

К. Н. Нуридуллаева¹, Ё. С. Кариева^{1,*}, Р. М. Халилов²

РАЗРАБОТКА ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ИНУЛИНА ИЗ КОРНЕЙ ОДУВАНЧИКА ЛЕКАРСТВЕННОГО (*Taraxacum officinale* Wigg.)

¹ Ташкентский фармацевтический институт, Узбекистан, 100015, Ташкент, ул. Айбека, 45.

² Институт химии растительных веществ имени академика С. Ю. Юнусова АН РУз, Узбекистан, 100170, Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77.

* e-mail: yosk@mail.ru

Для интенсивного экстрагирования инулина из корней одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Wigg.) применен метод экстракции с принудительной циркуляцией экстрагента. Тремя способами получены образцы инулина, который оценивали по выходу и чистоте инулина. На основании полученных данных разработана промышленная технология производства инулина из корней одуванчика лекарственного, заключающаяся в экстракции корней водой при 80 °С, циркуляции экстрагента со скоростью 90 л/ч, концентрировании экстракта до содержания 70 % сухого остатка и осаждения инулина добавлением 95 % этилового спирта в объемном соотношении концентрат — этиловый спирт 1:4, отстаивании в течение 8 ч. В результате получен инулин с выходом 30,0 % от массы сырья с чистотой не менее 80 %. Установлены следующие характеристики: потеря в массе при высушивании — не более 5,0 %; золы — не более 2 %; тяжелые металлы — не более 0,001 %; содержание инулина — не менее 80,0 %. По содержанию токсических элементов, пестицидов и радионуклидов полученный продукт соответствует требованиям стандартов и является безопасным для применения в фармацевтическом производстве

Ключевые слова: одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.); инулин; экстракция; осаждение; технология.

Инулин является эффективным пребиотиком, и ежедневное употребление его значительно повышает количество бифидобактерий в кишечнике. Также он улучшает утилизацию глюкозы, стимулирует процессы синтеза белка, холестерина, желчных кислот, способствует обезвреживанию токсических веществ в кишечнике и крови [1 – 3].

Инулин имеет потенциальное применение в фармацевтике: в качестве добавки в таблетированных лекарственных формах для повышения скорости растворения активной субстанции, а также для таргетной доставки в толстую кишку; в качестве стабилизатора и адьюванта вакцин. Инулин также увеличивает стабильность белков, что показано на примере гемагглютинаина из вакцины против гриппа, который хорошо сохранялся в присутствии инулина после замораживания и высушивания на холоде [4, 5].

Инулин является биополимером и не оказывает раздражающего, алергизирующего действия, легко всасывается и утилизируется в организме человека. При растворении в воде инулин образует кремообразный гель, что обуславливает возможность его применения в качестве загустителя при производстве мягких лекарственных форм, кровезаменителей, а также стабилизатора эмульсий [6].

Инулин внесен в Фармакопею Соединенных Штатов Америки (USP: Inulin CAS RN®: 9005-80-5; UNII: JOS53KRJ01) [7]. На фармацевтическом рынке Узбекистана зарегистрированы комбинированные лекарственные препараты, в состав которых входит инулин: эубиотический препарат Ротабиотик — Rotabiotic (капс. N10 (1 × 10), N20 (2 × 10), блистеры; рег. № DV/X 09945/06/22: капс. N6, N12 (блистеры), N25

(флаконы); рег. № DV/X 04481/06/18; Rotapharm Limited (Великобритания)) и средство против диареи Ротабиотик беби — Rotabiotic Baby (порошок для приготовления раствора для приема внутрь 3 г N10 (пакетики); Рег. № DV/X 04481/06/18), а также пробиотик Опефера — Opefera (Капс. N10, N20 (блистеры); рег. № DV/X 09433/11/21; World Medicine Limited (Великобритания)) [8].

