



УГЛЕВОДЫ ТОПИНАМБУРА В БЕЛКОВО-ЖИРОВЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ

Бурушкина Т.Н. кандидат хим. наук, Алейников В.Г., Колычев В.И., Ратушняк В.В.
Институт пищевой биотехнологии и геномики НАН Украины, Киев

Резюме. Досліджено вплив обробки бульб топінамбура в слабкокислих розчинах і дії енергії електромагнітного випромінювання на якість соків і розчинів вуглеводів топінамбура і подальший процес їх гідролізу. Встановлено можливість пригнічення активності поліфенілоксидаз в цілих бульбах топінамбура і бульбах топінамбура різного ступеня подрібнення для упередження процесів окислення фенолів топінамбура і потемніння пульпи, соку і розчинів вуглеводів. Одержано високоякісні глюкозо-фруктозні розчини і сиропи. Визначено умови отримання білково-олійно-цукристих рідких, пастоподібних і твердих порошкових композицій із насіння повножирової сої та вуглеводів топінамбура з вмістом: білків — 2,5–25,0, жирів — 1,9–11,0 і вуглеводів — 1,0–40,0 % для виготовлення конкретних видів харчових продуктів.

Резюме. Исследовано влияние обработки клубней топинамбура в слабкокислых растворах и воздействия энергии электромагнитного излучения на качество соков и растворов углеводов топинамбура и на последующий процесс их гидролиза. Установлено возможность подавления активности полифенолоксидаз в целых клубнях топинамбура и клубнях топинамбура разной степени измельчения для предупреждения процессов окисления фенолов топинамбура и потемнения пульпы, сока и растворов углеводов. Получены высококачественные глюкозо-фруктозные растворы и сиропы. Определены условия получения белково-масляно-сахаристых жидких, пастообразных и твердых порошковых композиций из семян полножировой сои и углеводов топинамбура с содержанием: белков — 2,5–25,0; жиров — 1,9–11,0 и углеводов — 1,0–40,0 % для приготовления конкретных видов пищевых продуктов.

Summary. The effect of treatment of Jerusalem artichoke tubers in subacid solutions, the influence of the energy of electromagnetic radiation on quality of the juices and solutions of the carbohydrates of Jerusalem artichoke and the subsequent process of their hydrolysis was studied. The possibility to depress the activity of the polyphenyloxidases in the whole tubers of Jerusalem artichoke and tubers of Jerusalem artichoke with different degree of their chopping in order to prevent the processes of the oxidation of the phenols of Jerusalem artichoke, and the darkening of the pulp, juice and carbohydrate solutions was established. The high-quality glucose-fructose solutions and syrups were obtained. The conditions of processing of the liquid, paste-like, and solid powder protein-oil-carbohydrate compositions from the fullfat soybeans and the Jerusalem artichoke carbohydrates with the content range: proteins — 2,5–25,0 %, fat — 1,9–11,0 % and carbohydrates — 1,0–40,0 % for the production of the specified types of foodstuffs were defined.

К изготовлению новых видов растительных пищевых продуктов, в том числе лечебно-профилактических, фортифицированных, т.н. функциональных и т.п., обязательным является требование сбалансированности по основным нутриентам — белкам, жирам, углеводам — и сохранности ценных компонентов растительного сырья. Учитывая рекомендации по рациональному питанию, сформулированные еще в начале прошлого столетия А.В. Палладиным [1, 2] и существенно не изменившиеся до настоящего времени [3]), соотношение основных нутриентов в продуктах, по нашему мнению, должно быть близким к представленному на рис. 1. Энергетическая ценность 100 г такого гипотетического "сухого" продукта 314–368 ккал близка к энергетической ценности нежирного мяса (~350 ккал), но меньше, чем у сухого натурального молока (~470 ккал) и сливочного масла (640–740 ккал). Вариация жидкого растительного продукта (например, из полножировой сои) должна включать воды не более 90%, белка не менее 3%, жиров не менее 2,5% (без дополнительного

использования жиров, кроме тех, что есть в составе соевых эмульсий или суспензий), углеводов не менее 1%, энергетическая ценность 100 г продукта составит не менее 45–55 ккал.

Большая часть технологий изготовления жидких, сгущенных и сквашенных продуктов из белков растительного происхождения основана на использовании белков сои, очень ограниченно белков гороха, чечевицы, люпина, рапса и единично — белков овса. Приемы изготовления продуктов в зарубежных технологиях включают предварительное извлечение и концентрирование белков сырья, добавление к ним очищенных растительных масел или их компонентов, углеводов — глюкозы, фруктозы, сахарозы, витаминов, минеральных добавок, эмульгаторов, ароматизаторов, красителей [4, 5]. Питательная ценность и перспективность таких продуктов несомненна. Однако для большого числа детей и взрослых требуются иные легко усваиваемые углеводы. Одним из таких углеводов считается фруктоза, механизм использования которой в организме отличается от такового для

