

*ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ФРУКТОЗО-ГЛЮКОЗНОГО СИРОПА ИЗ
КЛУБНЕЙ ТОПИНАМБУРА*

**М.Н. НАЗАРЕНКО, Р.А. ДРОЗДОВ, Т.В. БАРХАТОВА, М.А. КОЖУХОВА,
И.А. ХРИПКО, А.М. МАРЕНИЧ**

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;
электронная почта: nazarenko.krd@gmail.com, roman.droz dov.15@yandex.ru*

В статье рассмотрены вопросы получения фруктозо-глюкозного сиропа (ФГС) из клубней топинамбура и применения его при производстве пробиотических кисломолочных напитков в качестве полифункционального ингредиента. Приведены оптимальные параметры ферментативного гидролиза олигофруктозидов топинамбура и обоснована целесообразность применения полученного по предложенной технологии ФГС при производстве пробиотического кисломолочного напитка. Установлено, что внесение ФГС в количестве 7% и закваски «Бифилакт-ПЛЮС» в количестве 5% к молочной смеси обеспечивает высокую скорость кислотообразования, сокращение продолжительности сквашивания и формирование оригинальных вкусовых качеств конечного продукта.

Ключевые слова: фруктозо-глюкозный сироп, ферментативный гидролиз, топинамбур, кисломолочный напиток, пробиотическая закваска.

Рост заболеваемости сахарным диабетом диктует необходимость поиска заменителей сахара, способных усваиваться без участия инсулина. Одним из таких заменителей, обладающих функциональными свойствами, является фруктозо-глюкозный сироп (ФГС). Благодаря широкому спектру технологических и функциональных свойств ФГС получил широкое распространение в промышленно развитых странах [1].

ФГС используют в производстве напитков, мороженого, йогуртов, мучных кондитерских изделий. Он является не только полноценным заменителем сахара, но и имеет перед ним ряд преимуществ - более низкую стоимость (на 10 - 40 %), быстрее усваивается организмом, его применение позволяет снизить на 1/3 калорийность разнообразных кремов и начинок для кондитерских изделий [2,3].

ФГС более технологичен по сравнению с обычным сахаром, т.к. не требует проведения операций просеивания, магнитной сепарации, легко перекачивается, дозируется, растворяется, не вызывает засахаривания

продуктов. Он широко признан на мировом рынке, т.к. по своим свойствам (сладость, пищевая ценность и др.) он конкурирует со свекловичным и тростниковым сахаром[4].

Анализ состояния рынка показывает, что сфера использования ФГС расширяется и возникает необходимость в замене импорта отечественными аналогами. Перспективность организации производства ФГС подтверждается активным потребительским спросом на продукты питания функционального и диетического назначения.

В настоящее время ФГС получают тремя способами: 1) гидролизом сахарозы и инулина; 2) изомеризацией глюкозы; 3) трехстадийным ферментативным путем из крахмала [5,6].

К недостаткам известных способов можно отнести нерациональные материальные и энергетические затраты на стадии гидролиза углеводного комплекса с использованием кислот, необходимость их нейтрализации на последующих стадиях технологического процесса, образование нежелательных побочных продуктов.

На кафедре технологии продуктов питания животного происхождения КубГТУ разработана технология получения ФГС как часть гибкого комплекса по переработке клубней топинамбура. Экстракт топинамбура, содержащий инулин с различной молекулярной массой, вначале фракционируют методом ультра - и нанофильтрации. Затем фракцию, содержащую олигофруктозиды, подвергают ферментативному гидролизу препаратом инвертазы (Биобар К-1). Проведенные исследования позволили определить оптимальные параметры процесса гидролиза: температура – 52,5 °С; рН среды – 4 - 4,5; концентрация субстрата 23 %, фермента – 0,04-0,05 %, продолжительность ферментации – 4,5 часа[1,7,8].

Качественный и количественный состав ФГС, полученный по предложенной технологии, определяли методом капиллярного электрофореза. Установлено, что ФГС содержит свободную фруктозу и глюкозу в соотношении (%) 82:18 и небольшое количество аминокислот, среди которых

преобладают пролин, гистидин, метионин, треонин и аланин. Наличие аминокислот в данном случае не ухудшает качество продукта, но повышает его биологическую ценность.