В промышленных масштабах инулин получают в основном из корней цикория, клубней топинамбура и агавы. Однако, учитывая возрастающую потребность в инулине, поиск перспективных источников данного полисахарида является актуальным. Одним из подобных источников является одуванчик лекарственный — *Taraxacum officinale* Wigg (сем. Asteraceae) — многолетнее травянистое растение, в качестве сырья используются корни. Химический состав одуванчика разнообразен: инулин (до 40 %), сахар (до 20 %), яблочная кислота (0,25 %), каучук (2 – 3 %), аскорбиновая кислота, смолы, жирное масло, малоизученные тритерпеновые соединения, спирты, стерины [9 – 11].

На сегодняшний день разработано большое количество способов производства инулина, различающихся режимом предварительной подготовки растительного сырья, видом использованного экстрагента, методами экстрагирования, очистки и сушки. Основная технология включает в себя стадии экстракции с использованием диффузии горячей водой, очистки и сушки экстракта с получением чистого порошка инулина [12 – 15]. Известны способы экстрагирования инулина при высоких температурах не только водой, но и солевыми растворами, а также органическими растворителями при низких температурах [15 – 21].

Для очистки инулинсодержащего растительного экстракта применяют активированный уголь, фосфорную кислоту, карбонат кальция, ионообменные смолы, а также хроматографические методы и методы фильтрации [15, 19, 20, 22, 23]. Российские ученые предложили способ осаждения инулина этиловым спиртом различной концентрации [18]. Согласно опубликованным данным, при производстве порошкообразного инулина широко используются сублимационная и распылительная сушка, а также высушивание при комнатной температуре [24 – 26].

Учитывая вышеизложенное, целью настоящих исследований явилась разработка промышленной технологии получения инулина из корней одуванчика лекарственного.

Экспериментальная часть

Эксперименты проводили с использованием сырья с содержанием инулина 30,6 %. Сырье заготовлено в 2022 г. 10 – 20 сентября в Бостанлыкском районе Ташкентской области.

Содержание сухого остатка в растворах определяли на рефрактометре марки “Pocker Refractometer” (Япония).

Содержание инулина определяли спектрофотометрическим методом [27].

Нами получено 3 образца инулина из корней одуванчика лекарственного различными способами. С целью эффективного извлечения инулина во всех опытах применяли способ экстракции с принудительной циркуляцией экстрагента, в качестве экстрагента применяли очищенную воду.

Образец I. В экстрактор с рубашкой для подачи пара и установленным насосом для циркулирования экстрагента загружали 10,0 кг сырья, заливали 60,0 л воды, в рубашку экстрактора подавали пар и экстракцию проводили при скорости циркуляции экстрагента 90 л/ч при температуре 80 °С. Экстрагент циркулировали вытягиванием экстракта из днища экстрактора, подавая сверху в виде душа. Первую экстракцию проводили в течение 4 ч, затем экстракт сливали в количестве 40,0 л. В экстрактор заливали новую порцию очищенной воды (40,0 л) и проводили экстракцию в течение 3 ч, циркулируя экстрагент со скоростью 90 л/ч, при температуре 80 °С. Второй экстракт сливали и проводили третью экстракцию аналогично второй экстракции. Полученные экстракты охлаждали, объединяли, отфильтровывали на нутч-филтре, заправленном бельтингом. Отфильтрованный экстракт концентрировали (вакуум – 0,8...–0,6 кгс/см², температура 60 °С) до содержания 10 % сухой массы. Затем концентрат сушили в распылительной сушилке форсунчатого типа (марка Anhydro No. 2) при температуре сушильного агента на входе 170 – 180 °С, выходе — 85 – 90 °С, скорость подачи раствора — 5 л/ч, давление подачи раствора — 0,2 МПа.

Образец II. В экстрактор загружали 10,0 кг сырья, трехкратно экстрагировали водой, настаивая по 5 ч при комнатной температуре. Во время экстракции температура составила 18 – 22 °С. Затем промытое сырье

трехкратно экстрагировали водой при температуре 80 °С, при скорости циркуляции экстрагента 90 л/ч, по 3 ч. Экстракты объединяли, отфильтровывали, концентрировали и сушили при условиях сушки образца I.

