

ХИМИЯ ИЛИМДЕРИ
ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ
CHEMICAL SCIENCES

Турдумамбетов К., Ажибаева З.С.

**ГЛЮКОФРУКТАНДАН ФРУКТОЗДУК ШИРЕЛЕРДИ
АЛУУНУН ОПТИМАЛДЫК ШАРТТАРЫ**

Турдумамбетов К., Ажибаева З.С.

**ОПТИМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФРУКТОЗНЫХ
СИРОПОВ ИЗ ГЛЮКОФРУКТАНА**

K. Turdumambetov, Z.S. Ajibaeva

**OPTIMAL CONDITIONS FOR THE PRODUCTION OF FRUCTOSE
SYRUPES FROM GLUCOFRUCTAN**

УДК: 547.917 (575.2) (04)

Изилдөөнүн негизги максаты глюкофруктан дандан фруктоза ширесин алуу ыкмасын иштеп чыгуу болуп саналат. Ушул максатта Инула высокая, Кузиния теневая жана топинамбур (Кыргызский Белый сорту) деген аталыштагы өсүмдүктөрдүн урууларынын өкүлдөрү колдонулган. Сырьё жана экстрагентти 1:10 катышында алып, бир саат бою 70-95°C температурада экстракция жүргүзүлдү. Бул шарттар инулиндин алынуусун жогорулатуу менен жоготуунун азайышына алып келгендиги аныкталган. Оптималдуу майдалуулук даражасы 2-3 мм бөлүкчө өлчөмү болуп эсептелет. 90-95°C температурада экстракциялоо 80-85°C температурадагыдай эле натыйжаны берет, б.а толук экстракцияланат, бирок глюкофруктандын карамелизациясы жүрүп, сапаты начарлайт. Ошентип 2-3 мм өлчөмдөгү бөлүкчөлөрдү 80-85°C температурада экстракциялоо глюкофруктанды алуунун эффективдүүлүгүн жогорулатат. Глюкофруктан данды бөлүп алуунун сырьё-нун майдалануу өлчөмүнөн, экстракциялоонун узактыгынан жана температурадан көз каранды болгон ыкмасы иштелип чыкты. Инулинден фруктоздук ширени алуунун технологиялык режиминин ченемдери изилденди.

Негизги сөздөр: глюкофруктан, Инула высокая, Кузиния теневая, топинамбур, экстракция, фруктоздук шире, гидролиз.

Целью данной работы являлась разработка способа получения фруктозных сиропов из глюкофруктана. Для этого были использованы представители вышеуказанных родов растений: Инула высокая, Кузиния теневая и топинамбур (сорт Кыргызский Белый). Экстракцию проводили при температуре 70-95°C в течение часа в соотношении сырья и экстрагента (1:10). Это обуславливало наиболь-

ший выход инулина и минимальные его потери. Оптимальной степени измельчения корней удалось достичь с размером частиц 2-3 мм. Экстракция при температуре 90-95°C проходит также, как при температуре 80-85°C (полностью экстрагируется), но качество глюкофруктана снижается, из-за карамелизация продукта. Таким образом, установлено, что наиболее эффективным является получение глюкофруктана при измельчении сырья до размера частиц в 2-3 мм и при температуре 80-85°C, при этом качество продукта сохраняется. В основе разработки лежит метод кислотного гидролиза глюкофруктана. По этим данным разработан способ получения фруктозных сиропов из глюкофруктана.

Ключевые слова: глюкофруктан, Инула высокая, Кузиния теневая, топинамбур, экстракция, фруктозный сироп, гидролиз.

The purpose of this work is to develop a method for producing fructose syrups from glucofructan. For this were used: representatives of Inula High, Shadow Cousinia and Jerusalem artichoke (variety Kyrgyz White). Extraction was carried out at a temperature of 70-95 °C for one hour in the ratio of raw materials and extractant (1:10). This caused the greatest yield of inulin and its minimum loss. The optimum degree of grinding of the roots was achieved with a particle size of 2-3 mm. Extraction at a temperature of 90-95 °C is the same as at a temperature of 80-85°C, but the quality of glucofructan decreases, due to the caramelization of the product. Thus, it was found that the most effective is to obtain glucofructan when grinding raw materials to a particle size of 2-3 mm and at a temperature of 80-85 °C, while the quality of the product is maintained. The development is based on the method of acid hydrolysis of glucofructan. From these data, a method has been developed for producing fructose syrups from glucofructan.

Key words: *glucofructan, Inula High, Shadow Cousinia, Jerusalem artichoke, extraction, fructose syrup, hydrolysis.*

Большое количество фруктозных сиропов потребляется в различных отраслях промышленности как пищевой заменитель сахара. Они обладают низкой вязкостью, высокой гигроскопичностью, обусловленной присутствием фруктозы, что способствует сохранению влаги и предотвращению высыхания в продуктах. Использование лекарственных растений при получении фруктозного сиропа позволяет повысить его пищевую и биологическую ценность, рекомендовать его как профилактическое средство для оздоровления организма, а также для питания больных с сахарным диабетом [1].