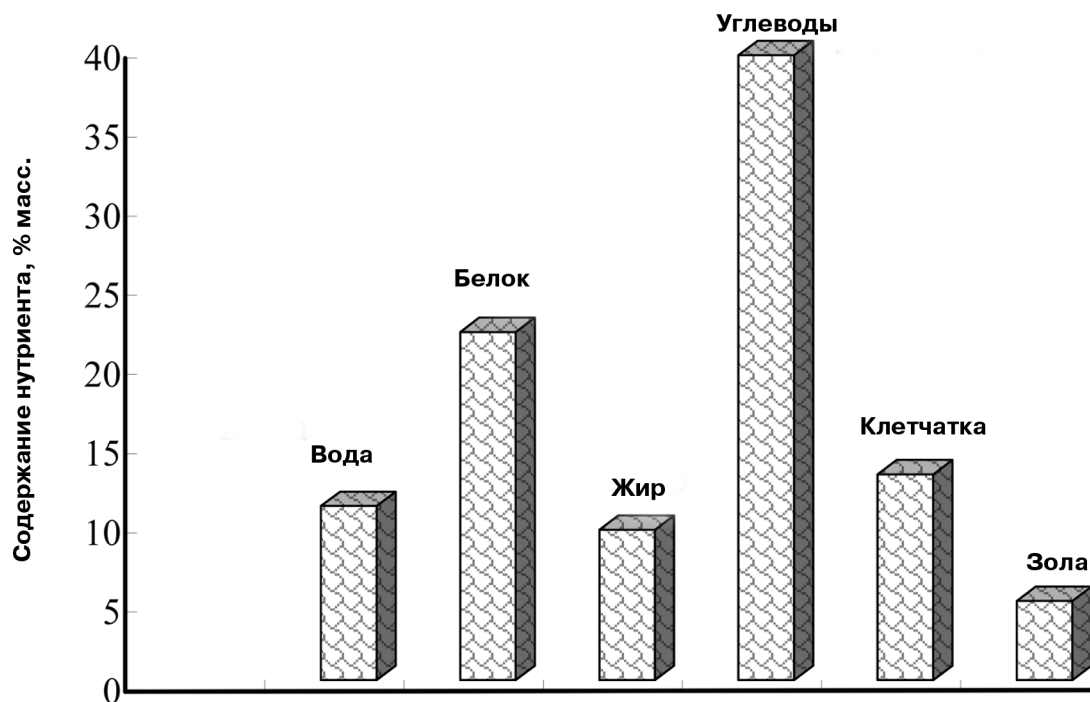


Рис. 1. Состав "сухой" пищевой растительной композиции.

глюкозы. Топинамбур в качестве источника сахаристых фруктозосодержащих (инулинсодержащих) веществ известен и используется почти 200 лет [6–10], но до 70% потребляемого человечеством инулина приходится на пшеницу (рис. 2), в составе которой инулина не более 1%.

Известны более ста технологий получения низкомолекулярных фруктозанов и инулина, гидролиза инулина. В СССР исследования в области селекции, хранения, переработки и использования топинамбура проводились преимущественно в Украине (И.Р. Роминский, А.С. Сушкова, Т.Я. Чернякова, С.И. Усатюк, Р.И. Грушецкий, Л.Д. Бобровник, Н.В. Ремесло, И.Г. Гриненко, Е.И. Сидорченко и др.[11]). Успешными и новаторскими были исследования строения инулина и выделения его,

результаты селекционеров [12, 13]. Однако основные стадии переработки топинамбура: выделение сока, очистка его, гидролиз инулина в той или иной степени уподоблялись переработке сахарной свеклы. Ряд удачных технологических решений был доведен до уровня опытных установок, но промышленной реализации они не имели. В настоящее время инулин, порошки из топинамбура, фруктоза кристаллическая, сиропы низкомолекулярных фруктозанов ввозятся в Украину из разных стран, в том числе и из России. Продукты переработки топинамбура используются при изготовлении кондитерских, хлебобулочных, колбасных изделий, напитков, продуктов детского питания. Продукты предназначены как для широкого употребления, так и для использования в рационе людей, страдающих диабетом (Ю.И.Куликов, А.Ю.Винаров, Н.В.Колесникова, Е.В.Петрова, Л.Д.Ерашова, Г.П.Овчарова, С.Ю.Беглов, Н.К.Кочнев, И.В.Волкова, И.С.Гулый, Е.И.Сидорченко, Л.П.Пашенко, К.А.Варламова, Н.В.Скобелева, Л.А.Решетник и др. [14]).

Цель нашей работы: а) поиск новых подходов к извлечению и переработке углеводного комплекса из инулинсодержащих растений в легко усваиваемые низкомолекулярные сахара и высокомолекулярные фруктозаны, благоприятно влияющие на поддержание и нормализацию состава микрофлоры в кишечно-эвакуационном тракте человека, б) использование углеводов топинамбура в получении протеин-липид-углеводсодержащих жидких и пастоподобных пищевых и специальных продуктов из растительного сырья. Новизна под-

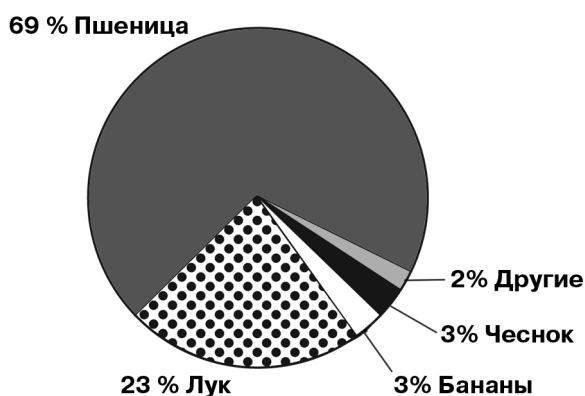


Рис. 2. Источники инулина в питании (Van Loo та інші., 1995.)

