



Министерство образования и науки
Российской Федерации

Российский
химико-технологический
университет им. Д. И. Менделеева

Выпуск 190

АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Сборник научных трудов

Москва 2018 г.

РАЗГОНОВА М. П., КАЛЕНИК Т. К., КАРПЕНКО А. С. Сверхкритическая CO ₂ -экстракция в исследовании соединений гинзенозидов, получаемых из дикорастущего женьшеня <i>Panax ginseng</i> C.A. Meyer.....	162
МИРЗАЕВА Ш. У., МУХАММАДИЕВ Б. Т., КУЛДОШЕВА Ф. С. Сверхкритическая флюидная хроматография (СКФХ) экстрактов цветков джиды и листьев мяты.....	166
МИРЗАЕВА Ш. У., МУХАММАДИЕВ Б. Т., КУЛДОШЕВА Ф. С. Характеристика биологически активных веществ (БАВ), полученных сверхкритическими флюидами из косточек хурмы.....	169
ПАНОВ А. В., ЕФИМОВ Ю. С., ЧИКОВАНИ К. Г., ПОВОРОЗНЮК К. А., НИКОЛАЕВА Е. Ю. Спирулина с повышенным содержанием железа как эффективное средство в борьбе с анемией.....	171
КЛЕПИКОВА А. В., АСТАФЬЕВА О. В., ЖУРАВЛЕВА З. В. Исследование химического состава противомикробных компонентов экстрактов паслёна чёрного (<i>Solanum nigrum</i> L.).....	173
ШАКУН А. С., ВОРОБЬЕВА В. И., ЧИГИРИНЕЦ Е. Э. Исследование компонентного состава изопропанольного экстракта жмыха абрикоса.....	175
САМЕТОВА И. Н., КУХАРЕНКО А. В. Сравнение методик количественного определения инулина в сухом шроте корней лопуха большого.....	177
7. Квантово-химический расчёт и математическое моделирование	
ЯНКОВА Ю. Н., ЛЮТКИН А. С., ОРЛОВ В. Ю., ГАВРИЛОВ Г. Б. Исследование влияния электромагнитного поля на процессы разделения белков методами квантовой химии	180
САФАНОВ С. В., ПОСТНОВА М. В., СРОСЛОВА Г. А., КОВАЛЕНКО А. В. Построение и обучение нейронных сетей для предсказания влияния химических соединений на развитие растений...	182
8. Анализ и технология лекарственных средств	
ДУБОНОСОВ А. Д., ТОЛПЫГИН И. Е., ТИХОМИРОВА К. С. , БРЕНЬ В. А. Флуоресцентные реагенты на токсичные анионы и катионы тяжёлых металлов.....	185

УДК 512.61.536

Ш. У. Мирзаева, Б. Т. Мухаммадиев, Ф. С. Кулдошева

Бухарский инженерно-технологический институт, г. Бухара, Узбекистан

СВЕРХКРИТИЧЕСКАЯ ФЛЮИДНАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ (СКФХ) ЭКСТРАКТОВ ЦВЕТКОВ ДЖИДЫ И ЛИСТЬЕВ МЯТЫ

В работе использован метод сверхкритической флюидной экстракции, осуществляемой при изменении термодинамических параметров (давления и температуры), что позволяет хроматографическим методом выделить растительные ингредиенты. С этой целью проводили фракционирование токоферолов с использованием одного флюида, а именно СК-СО₂.

Полученные данные показывают значительное различие в соотношении компонентов по фракциям. В 1-й фракции экстракта мяты доминируют компоненты эфирного масла: моно- и сесквитерпены. Во 2-й фракции наблюдается примерно равное соотношение эфирного масла и высокомолекулярных спиртов. В химическом составе 3-й фракции вместе с эфирным маслом и спиртами заметно возрастает массовая доля насыщенных углеводов.

СКФХ имеет целью фракционировать очень схожие по строению вещества, например, токоферолы, каротины, липиды. Хроматографическое разделение веществ при помощи СКФ можно применять и для аналитических целей, в особенности, когда сочетаются несколько операций в одной технологической цепочке с применением одного флюида. Фракционирование в сверхкритической флюидной экстракции осуществляется изменением давления и температуры, а для выделения ингредиентов используют адсорбционную колонну – хроматографический метод.