Полисахариды высших растений играют важную биологическую роль в жизненных процессах как ценные физиологически активные вещества, не обладающие токсичностью и способствующие усвоению организмом других лекарственных препаратов.

Водорастворимые полисахариды, представленные глюкофруктаном (инулином) могут обладать различными фармакологическими эффектами (иммуномодулирующая, бактерицидная и антиоксидантная активность) [2,3]. Известно, что полисахаридные молекулы, построенные из остатков D-фруктозы входят в состав многих высших растений, в том числе и в состав сложноцветных и злаковых, где им отводится роль пищевого резерва. Физико-химические свойства глюкофруктанов, закономерность их распространения в природе и механизм действия в клеточных структурах изучены еще недостаточно.

Целью данной работы является определение оптимальных условий получения фруктозных сиропов из глюкофруктанов выделенных из трех видов растений.

В качестве растительного сырья для извлечения глюкофруктанов были выбраны подземная часть растений Инула высокая, Кузиния тeneвая и топинамбур (сорт Кыргызский Белый), заготовленная в период

фазы плодоношения на территории Чуйской долины.

Инула высокая (Девясил высокий) (*Inula helénium*) – многолетнее растение рода Девясил. Настойки и экстракты из корней и корневищ используется в народной медицине как отхаркивающее, противовоспалительное и мочегонное средство.

Кузиния тeneвая (*Cousinia umbrosa Bunge*) – многолетнее сорное растение высотой 60-120 см. В отличие от других кузиний характеризуются сочной зеленой надземной массой.

Клубни многолетнего травянистого растения топинамбура (земляная груша, *Heliánthus tuberosus*) богаты инулину, клетчатке, пектину и незаменимым аминокислотам.

Растения этих родов семейства сложноцветных можно считать легкодоступным растительным сырьем так как они произрастают по всей территории Кыргызстана. Клубни и надземная часть растений содержат биологически активных соединений и микроэлементов в значительных количествах [4]. Основным водорастворимым полисахаридом этих растений является глюкофруктан (инулин) который, используется как диетический продукт для улучшения структуры рациона питания населения, особенно больных сахарным диабетом.

После сбора подземная часть растений была высушена на воздухе в естественных условиях до содержания влаги 11%.

Одной из важных стадий подготовки сырья является измельчение сырья с целью ускорения процесса извлечения полисахаридов. Измельчение корней растительного сырья производили на дезинтеграторе производительностью 100 кг /час, для более полного экстрагирования глюкофруктана.

На выход основного продукта и на его качественные характеристики оказывает влияние соотношение сырья: реагент. Растительное сырье экстрагировали водой в соотношении сырья и экстрагента (1:10) на водяной бане (70-95°C) в течении 1 ч.

Таблица 1

Влияние степени измельчения сырья на выход глюкофруктанов

Растения	Размер частиц 4-5 мм		Размер частиц 1,5-2 мм		Размер частиц 0,5-1 мм	
	Выход %	Качество %	Выход %	Качество %	Выход %	Качество %
Кузиния тeneвая (<i>C. umbrosa Bunge</i>)	18,0	77,2	22,3	83,1	23,1	82,4
Инула высокая (<i>Inula helénium</i>)	19,5	82,0	25,5	83,0	25,8	82,3
Топинамбур (<i>Heliánthus tuberosus</i>)	17,1	80,9	18,8	81,4	18,5	81,3

Сырье с размером частиц 4-5 мм не экстрагируется полностью даже при 80-95 °С. Глюкофруктан лучшего качества с максимальным выходом можно получить при экстрагировании сырья с размером частиц 0,5-1 мм. Но частицы с такими размерами быстро

забивают поры фильтров, время процесса фильтрации продлевается. В таблице 2 представлены данные зависимости выхода глюкофруктанов от температурного режима экстракции.

Таблица 2

Влияние температуры экстракции на выход и качество глюкофруктанов

Растения	Размер частиц 4-5 мм		Размер частиц 1,5-2 мм		Размер частиц 0,5-1 мм	
	Выход %	Качество %	Выход %	Качество %	Выход %	Качество %
Температура экстракции 70-75°С						
Инула высокая	18,7	81,4	23,7	82,3	24,6	81,1
Кузиния теневая	16,5	81,6	21,6	82,4	22,4	81,5
Топинамбур (Кыргызский белый)	15,4	81,4	16,3	82,5	17,5	81,5
Температура экстракции 80-85°С						
Инула высокая	19,3	82,7	25,4	83,0	25,6	83,1
Кузиния теневая	18,6	82,6	22,3	83,1	22,6	83,2
Топинамбур (Кыргызский белый)	16,7	80,0	18,8	82,3	19,0	82,7
Температура экстракции 90-95°С						
Инула высокая	19,4	82,7	22,4	80,1	22,4	77,2
Кузиния теневая	12,8	80,1	14,8	78,2	14,7	79,0
Топинамбур (Кыргызский белый)	16,6	80,5	18,6	80,3	18,6	78,0

При температуре 80-85°С экстракция сырья с размером частиц 4-5 мм не проходит полностью и полное извлечение водорастворимых полисахаридов не происходит. В этой же температуре экстракция сырья с размером частиц 2-3 мм и 0,5-1 мм проходит полностью. При экстракции сырья с размерами 0,5 - 1 мм вызывает трудности фильтрование продукта в связи с забиванием поры фильтра, что значительно увеличивается время проведения процесса. Полностью экстрагируются полисахариды и при температуре 90-95°С, но при этом получается глюкофруктан низкого качества, так как происходит карамелизация продукта при высоких температурах.