Образец III. Экстракт, полученный аналогично образцу I, концентрировали до содержания 70 % сухого остатка. В концентрат при интенсивном перемешивании добавляли 95 % этиловый спирт в объемном соотношении концентрат — спирт 1:5. Оставляли на 6 ч, осадок отфильтровывали и сушили в сушильном шкафу при температуре 60 °С.

С целью определения соотношения этилового спирта и воды для осаждения инулина эксперименты проводили следующим образом: 12 кг сырья экстрагировали в условиях, аналогичных получению образца I, полученные экстракты объединяли, отфильтровывали и разделили на 10 порций. Каждую порцию концентрировали до различного показателя содержания сухого остатка. Из каждого концентрата осаждали инулин, заливая 95 % этиловый спирт в различном количестве. Водно-спиртовой раствор каждого эксперимента отстаивали в течение 12 ч. Осадки отфильтровывали и сушили в сушильном шкафу при температуре 60 °С.

Для определения времени осаждения следующие 5 порций экстракта концентрировали до содержания 70 % сухого остатка, заливали 95 % этиловый спирт при перемешивании в объемном соотношении 1:4 и оставляли на различные промежутки времени. После истечения времени осадки отфильтровывали и сушили аналогично предыдущему эксперименту.

Физико-химические показатели, такие как потеря в массе при высушивании, зольность и содержание тяжелых металлов определяли на основании методик, приведенных в Государственной фармакопее Республики Узбекистан [28].

Определение показателей безопасности. Подготовку проб к минерализации проводили в соответствии с ГОСТ 26929–94 “Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения токсичных элементов” [29]. Определение содержания ртути — по ГОСТ 26927–86 “Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути” [30]. Определение содержания мышьяка — по ГОСТ 26930–86 “Сырье и продукты пищевые. Методы определения мышьяка” [31]. Определение содержания кадмия и свинца основано на использовании инверсионной вольтамперометрии.

Результаты и их обсуждение

Основываясь на литературных данных, при получении образцов инулина экстракцию проводили горячей водой (80 °С). Образцы инулина получили тремя способами. При первом способе основывались на прямой сушке водного экстракта. При втором — ориентировались на две повторные экстракции растительного сырья, при этом на первом этапе облагораживали сырье путем удаления низкомолекулярных полисахаридов, экстрагируя холодной водой, и последовательно извлекали инулин горячей водой. В третьем способе инулин очищали путем осаждения из этилового спир-

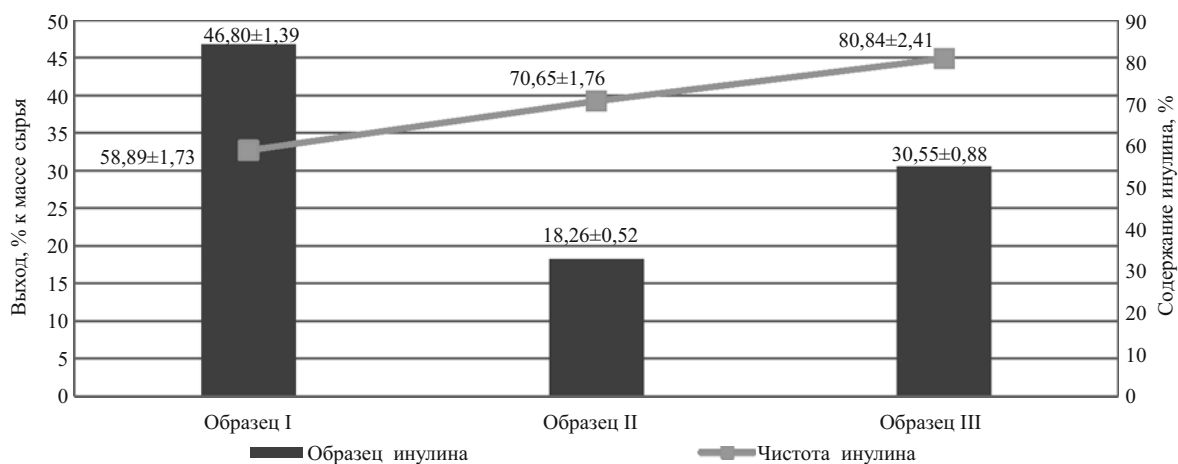


Рис. 1. Выход и чистота образцов инулина из корней одуванчика лекарственного в зависимости от способа их получения.

