

S. E. Tamashevich, A. O. Shkolina

### **PERSPECTIVES OF USE OF DOMESTIC FRUIT AND VEGETABLE HALF-FINISHED PRODUCTS IN TECHNOLOGY OF THE ZEPHYR WITH INCREASED FOOD VALUE**

In the article cited dates about elaboration of technology and recipes of zephyr on the basis of agar with increased food value due to effective usage of vegetable and fruit (berry) raw materials — puree from carrot, pumpkin, strawberry and blueberries.

Keywords: zephyr, consumer preferences, food values, carrot puree, pumpkin puree, blueberries puree, strawberry puree, structural formation, staling, recipe.

УДК 663.52

*Статья посвящена новому перспективному направлению развития спиртовой отрасли Республики Беларусь: производству этилового спирта из нетрадиционного растительного сырья — топинамбура. Описано влияние дозировки ферментного препарата инулиназы на динамику процесса сбраживания сусла и на выход биоэтанола из клубней топинамбура.*

*Ключевые слова: топинамбур, инулиназа, биосинтез этанола, сбраживание сусла, дозировка ферментного препарата, накопление биомассы.*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНУЛИНАЗЫ В ТЕХНОЛОГИИ БИОСИНТЕЗА ЭТАНОЛА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ КЛУБНЕЙ ТОПИНАМБУРА**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*Ю. С. Пузовская, аспирант отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции;*

*Е. М. Моргунова, кандидат технических наук, доцент, заместитель генерального директора по стандартизации и качеству пищевых продуктов;*

*А. А. Пушкарь, кандидат технических наук, и.о. начальника отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции*

Производство топливного биоэтанола в Республике Беларусь является перспективным инновационным направлением, способствующим улучшению экологической обстановки крупных городов, сохранению природных ресурсов за счет переработки возобновляемого растительного сырья. Особый научный интерес вызывают возможности переработки на биоэтанол нетрадиционных видов сырья, таких как: сорго, топинамбур, свекла и др. [1].

К наиболее перспективным культурам с позиции спиртового производства, представляющим большой практический интерес, относится топинамбур. Топинамбур — инулинсодержащее сырье, являющееся, по мнению специалистов, одним из самых дешевых видов для спиртовой отрасли [2]. Он не нуждается в обработке пестицидами, т.к. устойчив ко многим болезням и вредителям, вследствие чего дает полноценную экологически безопасную пищевую и кормовую продукцию.

Топинамбур привлекает внимание исследователей не только своей продуктивностью, но и уникальным химическим составом [3]. Широкий интерес, возникший к производству этилового спирта из топинамбура, объясняется его химическим составом, т.к. клубни топинамбура являются хорошим источником сбраживаемых сахаров.

Определяющими для химического состава клубней топинамбура являются множество факторов: почвенно-климатические условия, технология возделывания, условия выращивания,

сорт топинамбура и т.п. В зависимости от вышеперечисленных факторов выход этилового спирта может варьировать в различном диапазоне.

В научных публикациях ряда исследователей показана целесообразность использования топинамбура для производства этанола. Количество спирта, получаемое из данного нетрадиционного для отрасли вида сырья, в 1,5-3,7 раза выше, чем при переработке картофеля и пшеницы в пересчете на 1 га. Выход спирта из клубней топинамбура находится в пределах 8-9 дал/т [4].

Клубни топинамбура содержат около 25 % сухих веществ, основную массу которых составляют углеводы. Преимущественно это фруктозаны, т.е. полимеры фруктозы. Среди них наиболее ценится инулин – резервный полисахарид топинамбура. Содержание инулина в клубнях достигает 80 % сухих веществ. Также важными с технологической точки зрения являются показатели содержания общего пектина, протопектина, клетчатки, которые существенно меняются в зависимости от сорта [5].

В работах, посвященных характеристике сортов топинамбура, установлена зависимость накопления инулина в клубнях от сроков уборки, хранения, метеорологических условий года и специфических свойств сорта [6]. Определено, что образцы раннеспелых сортов содержат на 5-10 % больше низкомолекулярных сахаров, чем клубни средне- и позднеспелых сортов. После трех месяцев хранения масса снижается примерно на 9 %. Дальнейшее хранение сопровождается увеличением количества загнивших клубней (до 37,3 %) и возрастанием потерь. Хранение топинамбура весеннего урожая при низких температурах и модифицированной газовой среде улучшает качественный состав углеводного комплекса [7, 8].

Важным технологическим аспектом, определяющим эффективность и рентабельность процесса производства спирта, является установление оптимальных технологических параметров проведения процесса водно-тепловой обработки сырья и сбраживания. При этом базовыми технологическими факторами являются как гидромодуль (сырья и воды), активная кислотность технологической среды, так и температура, время водно-тепловой и ферментативной обработки инулинсодержащего сырья, количество вносимых дрожжей, время сбраживания, применяемые ферментные препараты на стадии брожения, гидролизующие инулин.