ходов к переработке топинамбура состоит в том, что высокое качество продуктов должно достигаться за счет необходимых и достаточных условий: а) исключение или сокращение стадий подсушивания, промывки, фильтрации, очистки, пересаживания высокомолекулярных фракций, б) использование умеренной термообработки, в) исключение криообработки, г) существенное уменьшение объемов жидких отходов.

Получение продуктов заданного вида и состава на основе сои и топинамбура обусловили исследование условий совмещения углеводного комплекса топинамбура (УКТ) с эмульсиями или суспензиями из семян полножировой сои, которые (по условиям их получения) содержат растворенные, ассоциированные и ассоциированные с жирами и углеводами белки. При этом исключали дополнительное использование эмульгаторов, ароматизаторов, красителей, что возможно при наличии необходимых веществ в композиции (например, фосфолипидов) и при отсутствии отрицательных факторов исходного сырья (антипитательных веществ, привкусов, запахов и т.п.). На всех стадиях переработки белкового сырья определены такие условия, которые способны обеспечить заданный химический состав, физические характеристики и приемлемые органолептические свойства белково-жировых композиций из сои, овса [15]. Иная ситуация, как отмечено выше, в получении слабоокрашенных растворов, сиропов, пюре из топинамбура. Кроме того, представлялось интересным и важным подобрать такие условия обработки сырья, которые можно выполнить в т.н. ресторанном (домашнем) варианте. Одна из рекомендаций FAO/WHO, касающаяся фортификации пищевых продуктов определенными нутриентами, предполагает реализацию ее именно в "ресторанном" (индивидуальном) исполнении [16]. Считаем, что в нынешних условиях проще, дешевле и даже безвреднее полезные и нетрадиционные продукты готовить самостоятельно из отечественного растительного сырья, что очень

важно в питании детей, больных людей. Это относится к использованию и изготовлению продуктов из полножировых бобов сои (чечевицы), амаранта, корнеплодов топинамбура, которые выращиваются в Украине из отечественного не трансгенного посевного материала с малым количеством (или без) удобрений, пестицидов в отличие от того, что имеется в продаже — продукты и полупродукты из импортного преимущественно трансгенного сырья (белковые изоляты, сухое соевое "молоко"), хотя нет доказательных работ о вреде или безвредности продуктов переработки трансгенного растительного сырья.

В статье представлены результаты исследования влияния ряда физико-химических параметров условий обработки сырья (полножировой сои, топинамбура) на свойства образцов продуктов из них при использовании лабораторного или бытового унифицированного оборудования. Эти результаты — основа разработки всех стадий технологических схем для получения продуктов или полупродуктов в укрупненных количествах. Отдельные фрагменты этих технологий освещены в работе.

При выполнении работы использовали: растительное сырье — семена сои урожая 2008 г., районированной в Переяслав-Хмельницком районе Киевской области, корнеплоды топинамбура, выращенного в Ботаническом саду НАН Украины и индивидуальном хозяйстве в 2008, 2009 г., сухое соевое "молоко" из торговой сети г. Киева; реактивы: сахарозу, фруктозу, уксусную, лимонную, щавелевую, соляную, фосфорную, серную кислоты, натрия гидроксид, карбонат и бикарбонат, этиловый эфир, этиловый спирт; методы: фотоэлектроколориметрии, поляриметрии, потенциометрии, метод рентгено-флуоресцентного анализа на содержание неорганических составляющих, методы биохимического анализа на содержание углеводов, белков, жиров.

Химический состав объектов исследования представлен и сопоставлен с литературными данными в табл. 1, 2. Полученные результаты согласу-

Таблица 1

Химический состав семян сои, % на с.в.

Составляющие	Наши данные		Литературные данные		
	Целое зерно	Лущеное	Целое	Лущеное	Целое
Белки	39,6	43,0	40,0	43,0	42,7
Жиры	19,6	20,9	20,0	23,0	20,0
Углеводы*	15,3	17,7	35,0	30,0	23,6
Зола	5,1	4,3	4,9	5,2	5,2
БЭВ**	20,1	15,9	—	—	—

* все углеводы: низкомолекулярные сахара, крахмал и клетчатка

** БЭВ – безазотистые экстрактивные вещества

Таблица 2

Химический состав корнеплодов топинамбура, % на с.в.