Влияние сгущения экстракта и количества добавляемого 95 % этилового спирта на выход и чистоту инулина

Таблица 1

№ опыта	Содержание сухого остатка в концентрированном экстракте, %	Количество добавляемого 95 % этилового спирта в объемных соотношениях концентрат : спирт	Выход инулина, % к массе сырья	Чистота инулина, %
1	60	1:4	22,75 ± 0,46	72,94 ± 2,19
2	60	1:5	26,12 ± 0,53	76,55 ± 2,26
3	60	1:6	29,85 ± 0,74	80,07 ± 2,38
4	70	1:3	27,68 ± 0,55	79,56 ± 2,32
5	70	1:4	30,14 ± 0,85	81,38 ± 2,40
6	70	1:5	30,48 ± 0,87	80,79 ± 2,44
7	70	1:6	31,65 ± 0,92	75,36 ± 2,25

та. При каждом способе анализировали выход инулина и его чистоту (рис. 1).

Результаты экспериментов, приведенные на рис. 1, показывают, что выход инулина при первом способе составляет 90,07 % от содержания в сырье, при втором — 42,16 % и при третьем — 81,47 %. Результаты исследований свидетельствуют, что при промывке сырья холодной водой также теряется часть инулина. По содержанию инулина образец III превосходит другие образцы. Полученные данные также показывают, что потери инулина при осаждении из этилового спирта составляют около 9 %. Таким образом, для получения инулина из корней одуванчика выбрали способ получения образца I, заключающийся в экстракции сырья со скоростью циркуляции экстрагента 90 л/ч, при температуре 80 °С, фильтрации и объединении экстрактов, концентрировании, а затем осаждении инулина добавлением этилового спирта.

Эффективность проведения процесса осаждения инулина зависит от таких факторов, как сгущение экстракта, количество добавляемого этилового спирта и время отстоя. На первом этапе изучали влияние соотношения водного раствора и этилового спирта на процесс осаждения инулина (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что количество осаждаемого инулина прямо пропорционально количеству добавляемого спирта. Одновременно с этим, увеличение количества этилового спирта также приводит к снижению со-

держания инулина в конечном продукте. Желаемые результаты получили в опытах № 3, 5 и 6. Учитывая затраты этилового спирта в процессе осаждения, выбрали условия, приведенные в опыте № 5. Таким образом, рекомендуется концентрировать полученный водный экстракт до содержания сухого остатка 70 % и добавлять этиловый спирт в объемном соотношении 1:4.

На следующем этапе исследований по подбору оптимальных условий осаждения инулина изучали влияние времени отстоя водно-спиртового раствора инулина на выход и качество целевого продукта (табл. 2).

Результаты исследований, приведенные в табл. 2, свидетельствуют, что в течение 8 ч после добавления этилового спирта инулин осаждается максимально. Выдерживание водно-спиртового раствора более 12 ч

Влияние времени отстоя водно-спиртового раствора на выход и чистоту инулина

Таблица 2

№ опыта	Время отстоя, ч	Выход инулина, % к массе сырья	Чистота инулина, %
1	6	28,44 ± 0,71	81,48 ± 2,43
2	8	30,25 ± 0,74	81,07 ± 2,42
3	10	30,48 ± 0,76	80,82 ± 2,40
4	12	30,94 ± 0,79	80,30 ± 2,38
5	14	31,57 ± 0,81	78,42 ± 2,34