Целью проведенной нами работы являлось проведение исследований по влиянию внесения ферментного препарата инулиназы на динамику процесса сбраживания суслу из клубней топинамбура.

На первом этапе исследований готовили кашку из клубней топинамбура по следующим режимам водно-тепловой и ферментативной обработки: продолжительность процесса 2,5-3,0 часа при температуре 55 °С и рН = 5,5-5,6 ед. (рН кашки корректировалась путем внесения серной кислоты); гидромодуль сырья и технологической воды 1:1,25. Перед внесением технологической воды клубни топинамбура измельчали до размера частиц не более 3 мм. Содержание сухих веществ в сусле достигало 11,5 %. Выше обозначенные режимы были установлены и выбраны как наиболее оптимальные по результатам проведенных исследований по заданию 2.11 «Разработать технологию и технологическое оборудование безотходной переработки клубней топинамбура на оксигенаты (биоэтанол, бутанол) и сухие корма», выполненных в рамках программы Союзного государства «Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура».

Затем готовили пять образцов с различными дозировками внесения инулиназы. В качестве источника инулиназы применяли ферментный препарат Новозим 960 (Novozym 960). Активность данного фермента была установлена ранее при проведении научно-исследовательских работ по гранту НАН Беларуси «Исследование влияния разнообразного видового состава клубней топинамбура и приемов их обработки на выход этилового спирта» и составила  $1325 \pm 25$  ед./см<sup>3</sup>. Полученное дрожжевое сусло охлаждали и засеивали спиртовыми сухими дрожжами Оеноферм С2 из расчета их начального содержания в сусле 15 млн. кл./см<sup>3</sup>, после чего образцы сбраживали при температуре 30-35 °С. Дозировку инулиназы варьировали от 0 до 0,3 л/т СВ топинамбура (от 0 до 0,40 ед./г СВ топинамбура). В качестве контроля использовали образец клубней топинамбура без внесения данного ферментного препарата.

Для анализа протекания процесса брожения суслу из топинамбура с внесением различной дозировки инулиназы исследовали динамику выделения диоксида углерода (рис. 1).

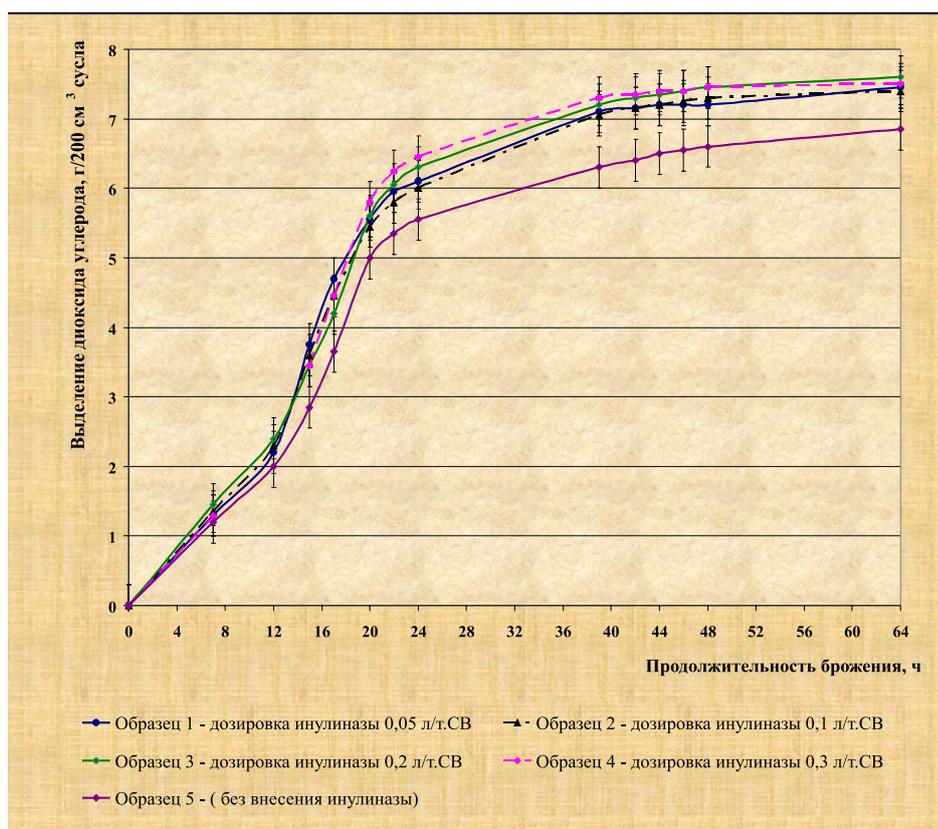


Рис. 1. Динамика выделения диоксида углерода в процессе брожения сусла в зависимости от дозировки инулиназы