Перспективной областью применения ФГС является производство напитков, в том числе на молочной основе. Особую ценность представляют напитки, сквашенные пробиотическими микроорганизмами, так как они нормализуют кишечную микрофлору, способствуют профилактике сахарного диабета, улучшают усвояемость минеральных веществ, повышают иммунитет.

В связи с этим, целью нашей работы являлось обоснование технологии пробиотического кисломолочного напитка с ФГС, полученного из клубней топинамбура.

Для проведения исследований использовали ФГС, полученный по описанной выше технологии с массовой долей сухих веществ 70% (по рефрактометру).

Оптимальную концентрацию ФГС в составе кисломолочного напитка определяли с помощью органолептического анализа образцов, подготовленных путем смешивания кисломолочной основы с ФГС в разных соотношениях. В результате установили, что наиболее высокие дегустационные оценки обеспечивает внесение в молоко ФГС в концентрации 7%.

Для изучения динамики сквашивания опытных образцов напитков использовали пробиотические закваски: «Бифилакт-ПРО», содержащую *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Streptococcus thermophilus*, *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii*, *Bifidobacterium bifidum* (и/или *B. longum*, и/или *B. adolescentis*), и «Бифилакт-ПЛЮС», в состав которой входят *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus plantarum* и/или *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium bifidum* (и/или *B. longum*, и/или *B. adolescentis*) [9]. Согласно инструкции производителя закваски активизировали в обезжиренном молоке, затем вносили в количестве 5% в нормализованную пастеризованную смесь, содержащую молоко и ФГС в

соотношении 93:7. В качестве контроля использовали молоко без добавок и смесь молока с сахарным сиропом (70 %) в том же соотношении. Опытные и контрольные образцы пастеризовали 10 минут при температуре $85\pm 2^\circ\text{C}$, охлаждали и сквашивали при температуре 37°C в течение 9 часов. Через каждые 3 часа определяли титруемую кислотность стандартным методом и выражали в градусах Тернера ($^\circ\text{T}$). Результаты представлены на рисунках 1-2.

Из данных, представленных на рисунках 1 и 2, видно, что кислотность образцов, обогащенных ФГС, по истечении 9-ти часов от начала сквашивания значительно выше, чем в контрольных.