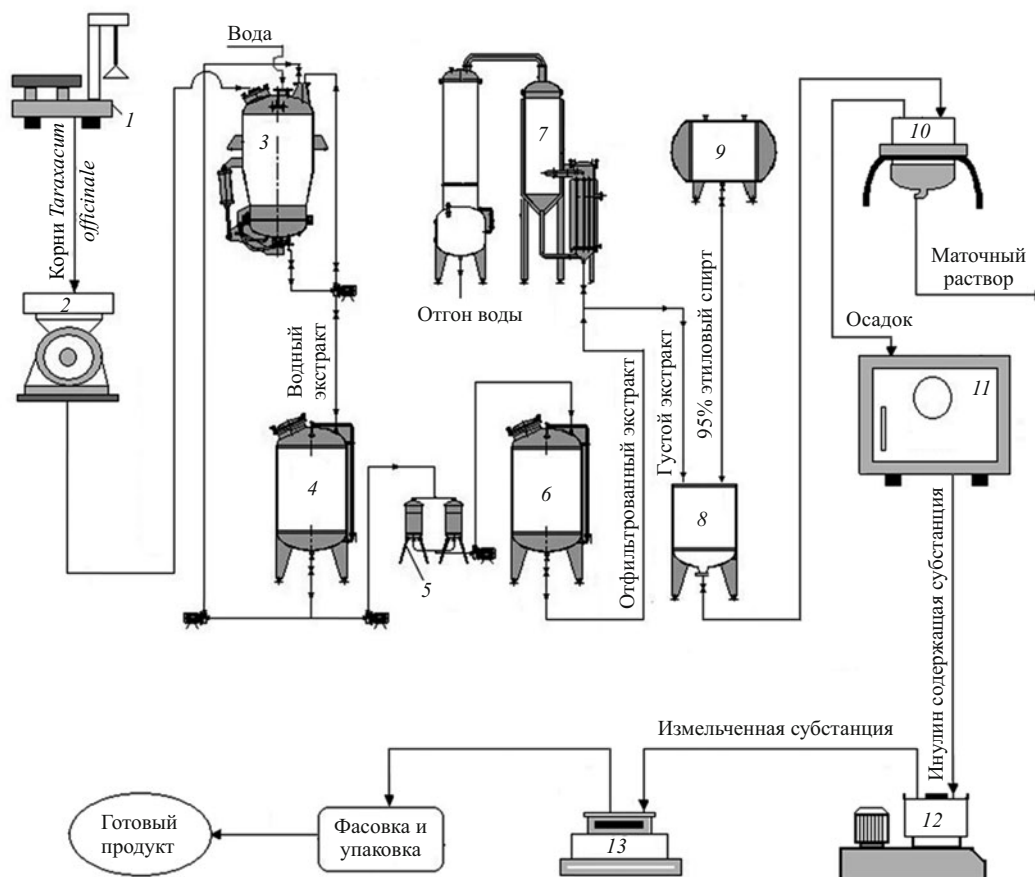


Рис. 2. Аппаратурная схема получения инулина из корней одуванчика лекарственного: 1 — весы; 2 — молотковая мельница; 3 — экстрактор; 4, 6 — сборники; 5 — пресс-фильтр; 7 — вакуум-выпарной аппарат; 8 — реактор; 9 — мерник; 10 — нутч-фильтр; 11 — сушильный шкаф; 12 — ножная мельница; 13 — сито.

приводит к осаждению и сопутствующих веществ, которые способствуют снижению качества целевого продукта.

Результаты проведенных исследований позволили разработать промышленную технологию получения инулина из корней одуванчика лекарственного (рис. 2).

Технологическое описание. Воздушно-сухие корни одуванчика лекарственного взвешивают на весах (1) в количестве 105,0 кг с содержанием влаги 6 %, измельчают на молотковой мельнице типа ДДК (2). Степень измельчения сырья — 80 % прохода через сито с размером отверстий 6 мм. Получают 100,0 кг измельченных корней одуванчика лекарственного с содержанием инулина 30,6 %. Молотое сырье затаривают вручную в мешки и передают на стадию извлечения из него инулина.