Из данных, представленных на рис. 1, следует, что введение инулиназы обеспечивает интенсификацию процесса брожения. Наибольшее количество выделившегося диоксида углерода отмечено при дозировке инулиназы в количестве 0,1-0,3 л/т СВ топинамбура (0,13-0,40 ед./г СВ топинамбура), причем разница в значениях незначительна. Процесс брожения в образцах с инулиназой к 40-48 часам ферментации переходил в стационарную фазу и практически завершался. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют, что применение инулиназы положительно влияет на динамику процесса сбраживания сусла из клубней топинамбура.

Дополнительно в процессе сбраживания сусла из клубней топинамбура оценивали уровень накопления биомассы дрожжевых клеток во время главного брожения на 24 и 36 часов (рис. 2). Прирост биомассы контролировали с помощью камеры Горяева.

Из данных, представленных на рис. 2, следует, что опытные образцы (3 и 4), с дозировкой инулиназы 0,2 и 0,3 л/т СВ топинамбура (0,27 и 0,40 ед./г СВ топинамбура, соответственно), отличаются наибольшим увеличением дрожжевой биомассы. Так, через 24 часа брожения количество дрожжевых клеток по сравнению с контрольным образцом (без инулиназы) увеличилось на 16-25 %. При этом увеличение дозировки ферментного препарата инулиназы с 0,2 до 0,3 л/т СВ топинамбура несколько подавляет развитие дрожжевых клеток. Аналогичные закономерности отмечены и через 36 часа брожения, при этом наилучший результат роста дрожжей зафиксирован в образце 3 (дозировка инулиназы 0,2 л/т СВ топинамбура или 0,27 ед./г СВ топинамбура). Уровень накопления дрожжевой биомассы в данном образце составил 131 млн. кл./см<sup>3</sup>.

Также на данном этапе работ контролировались физико-химические показатели бражки из топинамбура при внесении различной дозировки инулиназы, которые приведены в табл. 1.

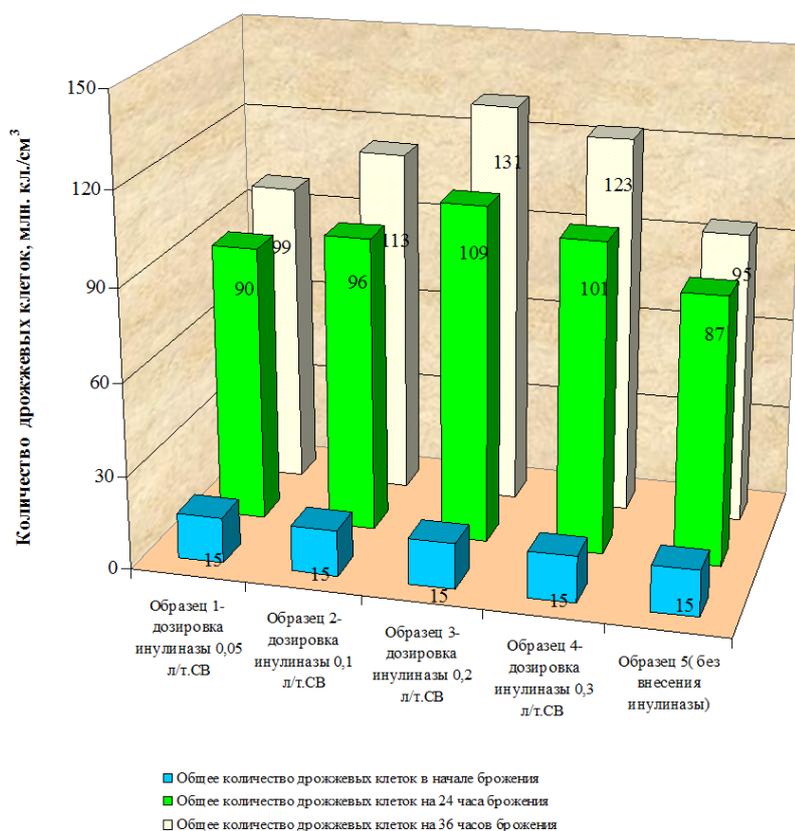


Рис. 2. Уровень накопления дрожжевых клеток на 24 и 36 часов брожения суслу из клубней топинамбура

Таблица 1. Физико-химические показатели бражки из топинамбура при внесении инулиназы с различной дозировкой