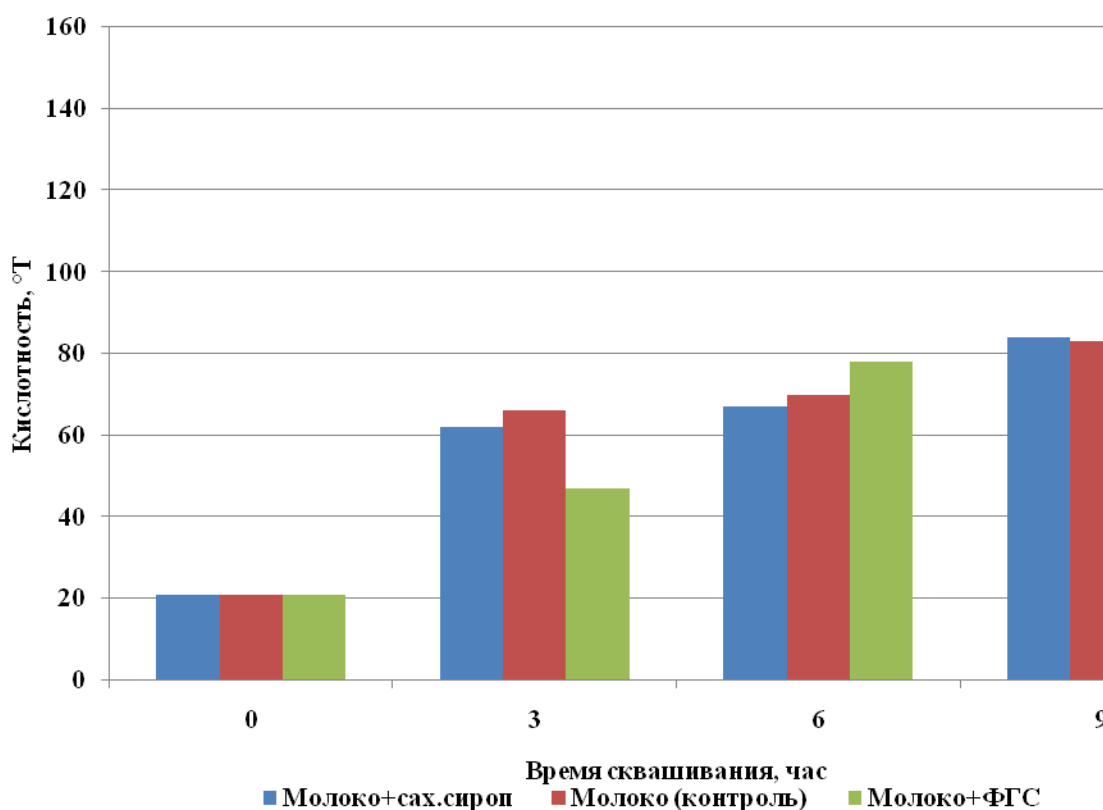


Рисунок 1 – Динамика сквашивания образцов закваской «Бифилакт-ПРО»

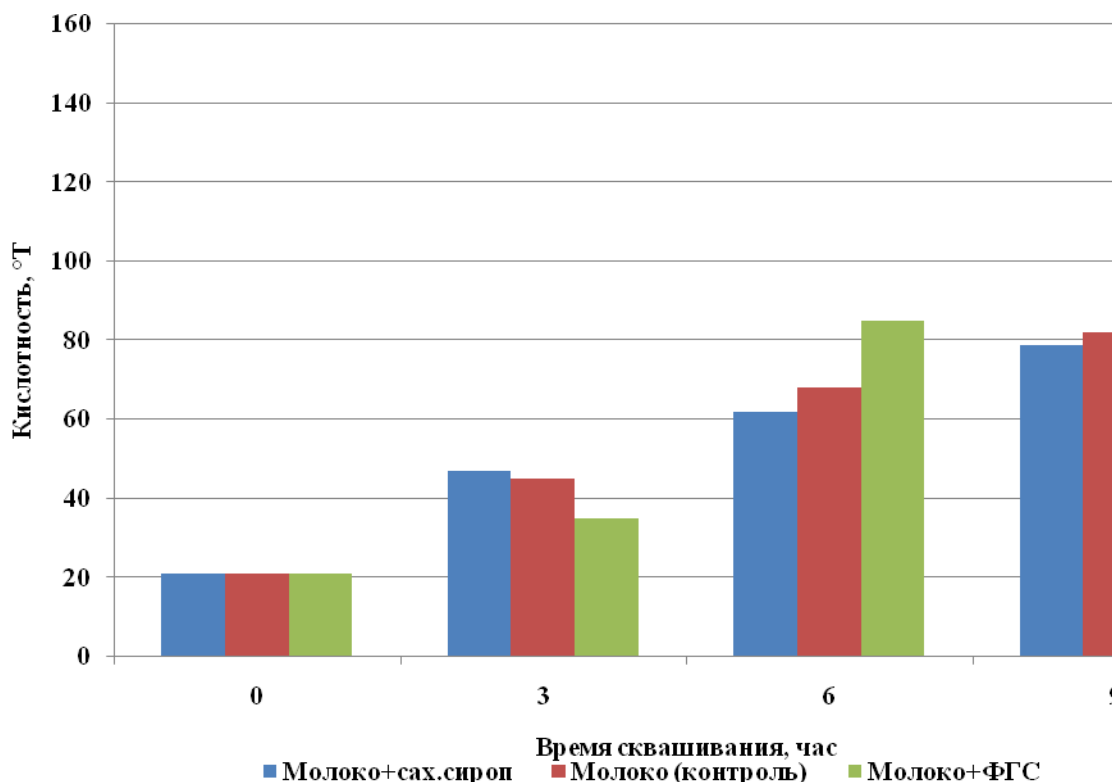


Рисунок 2 – Динамика сквашивания образцов закваской «Бифилакт-ПЛЮС»

Эти объясняется присутствием в них более доступных для микроорганизмов сахаров – фруктозы и глюкозы, а также наличием фруктоолигосахаридов, обладающих бифидогенными свойствами. Скорость нарастания кислотности была выше в образцах, сквашенных закваской «Бифилакт-ПЛЮС», что можно объяснить специфичностью пребиотических веществ в отношении определенных видов микроорганизмов.