В экстрактор (3) объемом 1000 л с рубашкой для подачи пара и установленным насосом для циркулирования экстрагента загружают 100,0 кг измельченного сырья. В экстрактор заливают 600,0 л очищенной воды. Затем в рубашку экстрактора подают пар и включают насос для циркулирования экстрагента со скоростью 90 л/ч. Процесс экстракции проводят при температуре 80 °С в течение 6 ч. После экстракции водный экстракт в количестве 400 л сливают в сборник (6). В экстрактор заливают новую порцию 400 л очищенной воды и проводят вторую экстракцию ана-

логично первой. Таким же образом проводят и третью экстракцию. Объединенные экстракты из сборника (6) с помощью давления инертного газа отфильтровывают через пресс-фильтр (5), заправленный бельтингом, в сборник (7).

Шрот через нижний люк выгружают из экстрактора (3) в тележку и отправляют в отвал.

Спиртовой экстракт в количестве 1200,0 л из сборника (6) порциями по 100 – 120 л подают в вакуум-циркуляционный выпарной аппарат (7). Упаривание ведут при температуре 60 – 70 °С и вакууме 0,04 – 0,08 МПа (0,4 – 0,8 кгс/см²) до 70 % сухого остатка. Концентрат сливают в реактор (8) и из мерника (9) с перемешиванием подают этиловый спирт в объемном соотношении концентрат — спирт 1:4. Водно-спиртовой раствор инулина оставляют на 8 ч. Осадок отфильтровывают через нутч-фильтр (10). В конце фильтрации для удаления остатка воды осадок промывают 5,0 л 95 % этиловым спиртом. Осадок загружают в сушильный шкаф (11), где сушат при температуре 60 °С в течение 3 ч.

Для эффективного проведения процесса сушки каждые 15 – 20 мин высушиваемую массу перемешивают.

Высушенную массу измельчают на мельнице (12) и просеивают через сито (13) с отверстиями 0,5 мм. Готовый инулин упаковывают и маркируют. Получают 30,0 кг упакованного инулина.

На основе экспериментальных данных установлены органолептические и физико-химические показатели инулина из корней одуванчика лекарственного (табл. 3).

Поскольку инулинсодержащие препараты предназначены для использования при производстве фармацевтических препаратов, важное значение приобретают показатели безопасности. В связи с этим нами изучено содержание токсических элементов, радионуклидов и остаточное количество пестицидов в инулине из корней одуванчика лекарственного, полученном по предлагаемой технологии (табл. 4).

Как видно из табл. 4, по содержанию токсических веществ инулин из корней одуванчика лекарственного соответствует предъявляемым требованиям.

Таким образом, для экстрагирования инулина из корней одуванчика лекарственного предложена экстракция водой при температуре 80 °С, со скоростью циркуляции экстрагента 90 л/ч. Для очистки экстракта

от сопутствующих веществ предложен метод осаждения инулина из этилового спирта. Установлено, что концентрирование экстракта до содержания 70 % сухого остатка и осаждение инулина при добавлении 95 % этилового спирта в объемном соотношении концентрат — этиловый спирт 1:4 с последующим отстаиванием в течение 8 ч позволит производить продукцию, стабильную по качеству и выходу. На основании полученных результатов разработана промышленная технология производства инулина из корней одуванчика лекарственного.

Установлены органолептические и физико-химические показатели инулина из корней одуванчика лекарственного, полученного по разработанной технологии, при этом содержание инулина составляет не менее 80 %. Химический анализ инулина, полученного по разработанной технологии, показал, что продукт по содержанию токсических веществ соответствует требованиям стандартов.