Таким образом, подобраны параметры температурного режима извлечения полисахаридного комплекса, позволившие получить максимальное количество качественного глюкофруктана с минимальным содержанием примесных соединений. Оптимальным условием получения глюкофруктана можно считать измельчение сырья до 2-3 мм и водная экстракция при температуре 80-85 °С.

После двухкратной экстракции сырья с размером частиц 2-3 мм, водные экстракты объединяли и упаривали под вакуумом при температуре 40-45°С до по-

ловины объема. После охлаждения до комнатной температуры добавляли этанол в соотношении 1:1 и перемешивали в течение 5 минут. Белки и другие балластные вещества методом дробного осаждения были извлечены из экстрактов и выпадали в осадок. После фильтрования и упаривания экстракта добавляли этанол в соотношении 1:1,5 и оставляли в кристаллизаторе. Через 24 ч. Отделяли фильтрованием выпавший инулин и промывали 96%-ным этиловым спиртом [5].

В настоящее время фруктозный сироп, вырабатываемый из клубней растений приобретает большое значение в мировой практике. Разработана технологическая схема производства фруктозного сиропа, вырабатываемого из клубней, гидролизом глюкофруктана соляной кислотой. Предлагаемый способ получения сиропа характеризуется минимальными потерями при переработке сырья. Полученный фруктозный сироп может быть использован в пищевой и кондитерской промышленности с целью замены сахара на фруктозу и используется для производства биологически активных добавок, а также в производстве продуктов детского и диетического питания [6]. Фруктозный сироп используется непосредственно в питании человека различными формами нарушения об-

мена веществ, в том числе страдающих сахарным диабетом.

Полученные образцы глюкофруктанов представляют собой белый порошок нерастворимый в холодной воде, растворяющийся в воде после набухания. Чистота глюкофруктана составляет 83-88%, содержание золы до 4%. По данным хроматографического метода мономерный состав фруктозного сиропа состоит из фруктозы и глюкозы. В глюкофруктанах растений *Inula helenium* содержание глюкозы и фруктозы определенным по методу Кольтгоффа составляет 18,2 и 81,8% соответственно. По результатам анализа в гидролизатах Кузиния теневая и Топинамбур (Кыргызский белый) были идентифицированы только глюкоза и фруктоза в соотношениях 15,3%:84,7% и 24,6%:75,4% [7].

Расход дистиллированной воды составляет 3 л на 1 кг глюкофруктана.

Гидролиз глюкофруктана до фруктозы проводили раствором соляной кислоты (3 мл концентрированной HCl), непосредственно в водной смеси сырья при 80-85°C в течение 60 мин. Смесь нейтрализовали до pH 6,5-7,0 с CaCO₃. Гидролизат осветляли активированным углем при 60°C в течение 10-15 минут. Осветленный гидролизат концентрировали для получения фруктозного сиропа при температуре 40-45°C до рефракции 1,498-1,500. Проводили контрольную фильтрацию концентрированного гидролизата при температуре 50°C и промывали дистиллированной водой

200 мл при температуре 55°C. Получали очищенный фруктозный сироп с содержанием фруктозы 91% из глюкофруктанов трех видов растений. Выход продукта составляет 80-85%.

Литература:

1. Голубева Л.В., Долматова О.И., Смольский Г.М., Бочарова Е.И. Фруктозо-глюкозный сироп "Одуванчиковый" // Пищевая промышленность. - 2010. - №8. - С. 54-57.
2. Сафонова Е.А., Лопатина К.А., Федорова Е.П. Водорастворимые полисахариды мать-мачехи обыкновенной и аира болотного как корректоры гематотоксического эффекта паклитаксела // Сибирский онкологический журнал. - 2009. Прилож. 1. - С. 172-173.
3. Лигачёва А.А. Иммунофармакологические свойства полисахаридов полыни горькой, клевера лугового, березы повислой: автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Томск, 2010. - 22 с.
4. Флора Кыргызской ССР. Определитель растений Кыргызской ССР. - Фрунзе: Илим, 1965. Т. XI: Семейство сложноцветные. - С. 81, 240, 242.
5. Турдумамбетов К., Ажибаева З.С., Гончарова Р.А., Эрназарова Э.Э. Разработка способа получения фруктозных сиропов из глюкофруктана // Проблемы современной науки и образования. - 2016. - №28. - С.17-20.
6. Ли Е.В., Сусянок Г.М., Соколова О.С. Производство фруктозного сиропа из топинамбура кислотным способом // Аграрная Россия. - 2017. - №2. - С. 25-28. (doi.org/10.30906/1999-5636-2017-2-25-28).
7. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений. - Л. 1987. - 87 с.