Составляющие	Наши данные	Литературные данные
Белки	11,3	11,0–11,7
Жиры	1,0	0,8–1,3
Углеводы	78,7	75,1–79,8
Зола	5,1	3,7–5,8
БЭВ	4,2	3,9–5,4

ются с известными. В связи с тем, что наши способы получения пищевых продуктов из сои основаны на переработке полножировой сои и включают стадию замачивания и набухания семян сои в водных средах (нейтральной, кислой, щелочной), исследовали влияние замачивания на химический состав набухших семян. При самых благоприятных для растворения условиях (рН более 7 или менее 2, модуль более 1:5, температура выше 70° С и время контакта более 6-ти часов) в жидкой фазе обнаружены

следовые количества свободных аминокислот, до 0,03 % различных фенолов, до 0,1 % фосфолипидов, до 2 % низкомолекулярных сахаров. Жиры, свободные жирные кислоты не обнаружены в жидкой фазе. Из данных рентгено-флуоресцентного анализа зольного остатка исходных и набухших семян следует, что небольшие изменения происходят в составе неорганической составляющей (табл. 3).

Углеводный комплекс топинамбура — смесь низко- и высокомолекулярных сахаридов одинакового

Таблица 3

Изменение элементного состава семян сои при контакте с дистиллированной водой

Элемент	Образец			
	СЦ исх.	СЦ наб.	СЛ исх.	СЛ наб.
	Концентрация элемента в образце, мкг/г (на с. в.)			
S	364,41	90,02	252,45	169,56
Cl	10,47	3,44	7,33	4,30
K	4636,77	3123,22	3716,62	2091,69
Ca	124,58	108,38	93,41	103,76
Mn	1,34	1,33	1,27	1,14
Fe	4,76	3,73	2,44	3,42
Ni	0,81	0,73	0,55	0,36
Cu	1,48	1,27	0,94	0,68
Se	0,05	0,02	0,02	0,01
Zn	9,20	7,02	6,41	5,28
Br	1,45	0,60	0,91	0,38
Rb	6,74	4,18	3,29	1,63
Sr	1,76	1,31	0,88	0,42
Zr	—	0,03	0,02	—
Cd	0,06	—	0,06	0,03
Sn	0,55	0,21	0,34	0,05

строения с близкими физическими свойствами, которые отличаются количеством субъединиц от 1 до 42–43 и растворимостью в воде. Высокомолекулярная фракция (инулин) не растворяется в холодной воде и выпадает в осадок при комнатной температуре. Растворимая часть фруктозанов топинамбура (в составе 1–20 гексозных единиц) составляет 18–20 % от общего количества сахаров и находится в соке. Глюкоза и фруктоза — обязательные компоненты продуктов гидролиза фруктозанов. Чем меньше молекулярная масса фруктозана, тем больше доля глюкозы в гидролизате. Поэтому количество глюкозы, которая образуется при гидролизе всего углеводного комплекса углеводов топинамбура, выше, чем при гидролизе чистого инулина. Это обстоятельство очень существенно и поэтому необходимо иметь представление о химическом составе сахаров при клинических исследованиях рационов с включением топинамбура, особенно важно это при назначении дополнительных рационов через какой-то непродолжительный промежуток времени после употребления основной части углеводсодержащей пищи [17].

Известные способы получения фруктозных растворов и сиропов из корнеплодов инулин-содержащего сырья (топинамбура, его гибрида с подсолнечником, георгина, цикория, кок-сагыза). Они включают: мойку водопроводной водой, измельчение корнеплодов, отделение сока или экстрагирование комплекса углеводов водой или спиртом при комнатной или повышенной температуре (получение диффузионного сока), очистку (осветление), гидролиз углеводного комплекса в составе сока или экстракта; кислотный (с применением неорганических или органических кислот при pH среды в диапазоне от 1,2 до 4,5 и при температуре от 70 до 120 °C) или ферментативный гидролиз сока или экстракта, фильтрацию, осветление гидролизата, упаривание его до сиропа [6–12, 18, 19]. Каждая из стадий, начиная с измельчения, сопровождается потемнением мезги и жидкой фазы. Корни топинамбура, равно как и корни сахарной свеклы, белого цвета и находящийся в вакуолях клеток сок бесцветен. Но выжатый из измельченного корня сок уже окрашен, кашка, стружка истертого корня на воздухе постепенно окрашиваются в желтый, грязно-коричневый цвет. На первом этапе — получения сока — причиной тому является окисление фенолсодержащих легко окисляющихся соединений (пирока-техина, тирозина, дигидроксилфенилаланина) в присутствии кислорода воздуха при участии полифенолоксидазы, которая содержится в кожуре и в объеме корнеплода [20]. Наибольшая активность полифенолоксидазы проявляется при pH=5–9. Приемы противодействия включают удаление кожуры, ошпаривание корнеплодов, обработку мезги хлоридом калия. На этапах гидролиза и упари-

вания при повышенной температуре основная причина потемнения жидких фаз — реакции отщепления молекул воды от моносахаров (кара멜лизация), образование производных фурфурола, альдегидов, продуктов конденсации редуцирующих сахаров и аминокислот — меланоидов.

Анализ литературы позволяет считать целесообразными исследования в направлении модификации схемы извлечения фруктозанов из топинамбура и гидролиза углеводов за счет использования: 1) всей массы корнеплода; 2) предварительной обработки целого или измельченного корнеплода в условиях, которые позволяют снизить вероятность образования окрашивающих и неприятно пахнущих веществ путем ингибирования активности полифенолоксидазы; 3) энергии низкочастотного электромагнитного излучения; 4) гидролиза с применением двухосновной органической кислоты при pH $\geq 2,5$ и температуре не выше 90 °C.