Время, за которое продукт накапливает необходимую кислотность, имеет важное значение в формировании качественных характеристик готового продукта. Кроме того, сокращение технологического процесса позитивно сказывается на экономической эффективности производства.

Анализ экспериментальных данных позволяет сделать вывод, что внесение в молочную основу ФГС при использовании заквасок «Бифилакт-ПЛЮС» и «Бифилакт-ПРО» положительно сказывается на скорости сквашивания. Вследствие более активного нарастания кислотности предпочтение следует отдать закваске «Бифилакт-ПЛЮС», а процесс

сбраживания целесообразно ограничить шестью часами.

Таким образом, в результате выполненных исследований установлено, что ФГС, полученный из клубней топинамбура, обладает рядом функциональных свойств, которые позволяют использовать его при производстве кисломолочных напитков не только в качестве сахарозаменителя, но и для увеличения скорости кислотообразования, сокращения продолжительности сбраживания и формирования оригинальных вкусовых качеств конечного продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назаренко М.Н. Исследование процесса ферментации инулина при производстве фруктозо-глюкозного сиропа / М.Н. Назаренко, Т.В. Бархатова, М.А. Кожухова, Р.А. Дроздов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №04(098). – IDA [article ID]: 0981404057. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/04/pdf/47.pdf>, 0,813 у.п.л.

2. Пат. 2209835 Российская Федерация, МПК Способ получения фруктозо глюкозного сиропа из инулинсодержащего сырья /В. Д. Артемьев, В.В. Манешин. Ю. П. Васильева.

3. Шереметова С. Г. Исследование динамики изменения антиоксидантной активности и цветности кефира с добавкой из фруктозо-глюкозного сиропа / В. В. Хрипушин, Е. В. Комарова, К. К. Полянский, С. Г. Шереметова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. – № 9. – С. 39-41.

4. Джаникулова У.Б. Биотехнологический способ получения фруктозно-глюкозного сиропа из клубней топинамбура / У.Б. Джаникулова, Х.Т. Саломов, Ш.Ш. Саломов, З.Р. Ахмедова // Хранение и переработка сельхозсырья, 2006, №11. I С. 50-52.

5. Подпоринова Г.К. Подсластители и сахарозаменители: технология получения стевии гликозидов /Г. К. Подпоринова, Н.Д. Верзилина, К.К. Полянский.- Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2006. - 155 с.

6. Zittan L. Enzymatic hydrolysis of inulin - an alternative way to fructose production / L. Zittan // Die Starche. - 1981. - Vol. 33, № 11. – P. 373-377

7. Назаренко М.Н. Интенсификация экстрагирования инулина из клубней топинамбура с применением вибрационного воздействия / М.Н. Назаренко, Т.В. Бархатова, М.А. Кожухова, И.А. Хрипко, Е.В. Бурлакова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №10(094). – IDA [article

ID]: 0941310018. – Режим доступа:<http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/18.pdf>, 0,625 у.п.л.

8. Ковалева Т.А. Активность иммобилизованной инулиназы при непрерывном гидролизе экстракта топинамбура (*Helianthus tuberosus*) / Т.А. Ковалева, М.Г. Холявка // Вестник ВГУ, Серия: химия, биология, фармация, 2008, № 2. – С. 104-107.

9. Макшеев А.А. Разработка технологии десертного биопродукта для функционального питания: дис. канд. техн. наук : 05.18.04 / Макшеев Андрей Александрович. – Омск, 2011. - 141 с.