Целью данной работы было выделение суммарных токоферолов в масле из семян с применением системы, которая после СКФ – экстракции позволяет фракционировать хроматографическим методом СКФХ.

Было обнаружено, что при давлении в 12 КПа экстрагируются только липиды, поглощающие при значениях λ , меньших 220 нм, а токоферолы экстрагируются лишь в незначительных количествах. При повышении давления до 18 КПа начинается экстракция токоферолов. При экстрагировании при 22 КПа токоферолы экстрагируются и на соответствующей зависимости поглощения от времени наблюдается сначала резкий подъём кривой, которая затем образует широкое плато, после чего медленно снижается (3).

Фракции, полученные при различных давлениях (12, 18, 22 КПа) различаются по цвету, имеют специфический запах. Можно отметить, что это обусловлено различным составом компонентов масел, экстрагированных при различных давлениях.

Таблица 1 – Зависимость выхода токоферолов от давления при СКФ – экстракции цветков джиды

Соединения	Единицы	Давление, КПа
------------	---------	---------------

	массы	12	18	22
α -токоферол	мг	0,68	2,54	3,96
β -токоферол	мг	0,36	0,82	1,18
γ -токоферол	мг	0,12	0,16	0,28

Из данных табл. 1. видно, что выход токоферолов при СКФЭ-СО₂ сильно зависит от давления и возрастает с его увеличением. Для выделения индивидуальных компонентов из жидкой фазы или для разделения различных групп веществ используется сверхкритическое флюидное фракционирование (СКФФ).

Экстракция с фракционированием. СКФФ особенно выгодно применять при высокой селективности экстрагента относительно извлекаемых веществ. Этот метод используется для ароматизации ферментированных дистиллированных напитков, дезалкоголизации вин, фракционирования полиненасыщенных жирных кислот, полярных липидов, фитостеролов, токоферолов. СКФФ может быть использовано как на извлечение целевых, так и на элиминацию нежелательных побочных веществ. В этом случае в одной схеме последовательно сочетаются экстракция, фракционирование, осаждение, сепарация и др. Например, SAS-технология (SAS – сверхкритический анти сольвент) позволяет с помощью СКФ осаждать вещества определённой группы и отделять их от целевых соединённой сепарированием.

В экспериментах с цветками джиды раствор (1 % раствор КОН в этаноле) подавался в рабочую камеру и в результате мгновенного перехода его в СКФ происходит осаждения вещества, нерастворимых в СК-СО₂. Выбор параметров процесса (табл. 2) основан на ожидаемых растворимостях в СК-СО₂ различных веществ, входящих в состав экстракта. Этанол сравнительно редко растворяется в СК-СО₂ и поэтому использовался для данного процесса.

Таблица 2 – Условия опытов по СК-фракционированию цветков джиды

№№ опыта	I	II	III
сольвент	Этанол с 1% КОН		
антисольвент	СО ₂	СО ₂	СО ₂
давление, КПа	12	18	22
температура, °С	35	35	35
концентрация раствора, мг/мл	80	80	80
скорость подачи раствора, мл/мин	2	2	2
количество поданного раствора, мл	40	15	80
общее количество поданного сухого экстрагента, г	4	2	10

Проведённая работа показывает потенциальную возможность выделения определённых целевых веществ в пределах одного опыта, варьированием условий экстрагирования и фракционирования.

В экспериментах с листьями мяты экстракцию проводили в изотермическом режиме в 3 стадии, в результате чего были выделены СК-СО₂ – экстракты, которые значительно отличались по количественному составу, внешнему виду и органолептическим показателям. При давлении 8 КПа было получено 2,88 г первой фракции, представляющей собой подвижную прозрачную жидкость жёлто-коричневого цвета с типичным запахом мяты, а при давлении в 10 КПа из того же образца была получена фракция массой 2,04 г – густая малоподвижная масса коричневого цвета с запахом масла мяты. На 3-й стадии получили фракцию массой 0,42 г при давлении 12 КПа, представляющую собой густую массу тёмного цвета со слабым запахом мяты.

Результаты сравнительного химического анализа, полученных СК – экстрактов, показывают (табл. 3), что дробное экстрагирование позволяет выделить несколько продуктов, различающихся главным образом соотношением компонентов.