Таблица 3

Характеристика инулина из корней одуванчика лекарственного

№	Определяемый показатель	Нормативы по НД	Полученные результаты
1	Внешний вид	Аморфный порошок белый с кремоватым оттенком со светло-коричневыми вкраплениями	Соответствует
2	Растворимость	Легко растворим в горячей воде и трудно в холодной	Соответствует
3	Подлинность	1. К 1 – 2 мл водного раствора инулина добавляют раствор тимола с серной кислотой, должно появиться оранжево-красное окрашивание. 2. К 1 – 2 мл водного раствора инулина добавляют 20 % спиртовой раствор α -нафтола и концентрированную серную кислоту, должно появиться фиолетово-розовое окрашивание	Соответствует
4	Потеря в массе при высушивании	Не более 5 %	$3,56 \pm 0,11$ %
5	Тяжелые металлы	Не более 0,001 %	Соответствует
6	Зола общая	Не более 2 %	$1,47 \pm 0,04$ %
7	Микробиологическая чистота	В 1 г сухого экстракта допускается наличие общего числа аэробных микроорганизмов — не более 10^4 КОЕ, дрожжевых и плесневых грибов — не более 10^2 КОЕ, энтеробактерий, устойчивых к желчи, не более 10^2 КОЕ, при отсутствии <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> . В 25 г сухого экстракта должны отсутствовать бактерии рода <i>Salmonella</i>	Соответствует
8	Чистота инулина, %	Не менее 80,0 %	$81,60 \pm 2,42$

Таблица 4

Содержание токсических веществ в инулине из корней одуванчика лекарственного

№	Показатели	Допустимые уровни, мг/кг, не более	Найдено, мг/кг
1	Токсические элементы: свинец мышьяк кадмий ртуть	1,0 0,2 0,1 0,03	$0,4 \pm 0,01$ $0,07 \pm 0,0017$ $0,01 \pm 0,0002$ $0,007 \pm 0,0001$
2	Пестициды: гексахлорциклогексан (α -, β -, γ -изомеры) ДДТ и его метаболиты гептахлор алдрин	0,5 0,02 Не допускается Не допускается	Не обнаружено Не обнаружено Не обнаружено Не обнаружено
3	Радионуклиды, Бк/кг: цезий-137 стронций-90	200 100	Не обнаружено Не обнаружено

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансовая поддержка

Данное исследование не имело финансовой поддержки от сторонних организаций.

Вклад авторов

К. Н. Нуридуллаева — проведение химико-аналитических и технологических исследований; Е. С. Кариева — статистическая обработка полученных результатов; Р. М. Халилов — проведение технологических исследований. Все авторы в равной степени внесли свой вклад в написание статьи и интерпретацию результатов исследовательской работы.

Благодарность

Авторы выражают благодарность ректору Ташкентского фармацевтического института, д.м.н., профессору Ризаеву Камалу Саидакбаровичу за оказанную помощь при проведении данного исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Э. Р. Сербасова, А. Б. Якупова, Ю. Р. Магасумова и др., *Биомедика*, **1**, 57 – 79 (2020).
2. J. Rodriguez, A. M. Neyrinck, M. Van Kerckhoven, et al., *BMC Med.*, **20**, 110 (2022).
3. M. B. Roberfroid, *J. Nutr.*, **137**(11), 2493S – 2502S (2007).
4. M. A. Mensink, H. W. Frijlink, K. van der Voort Maarschalk, et al., *Carbohydr. Polym.*, **130**, 405 – 419 (2015).
5. M. A. Mensink, H. W. Frijlink, K. van der Voort Maarschalk, et al., *Carbohydr. Polym.*, **134**, 418 – 428 (2015).
6. И. Ю. Митрофанова, А. В. Яницкая, Ю. С. Шуленина, *Вестн. новых мед. технол.*, **2**, 45 – 46 (2012).
7. *United State Pharmacopeia*, **46**, NF 41 (2023), www.webof-pharma.com.
8. *Государственный Реестр лекарственных средств и изданий медицинского назначения и медицинской техники, разрешенных к применению в медицинской практике Республики*