Перспективность такого подхода очевидна с учетом кратко освещенных выше литературных сведений и представлений об оптимальных условиях кислотного гидролиза инулина: концентрация углеводных растворов 2,5–15%, pH=2,2–2,4, температура 90–105 °C, продолжительность, соответственно, от 8-ми часов до 30-ти минут, степень гидролиза инулина 95–97%, состав гидролизата: фруктоза — 75%, глюкоза — 25%.

Для извлечения сока из измельченного топинамбура применяли метод отжима и прессово-центрифугальный, экстракционный метод извлечения с использованием воды, водно-кислотных и водно-спиртовых растворов. Мытые и очищенные от шкурки корнеплоды измельчали с помощью различных приспособлений (терки, овощерезки, мясорубки, блендера, соковыжималки), получали массу с частичками заданного характеристического размера (средней толщины), отделяли жидкую фазу от твердой любым из указанных способов и определяли количество сока. Естественно, что с уменьшением характеристического размера частичек, выход сока увеличивался, а твердой фазы — уменьшался, однако диапазон таких изменений не был известен. Типичные результаты ($n \geq 3$) приведены в табл. 4. При увеличении степени измельчения возрастает количество поврежденных клеток, что приводит не только к увеличению объема жидкой фазы, но и к высвобождению значительного количества сильно гидратированных нерастворимых пектиновых соединений, белков, водоудерживающая способность которых и определяет остаточное содержание влаги в жмыхе. Некоторая часть белков и окрашивающих веществ оказывается взвешенной в соке в виде грубой дисперсии, их можно осадить нагреванием, подкислением сока или внесением коагулянтов. Экстракционные методы извлечения сахаристых веществ из массы измельченных корней позволяют снизить влияние

Выход сока топинамбура в зависимости от степени измельчения корнеплодов

Характеристический размер, мм (способ измельчения)	Количество сока, % масс. (способ отжима)
6,0 (терка)	20–25 (бязевый фильтр, ручной отжим)
3,0 (терка)	30–40 (бязевый фильтр, ручной отжим)
2,5 (мясорубка)	40–45 (бязевый фильтр, ручной отжим)
1,0 (соковыжималка)	65–70 (центрифуга соковыжималки)
0,5 (дезинтегратор роторно-пульсационный)	72–75 (полотняный фильтр, винтовой пресс)

коллоидов на прозрачность и окрашенность растворов, облегчить фильтрацию жидкой фазы. Также, как и в случае с отжимным соком, уменьшение характеристического размера частичек благоприятствует более полному переходу растворимых углеводов в экстракт за счет увеличения поверхности дисперсной фазы и, тем самым, улучшению условий диффузии из жидкой фазы в твердую и из твердой фазы в жидкую. В табл. 5 приведены данные о зависимости экстракции сахаров от степени измельчения корнеплодов, их нельзя рассматривать как равновесные, это лишь иллюстрация возможностей получения достаточно концентрированных растворов сахаристых веществ топинамбура в статических условиях.

Представленные результаты показывают, что в статических условиях преимущества на стороне отжимного способа извлечения сока. При наибольшей из осуществленных степеней измельчения получили одинаковый выход сахаристых веществ в жидкую фазу, но концентрация отжимного сока существенно выше, чем экстракционного.

Известно использование электрического тока, ультразвука, микроволновой энергии для увеличе-

ния выхода сока из фруктов [21, 22]. Результаты использования этих методов применительно к очищенным от шкурки целым или измельченным корням топинамбура позитивны — выход сока увеличился на 1,8–2,5%, но не существенны с технологической точки зрения. Более интересные и важные следствия воздействия СВЧ-излучения (2400±50 МГц, длительность от 20 сек до 4 мин) на массу из топинамбура таковы: 1) практически полная инактивация полифенолоксидазы, 2) возможность проведения кислотного гомогенного гидролиза углеводного комплекса топинамбура в соке и измельченной массе в "мягких" условиях. Установлено, что сочетание кратковременной обработки корней топинамбура в объеме или измельченной массе при комнатной температуре слабыми растворами органических кислот и СВЧ-излучением обуславливает предотвращение процессов окисления фенолов топинамбура, что, в свою очередь, позволяет избежать окрашивания массы корнеплодов и сока топинамбура. Образцы измельченного топинамбура, полученные в таких условиях, не темнели при хранении в течение более полугода при температуре 4–15° С.

Таблица 5

Экстракция водой сухого вещества (СВ) из частичек топинамбура* за один проход в течение 15 мин при комнатной температуре

Характеристический размер, мм	Модуль экстракции, г воды/г СВ	Концентрация экстракта, %	Степень извлечения, % от общего СВ
10	20,5	2,5	41,2
6	19,1	2,9	44,1
3	27,8	2,4	57,1
1	25,0	2,9	60,9
0,5	10,5	4,1	77,1

*) – Для соотношения вода/топинамбур ~1:3,5

Исследования влияния предварительной обработки измельченной массы, сока, экстракционных растворов топинамбура с использованием энергии ультразвука или микроволновой энергии на условия гомогенного гидролиза углеводного комплекса топинамбура показали возможность проведения 95–96 % -ного гидролиза в "мягких" условиях: при pH=2,5–4,0, при температуре 70–90° С за время 2–4 часа без накопления окрашивающих веществ и необходимости последующей очистки гидролизатов. Это позволило разработать новые способы получения фруктозо-глюкозных растворов и сиропов из топинамбура — прозрачных, светло-желтого цвета с приятным запахом.