REFERENCES

1. Nazarenko M.N. Issledovanie protsessa fermentatsii inulina pri proizvodstve fruktozo-glyukoznogosiropa / M.N. Nazarenko, T.V. Barkhatova, M.A. Kozhukhova, R.A. Drozdov // Politematicheskiiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyy zhurnal KubGAU) [Elektronnyy resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №04(098). – IDA [articleID]: 0981404057. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/04/pdf/47.pdf>, 0,813 u.p.l.

2. Pat. 2209835 Rossiyskaya Federatsiya, MPK Sposob polucheniya fruktozo-glyukoznogosiropa iz inulinsoderzhashchegosyr'ya / V. D. Artem'yen, V.V. Maneshin. Yu. P. Vasil'yeva.

3. Sheremetova S. G. Issledovanie dinamiki izmeneniya antioksidantnoy aktivnosti i tsvetnosti kefir s dobavkoy iz fruktozo-glyukoznogo siropa / V. V. Khripushin, E. V. Komarova, K. K. Polyanskiy, S. G. Sheremetova // Khraneniye i pererabotkasel'khozsyrya. – 2009. – № 9. – S. 39-41.

4. Dzhanikulova U.B. Biotekhnologicheskiiy sposob polucheniya fruktozo-glyukoznogosiropa iz klubney topinambura / U.B. Dzhanikulova, Kh.T. Salomov, Sh.Sh. Salomov, Z.R. Akhmedova // Khraneniye i pererabotkasel'khozsyrya, 2006, №11. IS. 50-52.

5. Podporinova G.K. Podslastiteli i sakharozameniteli: tekhnologiyapolucheniya steviolglikozidov / G. K. Podporinova, N.D. Verzilina, K.K. Polyanskiy. - Voronezh: FGOU VPO VGU, 2006. - 155 s.

6. Zittan L. Enzymatic hydrolysis of inulin - an alternative way to fructose production / L. Zittan // Die Starche. - 1981. - Vol. 33, № 11. – P. 373-377

7. Nazarenko M.N. Intensifikatsiya ekstragirovaniya inulina iz klubney topinambura s primeneniem vibratsionnogo vozdeystviya / M.N. Nazarenko, T.V. Barkhatova, M.A. Kozhukhova, I.A. Khripko, E.V. Burlakova // Politematicheskiiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyy zhurnal KubGAU) [Elektronnyy resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №10(094). – IDA [article ID]: 0941310018. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/18.pdf>, 0,625 u.p.l.

8. Kovaleva T.A. Aktivnost' immobilizovannoy inulinazy pri nepreryvnom gidrolize ekstrakta topinambura (*Helianthus tuberosus*) / T.A. Kovaleva, M.G. Kholyavka // Vestnik VGU, Seriya: khimiya, biologiya, farmatsiya, 2008, № 2. – S.

104-107.

9. Maksheev A.A. Razrabotka tekhnologii desertnogo bioprodukta dlya funktsional'nogo pitaniya: dis. kand. tekhn. nauk : 05.18.04 / Maksheev Andrey Aleksandrovich. – Omsk, 2011. - 141 s.

*PREPARATION AND USE OF FRUCTOSE-GLUCOSE SYRUP FROM TUBERS
JERUSALEM ARTICHOKE*

**M.N. NAZARENKO, R.A. DROZDOV, T.V. BARKHATOVA, M.A. KOZHUKHOVA,
I.A. KHRIPKO, A.M.MARENICH**

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072; e-mail: nazarenko.krd@gmail.com,
roman.drozdo.15@yandex.ru*

The article discusses obtaining of fructose-glucose syrup (FGS) from Jerusalem artichoke tubers and application FGS as a multifunctional ingredient in the production of probiotic fermented milk drinks. The optimal parameters of enzymatic hydrolysis Jerusalem artichoke oligofructose and the expediency of the application obtained on the proposed technology FGS in the production of probiotic fermented milk drink are presented. It has been established that the addition of FGS in the amount of 7% and "Bifilakt-PLUS" in the amount of 5% to milk provides high speed of acidification, reducing of fermentation time and the formation the original flavor of the final product.

Key words: fructose-glucose syrup, enzymatic hydrolysis, Jerusalem artichoke, fermented milk drink, probiotic ferment.