Наименование образца	Продолжительность брожения, ч										Несброженные углеводы на 64 ч, г/100 см³		
	16		20		24		40		48			64	
	pH	спирт, % об.	pH	спирт, % об.	pH	спирт, % об.	pH	спирт, % об.	pH	спирт, % об.		pH	спирт, % об.
Образец 1 - дозировка инулиназы 0,05 л/т СВ	4,77	3,7	4,46	4,2	4,37	4,5	4,35	5,2	4,20	5,3	4,26	5,3	0,31
Образец 2 - дозировка инулиназы 0,1 л/т СВ	4,62	3,7	4,34	4,5	4,37	4,6	4,34	5,4	4,24	5,4	4,24	5,5	0,24
Образец 3 - дозировка инулиназы 0,2 л/т СВ	4,83	3,7	4,42	4,6	4,32	4,7	4,34	5,5	4,27	5,5	4,50	5,6	0,10
Образец 4 - дозировка инулиназы 0,3 л/т СВ	4,68	3,8	4,58	4,3	4,35	4,40	4,22	5,3	4,12	5,3	4,30	5,6	0,11
Образец 5 – (без инулиназы)	4,60	3,86	4,50	4,3	4,51	4,4	4,49	5,0	4,45	5,2	4,1	5,2	0,35

Контроль физико-химических показателей зрелой бражки из клубней топинамбура при внесении различной дозировки инулиназы, исходя их данных представленных табл. 1, позволяет сделать вывод о том, что наибольшее накопление этилового спирта (5,5-5,6 % об.) в процессе брожения достигнуто при дозировке инулиназы в количестве 0,1-0,3 л/т СВ топинамбура (0,13-0,40 ед./г СВ топинамбура) в образцах 2, 3, 4. Содержание несброженных углеводов коррелировало с концентрацией этилового спирта и достигало минимальных значений 0,10-0,24 г/100 см<sup>3</sup> в образцах 2, 3, 4.

Таким образом, в ходе проведенных исследований изучен один из основных факторов, влияющих на динамику процесса сбраживания суслу и соответственно на выход биоэтанола из клубней топинамбура – дозировка ферментного препарата инулиназы. Обобщая данные по накоплению биомассы во время брожения и динамике выделения диоксида углерода, а также данные технологических показателей зрелой бражки, можно констатировать, что доза фермента инулиназы достаточна в пределах 0,1-0,2 л/т СВ топинамбура (0,13-0,27 ед./г СВ топинамбура). Увеличение дозировки до 0,3 л/т СВ топинамбура (0,40 ед./г СВ топинамбура) не приводит к существенному изменению глубины выбраживания инулинсодержащего суслу.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Поляков, В. А.* Биотехнологические аспекты переработки растительного сырья на топливный биоэтанол / В. А. Поляков Л.В. Римарева // Теоретические и практические основы совершенствования технологии спирта: сб. науч. трудов / ВНИИПБТ, редкол.: В. А. Поляков, Л. В. Римарева. – М.: ВНИИПБТ, 2008. – С. 244-249.
2. *Зеленков В. Н.* Многоликий топинамбур в прошлом и настоящем / В.Н. Зеленков, С.С. Шаин. – Новосибирск, 2000. – 241с.
3. *Шаин С. С.* Топинамбур: новый путь к здоровью и красоте. – М.: Фитон+, 2000. – 128 с.
4. *Зимин В. С.* Экономическая эффективность механизации возделывания и переработки топинамбура: Автореф. дис. канд. экон. наук. – М., 1997. – 19 с.
5. *Кохана, Б. М.* Биохимия топинамбура / Б.М. Кохана, Б.В. Арасимович. – Кишинев, 1974. – 88 с.
6. *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.
7. *Федорченко, Л. А.* Метод определения фракционного состава углеводного комплекса инулинсодержащего сырья / Л.А. Федорченко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1999. – №12. – С. 24–26.
8. *Голубев, В. Н.* Топинамбур, состав, свойства, способы переработки, области применения / В. Н. Голубев, Н. В. Волкова, Х. М. Кушалаков. – М., 1995. – 82 с.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 06.06.2017*

**J. S. Pusovskaya, E. M. Morgunova, A. A. Pushkar**

### PROSPECTS OF APPLICATION OF INULINASE IN THE TECHNOLOGY OF BIOSYNTHESIS OF ETHANOL IN THE PROCESSING OF TOPINAMBUR TUBERS

This article is sanctified to the perspective method of development of a spirit industry of Republic of Belarus: application in the biosynthesis of ethyl spirit of unconventional digister – topinambour. The dosage of enzyme preparation inulinase affects the dynamics of the process of fermentation and the yield of bioethanol from topinambur tubers, respectively.

Keywords: topinambur, inulinase, ethanol biosynthesis, fermentation of wort, dosage of enzyme preparation, accumulation of biomass.