Разработанные нами способы получения тонких водных дисперсий из полножировой обводненной или сухой сои — молокоподобных и пастоподобных, которые не расслаиваются в течение не менее суток за счет состава и условий обработки в аппаратах-измельчителях специальной конструкции и диспергирования полученной суспензии в аппарате с дискретным введением энергии (роторно-кавитационном аппарате) или гомогенизаторе собственной конструкции, были использованы при изготовлении устойчивых коллоидных белково-жиро-углеводных пищевых композиций. Приводим пример получения физически устойчивой композиции из набухших в щелочном растворе, лишенных семенной оболочки бобов сои и 50% -ного фруктозного концентрата из топинамбура, введенного в соевую суспензию на стадии гомогенизации. 1 кг сои с влажностью 10,5% залили 3 л 0,1%-ного раствора бикарбоната натрия на 2,5 часа, затем слили раствор, набухшие бобы промыли таким же объемом воды, сою поместили в аппарат-измельчитель, добавили нагретую до 90–92° С воду (в соотношении 5:1 на СВ), обработали 20–25 мин, полученную суспензию без охлаждения переместили в кавитационный аппарат, добавили 200 мл концентрата топинамбура, смесь обработали в течение 20–25 мин и получили молокоподобный кремоватого цвета продукт, в котором содержание гидролизованных углеводов топинамбура составляло (3±0,1)%, белков (5±0,2)%, жиров (2,2±0,2)%. Напиток не имел травянисто-бобового привкуса и запаха, расслоения не наблюдалось в течение 2-х суток хранения при 5 и 20–25° С. Активность уреазы и ингибиторов трипсина в полученном жидком продукте принятыми методами не выявлена.

Исходя из результатов исследования предварительной обработки топинамбура в слабокислой среде и в микроволновой установке, перспективным представляется использование негидролизованного углеводного комплекса в виде сока или пасты с набором моно- и олигосахаридов. Такие продукты не имеют ощутимого сладкого вкуса, но их лечебно-профилактический эффект не намного ниже, чем у сырого топинамбура, но при этом иск-

лючены отрицательные органолептические факторы (потемнение, привкус) и отчетливо снижены физиологические последствия употребления свежего топинамбура (метеоризм и проч). На основании этих результатов и с учетом соотношения затраты/результат считаем возможным предложить для исследования и употребления следующий набор продуктов из топинамбура.

- 1) *Фруктозо-глюкозный сироп* — гидролизованный, освобожденный от белков и пектинов сок топинамбура, упаренный в вакууме до 50–60 % содержания мономерных сахаров, из которых до 70% СВ приходится на фруктозу, по сладости он заменяет в 1,5 раза большее количество сахарозы.
- 2) *Негидролизованный сироп топинамбура* — сок топинамбура, упаренный в вакууме до 30–50% содержания СВ. Вязкая, мутная, слабо окрашенная жидкость; включает весь набор углеводов топинамбура, в том числе и такие, которые могут принимать участие в нормализации микрофлоры кишечника — содержание спирторастворимых углеводов до 15%.
- 3) *Маринованный топинамбур* — бланшированные кусочки или корни топинамбура в пастеризованной маринадной заливке на основе сока (сиропа) топинамбура, белые, хрустящие, вкус зависит от вложений (пряностей), это продукт длительного (год и более) хранения, первоначально по составу идентичны свежему топинамбуру, по мере хранения из-за кислой среды в продукте увеличивается на 5–10% доля низко- и среднемолекулярных фруктозанов. Пример осуществления: 100 г мытого и очищенного топинамбура 5–7 мин бланшировали в кипящей подкисленной (0,5% уксусной кислоты) воде, укладывали в стеклянную тару, заливали горячей маринадной заливкой (пастеризованный 15 мин при 85° С сок топинамбура с добавлением корицы, гвоздики и 1% от массы маринада лимонной кислоты), герметично закупоривали в горячем состоянии. Из маринованного топинамбура дроблением или гомогенизацией можно изготовить пасту, пюре или соус и использовать в качестве пищевой добавки в кулинарии или пищевой промышленности. Такие продукты не окрашены, имеют мягкий вкус и приятную консистенцию.
- 4) *Порошок из топинамбура* — размолотые в порошок, высушенные в вакууме при (40–50)° С до остаточной влажности 10% пластинки толщиной 1–1,5 мм из мытых, очищенных и последовательно кратковременно обработанных в подкисленной воде и СВЧ-установке корнеплодов топинамбура. Состав порошка (с поправкой на 10% влаги) отвечает составу сухих веществ топинамбура. Порошок можно использовать в сухом виде и в регидратированной форме в качестве пищевой добавки и наполнителя в мясные, кондитерские, крупяные изделия.