Таблица 3 – Фракционный химический состав СК-СО₂ экстрактов листьев мяты

Соединение	Содержание, %		
	Фракция 1	Фракция 2	Фракция 3
Ментол	18,26	23,56	20,73
Аулен	16,18	10,22	8,04
α-пинен	18,08	12,18	10,36
Эфирные масла	8,64	10,24	9,80
Высокомолекулярные спирты	0,98	1,68	1,04
Насыщенные углеводороды	7,46	16,88	21,44

Степень истощения сырья в зависимости от давления была следующей:

Выход экстракта, %	54	40	8
Давление, КПа	8	10	12

Основываясь на этих данных, можно сделать вывод о том, что для получения целевого биологически активного вещества мяты методом СК-СО₂ экстракции достаточно применить условия 2-й стадии экстрагирования (P=10 КПа) до полного истощения сырья.

Полученные данные показывают значительное различие в соотношении компонентов по фракциям. В 1-й фракции экстракта мяты доминируют компоненты эфирного масла: моно- и сесквитерпены. Во 2-й фракции наблюдается примерно равное соотношение эфирного масла и высокомолекулярных спиртов. В химическом составе 3-й фракции вместе с эфирным маслом и спиртами заметно возрастает массовая доля насыщенных углеводородов.

УДК 512.61.536

Ш. У. Мирзаева, Б. Т. Мухаммадиев, Ф. С. Кулдошева

Бухарский инженерно-технологический институт, г. Бухара, Узбекистан

ХАРАКТЕРИСТИКА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ (БАВ), ПОЛУЧЕННЫХ СВЕРХКРИТИЧЕСКИМИ ФЛЮИДАМИ ИЗ КОСТОЧЕК ХУРМЫ

СК-СО₂ экстракты представляют собой сложный комплекс биологически активных веществ (эфирные масла, терпеноиды, жирные кислоты, фенолсодержащие соединения, витамины, пигменты, алкалоиды и др.) в своей естественной форме, экстракт практически копирует исходное растительное сырьё, причём вещества находятся в пропорциях, свойственных исходному сырью.

Большинство исследований процессов экстракции сверхкритическими флюидами посвящено обработке эфирно-масличного и пряно-ароматического растительного материала.

Сверхкритические флюидные, хладоновые и СО₂ – экстракты из эфирно-масличного сырья отличаются по составу и свойствами от эфирных масел, полученных традиционными методами. При экстракции сверхкритическими флюидами извлекаются не только летучие компоненты, способные перегоняться с водяным паром, но и ценные нелетучие БАВ, которые обычно остаются неизвлечёнными традиционными методами в отходах эфирно-масличного производства. Сверхкритические флюиды хорошо экстрагируют терпеноиды, жирные кислоты, провитамины (каротиноиды, токофероллы, группу витамина F), жирорастворимые витамины, растительные смолы, воски, парафины, фитогормоны, валтраты, горькие вещества, некоторые алкалоиды, хуже извлекаются гликозиды, флавоноиды, производные антрацена, фенолоспирты, фенолокислоты и другие водорастворимые вещества [1, 2].

Существует много отличий у сверхкритических экстрактов по сравнению с традиционными растительными экстрактами. Большинство экстрактов, полученных с помощью сверхкритических флюидов, отличаются от экстрактов, приготовленных классическими методами, повышенным содержанием жирорастворимых веществ, что отражается на их физико-химических показателях.

Экстракция различных ингредиентов из лекарственного растительного сырья с применением сверхкритических флюидов осуществляется при относительно низких температурах. Это исключает окислительные процессы в ходе экстракции БАВ. Следовательно, полученный экстракт может быть использован как исходное сырьё для конструирования новых оригинальных фармацевтических препаратов, содержащих определённую группу действующих веществ переработанного растительного сырья и как компонент уже известных лекарственных композиций. В экстрактах, полученных СК-СО₂, отсутствуют некоторые вещества и компоненты, придающие определённые вкусовые, органолеп-

тические, фармакологические свойства-качества, отличающие один лекарственный препарат (ЛП) от другого. При разведении их спиртом или водно-спиртовыми растворами такие ЛП приобретают специфический аромат и вкус.

