарь // Инновационные технологии в пищевой промышленности : материалы XV Международной научно-практической конференции, 4-5 октября 2018. – С. 25–37.
12. Оганесянц, Л.А. Разработка технологии спиртных напитков на основе дистиллята из топинамбура / Л.А. Оганесянц, В.А. Песчанская, Л.Н. Крикунова // Пиво и напитки. – 2017. – №1. – С. 26–29.
13. Пусовская, Ю.С. Совместное использование клубней топинамбура и зерна для получения биоэтанола / Ю.С. Пусовская, Е.М. Моргунова, А.А. Пушкарь // Инновационные технологии в пищевой промышленности: материалы XV Международной научно-практической конференции, 5–6 октября 2016. – С. 43–45.

References

1. Vorobyova, G.I. Intensification of alcohol production based on the use of composite biological stimulants / G.I. Vorobyova, S.A. Deaf, G.N. Maximov, L.V. Rimareva // Production of alcohol and alcoholic beverages. – 2003. – №2. – P. 14–15 (in Russian).
2. Lichtenberg, LA The influence of technological methods on the quality of alcohol / L.A. Lichtenberg // Production of alcohol and alcoholic beverages. – 2001. – №2. – P. 28–29 (in Russian).
3. Polyakov, V.A. On the scientific support of biotechnology of enzyme preparations for the processing industries of the agroindustrial complex / V.A. Polyakov, L.V. Rimareva // Storage and processing of agricultural products. – 2003. – №8. – P. 106–111 (in Russian).
4. Polyakov, V.A. / Theoretical and practical bases of improving the technology of alcohol // V.A. Polyakov, L.V. Rimarev; Ed. V.A. Polyakova, L.V. Rimareva. – М.: VNIIPBT. – 2008. – 264 p. (in Russian).
5. Vagabov, M-3. V. The use of enzyme preparations in order to accelerate the hydrolysis of inulin in the production of ethyl alcohol / M-3. V. Vagabov, Z.M. Kerimova, T.V. Maltsev, O.S. Korneev // Biotechnology. – 2005. – №1. P. 34–36 (in Russian).
6. Golubev, V.N. Jerusalem artichoke – food, bioenergy and environmental resource / V.N. Golubev, N.M. Pasko, I.V. Volkova // Storage and processing of agricultural products. – 1994. – №5. – P. 41–45 (in Russian).
7. Bagautdinova, R.I. Productivity and fractional composition of the carbohydrate complex of varieties of Jerusalem artichoke of different precocity / R.I. Bagautdinova, G.P. Fedoseeva // Agricultural Biology. – 2000. – №1. – P. 55–63 (in Russian).
8. Slyusarenko, T.P. Laboratory Workshop on the Microbiology of Food Production / T.P. Slyusarenko. – М.: Light and food industry. – 1984. – 207 p. (in Russian).
9. Polygalin, G.V. Techno-chemical control of alcohol and distillery production / G.V. Polygalin. – М.: Kolos. – 1999. – 334 p. (in Russian).

10. Rukhlyadeva, A.P. Technochemical control of alcohol production / A.P. Rukhlyadeva. – M. : Food industry. – 1974. – 355 p. (in Russian).
11. Pusovskaya, Yu.S. Study of physico-chemical and microbiological indicators of the quality of Jerusalem artichoke tubers / Yu.S. Pusovskaya, E.M. Morgunova, A.A. Pushkar // Innovative Technologies in the Food Industry: Proceedings of the XV International Scientific Practical Conference, October 4–5, 2018. – P. 25–37 (in Russian).
12. Oganesyants, L.A. Development of technology of alcoholic beverages based on distillate from Jerusalem artichoke / L.A. Oganesyants, V.A. Peschanskaya, L.N. Krikunova // Beer and drinks. – 2017. – № 1. – P. 26–29 (in Russian).
13. Pusovskaya, Yu.S. Sharing of Jerusalem artichoke tubers and grain for bioethanol production / Yu.S. Pusovskaya, E.M. Morgunova, A.A. Pushkar // Innovative Technologies in the Food Industry: Proceedings of the XV International Scientific Practical Conference, October 5–6, 2016. – P. 43–45 (in Russian).

Информация об авторах

Моргунова Елена Михайловна – кандидат технических наук, заместитель генерального директора по стандартизации и качеству продуктов питания РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: info@belproduct.com

Пусовская Юлия Сергеевна – младший научный сотрудник отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: vodka@belproduct.com

Пушкар Александр Александрович – кандидат технических наук, начальник отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: vodka@belproduct.com

Information about authors

Morgunova Elena M. – Candidate of Technical Sciences, Deputy General Director for Standardization and Food Quality of the Republican Unitary Enterprise «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Food» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com

Pusovskay Yuliya S. – Junior Researcher, Department of Technologies for Alcohol and Soft Drinks of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vodka@belproduct.com

Pushkar Alexandr A. – Candidate of Technical Sciences, Head of Alcohol and Non-alcohol Technology of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vodka@belproduct.com