Корни топинамбура, предварительно помещенные в слабокислый раствор, приобретают более упругую структуру, а при последующей умеренной термообработке становятся пластичными. Такой топинамбур легко перерабатывается в пастоподобный продукт, в нем сохраняются все питательные вещества. Обращаем внимание на тот факт, что после замачивания в слабокислой среде лепестки из корнеплодов топинамбура при термообработке с ограниченным доступом воздуха практически не изменяют цвет: не происходит окисление мономерных сахаров и фенолов топинамбура. Заметным процесс превращения фруктозы в дигидродифруктозоангидриды становится при pH=1–2 [18]. Кроме того, термообработка в кислой среде с pH > 3 приводит к заметному снижению активности полифенолоксидазы и, тем самым, подавлению процессов окисления фенолов, образования меланоидов, которые обуславливают интенсивную окраску массы топинамбура и сока из нее.

В зависимости от температуры, длительности сушки и степени измельчения можно получить продукты с различным содержанием влаги:

- а) "пасту-кашицу" 60–70 % влаги
- б) "подсушенную мезгу-жмых" 30–50 % влаги
- в) "вяленые дольки" 20–30 % влаги
- г) "молотый порошок" 5–15 % влаги.

Обезвоженные на 70–90% продукты топинамбура из-за большого содержания сахаров, пектиновых веществ и белков обратимо поглощают до 100% воды, что позволяет регидратировать их при необходимости и после длительного хранения, а также использовать при изготовлении жидких углеводных продуктов (напитков, смесей, сиропов). Регулируемая регидратация позволяет задавать долю сухих веществ и, соответственно, энергетическую ценность продукта. Даже при том, что количество витаминов в таких продуктах ниже, чем в исходном сырье (впрочем, оно снижается и при хранении сырого топинамбура), минеральный состав и количество белков, сахаров не изменяется, что тоже свидетельствует в пользу выбранного подхо-

да к производству продуктов из топинамбура.

Установлено, что предварительное замачивание корней топинамбура в слабокислой среде не вызывает заметного снижения pH полученных из него продуктов из-за большой буферной способности протеинов топинамбура. Еще в большей мере позитивное влияние замачивания в кислой среде на качество перерабатываемого топинамбура (сохранение белого цвета, формирование приятных органолептических свойств, способность к более полному отделению жидкой фазы) проявляется после кратковременного воздействия микроволнового излучения: при увеличении длительности обработки от 2 до 10 мин содержание влаги снижается на 10–20%.

Мы не исследовали возможности получения кристаллической фруктозы или инулина из топинамбура, т.к. полагаем, что в качестве сырья топинамбуру в наших условиях пока трудно быть конкурентоспособным в налаженных (многостадийных и высокоотходных) схемах производств из другого доступного (сахарозы, например) или из более богатого инулином сырья (георгины, цикорий). Поэтому исследовали условия получения недорогих комплексных полупродуктов, которые могут быть использованы как самостоятельные изделия, пищевые или лечебно-профилактические добавки.

Иной аспект применения углеводного комплекса топинамбура — получение сбалансированных по составу белков, жиров и углеводов пищевых продуктов путем совмещения белково-жировых соевых продуктов с углеводами топинамбура. Такое совмещение исследовали и осуществляли на стадии тонкого измельчения (гомогенизации) при изготовлении жидких, пастоподобных и твердых композиций, исходя из количества основных веществ, отвечающих соотношению их в твердой смеси, приведенному в табл. 2 (рассчитанный состав) и в табл. 6 (состав полученных композиций). Жидкие и пастоподобные композиции получали при совмещении соевой эмульсии или суспензии с фруктозо-глюкозным сиропом. Исследо-

Таблица 6

Состав сухой смеси из полножировой сои и топинамбура

	Мука из микро- низованных бобов сои	Порошок из топинамбура	Смесь 1:1
Вода, %	12	10	11
Белки, %	35	9	22
Жиры, %	18	1	9,5
Углеводы, %	10	69	39,5
Клетчатка, %	20	6	13
Зола, %	5	5	5

вали также и показали возможность совмещения УКТ с белками и жирами сои на стадии измельчения сои. В табл. 7–9 представлены сведения о составе продуктов и полупродуктов, изготовленных в количестве не менее 1 кг и использованных в экспериментах по получению белково-жиро-углеводных композиций.

Таким образом, в работе определены условия и показана возможность существенного изменения

(в сравнении с известными) способов выделения, гидролиза и концентрирования углеводов топинамбура, использования их в получении сбалансированных по основным нутриентам жидких, пасто- и порошкообразных пищевых продуктов приятного цвета и без посторонних запахов на основе эмульсий, суспензий, паст, муки из необезжиренной сои собственного изготовления.