Описывая экстракты, полученные с помощью СК-СО₂, можно отметить следующее: как правило, они имеют окраску тёмных тонов со стремлением к коричневому, меньший показатель преломления, довольно высокие значения кислотных чисел. В жиросодержащих фракциях экстрактов, полученных СК-СО₂ экстракцией, преобладают сложные эфиры и эфиры неглицеридного характера, поэтому для них отмечаются высокие значения эфирных чисел [3].

Немало работ, посвящённых исследованиям, связанным с анализом химического состава, физико-химических, технологических, биологических и фармакологических свойств экстрактов, полученных с применением различных сверхкритических экстрагентов, имеется в печати. Однако лишь сравнительно небольшая часть опубликованных работ (публикаций) посвящена лекарственным растениям и отражает направление по более широкому внедрению сверхкритических флюидных технологий сжижено-газовых экстрагентов в фармацевтическую практику. Из растительных объектов наибольший интерес исследователей вызывают те, которые уже сейчас широко применяются как источники суммарных липофильных комплексов. Прежде всего, это эфирномасличные культуры (шалфей, укроп, розмарин и др.), некоторые пряные культуры (лавр, мята, базилик и др.), масличные объекты (семена винограда, тыквы, дыни и др.) [2, 4].

В нашем исследовании цель заключалась в получении экстракта из молотых семян хурмы с применением СК-СО₂ с последующим изучением его химического состава. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Химический состав СК-СО₂ экстракта из молотых семян хурмы (%)

1	вода	7,4
2	белки	25,0
3	крахмал	12,2
4	простые углеводы	2,8
5	клетчатка	3,3
6	липиды	44,8
7	амигдалин	1,0

Липидная фракция состоит в основном из триолеина, который может быть использован в фармакопее, парфюмерии, косметике и пищевой промышленности.

Таблица 2 – Состав и физико-химические показатели масла хурмы в (%)

Содержание жирных кислот, в %		
1	стеариновая	1,2
2	пальмитиновая	2,2
Содержание ненасыщенных кислот, в %		

3	олеиновая	62
4	линолевая	24
5	линолевая и арахидоновая	3,3
6	плотность, кг/м ³	920
7	показатель преломления	3,3
8	число омыления	184
9	йодное число	106
10	родановое число	76

ЛИТЕРАТУРА

1. Muhammadiyev B. T., Gafurov K. H. Perspectives of extraction with CO₂, Развитие наук и технологий, журнал Бухарского инженерно-технологического института, 2015. №4. С. 153 – 159.

2. Зилфикаров И. Н., Челомбытько А. М., Алиев А. М. Обработка лекарственного растительного сырья сжиженными газами и сверхкритическими флюидами / под ред. проф. В. А. Челомбытько. Пятигорск, 2007. 244 с. (Монография).

3. Сафаров О. Ф., Гафуров К. Х. Применение сжиженного углекислого газа как растворителя для получения экстрактов из растительного сырья (обзор). Изд. «Бухара», 2014.

4. Мухаммадиев Б. Т., Гафуров К. Х., Сверхкритическая СО₂ – экстракция: проблемы и перспективы // Актуальные проблемы отраслей химической технологии: мат. межд. науч.-практ. конф. Бухара, 2015. С. 139.

УДК:581.1

А. В. Панов, Ю. С. Ефимов, К. Г. Чиковани, К. А. Поворознюк,
Е. Ю. Николаева

Московский технологический университет, г. Москва, Россия

СПИРУЛИНА С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЖЕЛЕЗА КАК ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО В БОРЬБЕ С АНЕМИЕЙ

Борьба с железодефицитной анемией – одна из актуальных задач, решаемых системой здравоохранения, которая затрагивает не только развивающиеся, но и развитые страны. Это заболевание может возникнуть на всех этапах жизни, и наиболее распространена среди детей младших возрастных групп от 2 до 12 лет и беременных женщин. Около 70 % всех случаев анемии во всём мире считаются вызванными дефицитом железа [1].

Известно, что употребление цианобактерий *Arthrospira Platensis* (спирулина) с пищей оказывает положительное влияние при лечении ЖДА. Эффективность использования спирулины при заболевании железодефицитной анемией обуславливается её уникальным химическим составом. Результаты экспе-