- Узбекистан*, изд. 27, Мин. Здрав. РУз (2023), сс. 616 – 662.
9. Т. Л. Киселева, Ю. А. Смирнова, *Лекарственные растения в мировой медицинской практике: государственное регулирование номенклатуры и качества*, Издательство профессиональной ассоциации натуротерапевтов, Москва (2009).
10. С. Н. Евстафьев, Н. П. Тигунцева, *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*, **1**(6), 18 – 29 (2014).
11. Ж. М. Орозбаева, Т. К. Аманкулова, *Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана*, **4**, 7 – 9 (2018).
12. A. Franck, *Br. J. Nutr.*, **87**, 287 – 291 (2002).
13. М. Н. Назаренко, Т. В. Бахатова, М. А. Кожухова и др., *Науч. журнал КубГАУ*, **94**, 10 (2013).
14. Р. В. Муцаев, И. Ю. Алексанян, Н. Э. Поликарпова, *Индустрия питания*, **3**(1), 69 – 76 (2018).
15. Патент РФ 2011114593; Бюл. № 29 (2012).
16. В. В. Лисовой, Т. В. Першакова, А. Г. Купин и др., *Науч. журнал КубГАУ*, **118**(04), 1 – 14 (2016).
17. T. Dobre, M. Stroescu, A. Stoica, et al., *Chem. Bull. "POLITEHNICA" Univ. (Timisoara)*, **53**(67), 215 – 217 (2008).
18. Патент РФ 2351166; Бюл. № 10 (2009).
19. Патент РФ 2548502; Бюл. № 11 (2015).
20. Патент РФ 2360927; Бюл. № 19 2009.
21. Патент РФ 2009111945; Бюл. № 28 (2010).
22. Патент РФ 2712554; Бюл. № 4 (2019).
23. Патент РФ 2485958; Бюл. № 18 (2013).
24. M. Walz, T. Hirth, A. Weber, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **536**, 47 – 52 (2018).
25. W. Akram, N. Garud, *Futur. J. Pharm. Sci.*, **6**, 68 (2020).
26. H. Hang, Y. Li, M. Zhao, et al., *Carbohydr. Polym.*, **95**(2), 654 – 656 (2013).
27. N. A. Ananina, O. A. Andreeva, L. P. Mycots, et al., *Pharm. Chem. J.*, **43**, 157 – 159 (2009).
28. *Государственная фармакопея Республики Узбекистан*, I изд., Министерство здравоохранения РУз, Ташкент (2021).
29. ГОСТ 26929–94 Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсических элементов, Стандартинформ, Москва (2010).
30. ГОСТ 26927–86 Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути, Стандартинформ, Москва (2010).
31. ГОСТ 26930–86 Сырье и продукты пищевые. Методы определения мышьяка, Стандартинформ, Москва (2010).

Поступила 26.12.22

DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY OF INULIN PRODUCTION FROM DANDELION ROOTS (*Taraxacum officinale* Wigg.)

K. N. Nuridullaeva¹, E. S. Karieva^{1*}, and R. M. Khalilov²

¹ Tashkent Pharmaceutical Institute, Tashkent, 100015 Uzbekistan

² Yunusov Institute of the Chemistry of Plant Substances, Tashkent, 100170 Uzbekistan

* e-mail: yosk@mail.ru

The method of extraction with forced circulation of extractant was used for intensive extraction of inulin from roots of dandelion (*Taraxacum officinale* Wigg.). The samples of inulin substance were obtained by three methods, which were evaluated by the yield and purity of inulin. Using the data obtained, an industrial technology for the inulin production from roots of dandelion medicinal has been developed. The technology consists in the extraction of roots with water at $t = 80^\circ\text{C}$, circulation of the extract at a rate of 90 l/h, concentration of the extract to a 70% dry residue and precipitation of inulin by adding 95% ethanol in the volume ratio of concentrate – ethanol 1:4, the sedimentation for 8 hours. The method provided inulin production with a yield of 30.0% by weight of raw materials with a purity of at least 80%. The following characteristics were determined: weight loss on drying no more than 5.0%; ash content up to 2%; heavy metals no more than 0.001%; inulin content not less than 80.0%. The resulting product complies with standards for the content of toxic elements, pesticides, and radionuclides and is safe for use in the pharmaceutical and food industries.

Keywords: dandelion (*Taraxacum officinale* Wigg.); inulin; extraction; precipitation; technology.