Таблица 7

Состав продуктов и полупродуктов из сои

	Соя	Вода, г/100г	СВ, г/100г	Белок, г/100г	Жир, г/100г	БЭВ, г/100г	Зола, г/100г
1	Эмульсия	93,3	6,7	3,6	1,7	0,9	0,5
2	Суспензия	88	12	3,5	2,5	1,5	1,1
3	Паста	75	25	12	5	2,5	2,5
4	Окара (нерастворимый осадок)	82,4	17,6	9,0	4,6	н.д.	0,4

Таблица 8

Состав пастоподобных белковых концентратов, использованных при получении новых пищевых композиций

	Концентрат Белка	Вода, г/100г	СВ, г/100г	Углеводы, г/100г	Белок, г/100г	БЭВ, г/100г
1	Овес	61,4	38,6	н.б. 1,0	н.м. 36,5	н.б. 0,5
2	Амарант	77,6	22,4	н.б. 1,0	н.м. 20,5	н.б. 0,5
3	Соя	80,2	19,8	н.б. 1,0	н.м. 18,0	н.б. 0,5

Таблица 9

Состав продуктов и полупродуктов из топинамбура

	Топинамбур	Вода, г/100г	СВ, г/100г	Углеводы, г/100г	Редуцирующие сахараиды, г/100г	Белки, г/100г
1	Экстрат	97,6	2,4	2,2	1,2	Следы
2	Сироп	44,0	56,0	55,8	55,8	—
3	Сок	81,5	18,5	15,0	4,8	1
4	Сок гидролизованный	83,5	16,5	15,4	15,0	—

ЛІТЕРАТУРА

1. Палладін А.В. Основи живлення / А.В. Палладін // Х.: Держвидав України, 1919. –202 с.
2. Палладін А.В. Руководство по анализу пищевых продуктов / А.В. Палладин, Н.П. Собянин // Госуд. Изд-во М.-Петроград, 1923. –С. 119–155.
3. Скурихин И.М. Все о пище с точки зрения химика. Справочное издание / И.М. Скурихин, Нечаев А.П. М.: Высшая школа, 1991. –288 с.
4. Растительный белок; [пер. с фр.В.Г. Долгополова / под ред.Т.П. Микулович] –М.: "Агропромиздат", 1991. – 684 с.
5. Zeki Berk. Technology of production of edible flours and protein products from soybean./Berk Leki – Rome, 1992. –358 P.
6. Dubrunfaut P. Preparation du fructose/ P. Dubrunfaut //Ann. Chim. Phys. –1847. –21. -169–174.
7. Arsem W.C. Production of levulose / W.C. Arsem // Brevet US 347797, 1919.
8. Willaman J.J. Levulose sirup / J.J. Willaman // Science. –1920. –52. –С. 351–356.
9. Hoche B. Production industrielle de levulose / B. Hoche // Z. Ver. Dtsch. Zucker. –1926. –76. – С. 821–829.
10. Guiraud J.P. Production de fructose par hydrolyse chimique de l'inuline / J.P. Guiraud, P. Galay // Industries Alimentaires et Agricoles. –1981, Vol. 98. –№1–2. –P. 45–52.
11. Тез. докл. Респ. научно-практ. конф. "Разработка и внедрение высокоэффективных технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов". Киев, 1991. –С. 51, 67, 113, 148, 149, 161.
12. Роминский И.Р. Исследование в области химии инулина и фруктозы и технологии их получения: докт. диссертация. Киев, 1956.
13. Гриненко И.Г. Физико-химические свойства инулина и получение его модифицированных производных: канд. диссерт. Киев, 1993.
14. "Растительные ресурсы для здоровья человека": материалы 1-ой Международной научно-практической конференции, 23–27.09.20024. -Москва–Сергиев-Посад. –С. 247, 269, 272, 293, 296, 306, 309, 310, 312–315, 323, 327, 330, 362, 372, 387–392.
15. Технології і продукти з повножирової сої / В. Боровський, В. Ратушняк [та ін.] // Харчова і переробна промисловість, 2009. –№7–8. –С. 21–23.
16. Guidelines on food fortification with micronutrients/edited by Lindsay Allen. [et al.]Organization Geneva, World Health Organization, 2006. –337 P.
17. Гаппаров М.М. Временные параметры усвоения углеводов в организме / М.М. Гаппаров, О.А. Вировец, Ж.В. Антонова // Вопросы питания, 1997. –№2. –С. 3–9.
18. Голубев В.Н. Биотехнологические аспекты переработки топинамбура / В.Н. Голубев, В.Л. Куев, Н.И. Гончаров // Пищевая промышленность. –1991. –№9. –С. 52–53.
19. Купин Г.А. Исследование процесса гидролиза инулина в соке из топинамбура / Г.А. Купин, О.В. Рувинский, Г.М. Зайко // Изв. вузов. Пищ. технология. –2002. –№5–6. –С. 77–78.
20. Ziyen E. Characterization of Polyphenol Oxidase from Jerusalem Artichoke / E. Ziyen, S. Pekyardimci // Turk. J. Chem. –2003. –27. –С. 217–225.
21. Эльпинер И.Е. Ультразвук. Физико-химическое и биологическое действие / И.Е. Эльпинер. М.: Физматгиз, 1963. –214 с.
22. Христюк В.Г. Влияние электромагнитного поля низкой частоты на выход и состав сока / В.Г. Христюк // Изв. вузов. Пищ. технология. –2002. –№2–3. –С. 73–74.
23. Бархатов В.Ю. Способ гидролиза инулина топинамбура / В.Ю. Бархатов, Э.И. Мамедова, В.С. Рубан //Изв. вузов. Пищ. технология. –1998. –№2–3. –С. 48–49.

Надійшла до редакції 09.04.2010