

**Материалы**

**Международной научно-практической конференции  
«Инновации в области естественных наук как основа  
экспорториентированной индустриализации Казахстана»,  
посвященной  
10-летию Казахстанской национальной академии  
естественных наук  
и  
25-летию Национального центра по комплексной переработке  
минерального сырья Республики Казахстан**

**4-5 апреля 2019 г.**

**Алматы, 2019**

---

УДК 338 (574)  
ББК 65.9 (5Каз)  
И 66

*Рекомендовано к изданию Ученым советом  
РГП «Национальный центр по комплексной переработке  
минерального сырья Республики Казахстан»*

**Ответственные редакторы:**

*академик, д.т.н. А.А. Жарменов  
академик, д.т.н. А.Ж. Терликбаева  
профессор, д.т.н. С.В. Ефремова*

**И 66** **Инновации в области естественных наук как основа экспортоориентированной индустриализации Казахстана: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 10-летию Казахстанской национальной академии естественных наук и 25-летию Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан.** – Алматы, 2019.

**ISBN 978-601-332-285-8**

Сборник содержит Материалы Международной научно-практической конференции «Инновации в области естественных наук как основа экспортоориентированной индустриализации Казахстана», посвященной 10-летию Казахстанской национальной академии естественных наук и 25-летию Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан. Представлены результаты современных исследований в области естественных наук, комплексной переработки минерального сырья, инновационные разработки в обрабатывающем секторе в разрезе реализации Послания Президента Республики Казахстан Н.Назарбаева народу Казахстана «РОСТ БЛАГОСОСТОЯНИЯ КАЗАХСТАНЦЕВ: ПОВЫШЕНИЕ ДОХОДОВ И КАЧЕСТВА ЖИЗНИ».

**УДК 338 (574)  
ББК 65.9 (5Каз)**

**ISBN 978-601-332-285-8**

© РГП «НЦ КПМС РК», 2019

Составление матрицы планирования эксперимента при изготовлении огнеупорных материалов для металлургической промышленности с оптимальной пористостью и повышенной термостойкостью <i>Ибатов М.К., Исагулов А.З., Аринова С.К., Квон Св.С., Куликов В.Ю.</i>	476
Компьютерное и математическое моделирование при подготовке специалистов и решении инженерных задач в области металлургии <i>Исагулов А.З., Ибатов М.К., Куликов В.Ю., Щербакова Е.П., Ковалёва Т.В.</i>	482
Разработка программных комплексов для оптимизации процессов литья и термообработки <i>Исагулов А.З., Квон Св.С., Куликов В.Ю., Жаркевич О.М.</i>	488
Изоникотин қышқылы гидразондары мен циклодекстриндер негізіндегі супракешендерді алу технологиясы <i>Исаева А.Ж., Сейлханов Т.М., Нуркенов О.А., Фазылов С.Д.</i>	493
Применение сверхкритической флюидной экстракции для выделения комплексов никотина из растения <i>Nicotiana tabacum</i> <i>Ихсанов Е.С., Мусабекова А.А., Алимжанова М.Б., Наурызбаев М.К.</i>	498
Изоникотин қышқылының тиосемикарбазидтері синтезі және молекулаішілік гетероциклизациясы <i>Карипова Г.Ж., Нуркенов О.А., Сейлханов Т.М.</i>	503
Термодинамические свойства новых полифункциональных соединений на основе оксидов переходных (3d-, 4f-) металлов <i>Касенов Б.К., Касенова Ш.Б., Сагинтаева Ж.И., Ермагамбет Б.Т., Куанышбеков Е.Е.</i>	509
Проблемы загрязнения водных ресурсов Восточного Казахстана промышленными отходами <i>Квасов А.И., Сагынганова И.К.</i>	514
Сызықтық асинхронды қозғалтқыштарды ағымды циклді көліктерде қолданылу мүмкінділігі <i>Куанышбаев А.Б., Молдабаев Б.Г.</i>	519
Изучение каротиноидов плодов растения <i>Crataegus orientalis</i> методом флюидной CO <sub>2</sub> – экстракции <i>Литвиненко Ю.А., Кусаинова К.М., Ихсанов Е.С., Сейтимова Г.А., Бурашева Г.Ш.</i>	522
Получение кремнеземистого продукта из отходов хризотил - асбестового производства <i>Мухаметжанова А.А., Шаяхметова Р.А., Осипов П.А., Степаненко А.С.</i>	527
Возможности зеленой химии для развития индустриализации Казахстана <i>Наурызбаев М.К., Муканова М.С., Сычева Е.С.</i>	532
Дегидратация осажденной молибденовой кислоты <i>Осипов П.А., Шаяхметова Р.А., Степаненко А.С., Мухаметжанова А.А.</i>	536
Эвтектические системы в металлургических процессах, как основа энергосбережения и эффективного технологического обеспечения в получении специальных сплавов, высокочистых металлов или полупроводников <i>Протопопов М.А., Сулейменов Э.А., Айменов Д.Т., Протопопов А.В.</i>	540
Мұнай қалдығын модификатор ретінде күкіртті цемент алуда қолдану <i>Сатаева С.С., Имангалиева А.У.</i>	547
Основная проблема при разработке технологий, обеспечивающих охрану окружающей среды <i>Тельбаев С.А., Шарипов Р.Х., Сулейменов Э.Н.</i>	551

## Изучение каротиноидов плодов растения *Crataegus orientalis* методом флюидной CO<sub>2</sub> – экстракции

Литвиненко Ю.А., Кусаинова К.М., Иксанов Е.С., Сейтимова Г.А., Бурашева Г.Ш.  
(Казахский национальный университет имени аль-Фараби  
Центр физико-химических методов анализа, г. Алматы, Казахстан)

В докладе представлены результаты качественного и количественного исследования экстракта, полученного методом сверхкритической флюидной экстракции углекислым газом из плодов растения *Crataegus orientalis*.

Проведено исследование экстракта, извлеченного методом сверхкритической флюидной экстракции, углекислым газом.

Выбран режим проведения экстракции, а именно: при сравнительно невысоком давлении в 170 бар и невысокой температуре в 40°C, скорость потока углекислоты 80 мг/мин.

В результате изучения полученного экстракта методом хромато-масс спектрометрии был идентифицирован их качественный и количественный состав.

В изучаемом экстракте установлено содержание значительного количества каротиноидов, в частности, ликопина и ликопена, помимо этого методом планарной хроматографии были идентифицированы аминокислоты, флавоноиды, дубильные вещества и углеводы.

Для более полного исследования химического состава сверхкритического экстракта, полученного из плодов *Crataegus orientalis* применён метод газовой хроматографии с масс-селективным (GC-MS) детектором.

В результате в экстракте было выделено 68 соединений, из них доминирующими являются: органические эфиры, 1-бутанол, 3-метил- ацетат, суммарное содержание эфиров составляет 36,34%, и углеводов, сумма которых составляет 15,04%, а также в значительном количестве представлены органические спирты (5,78%). Помимо этих классов в минорных количествах выделены фенолы, органические кислоты и терпены.

Кроме того, в сверхкритическом экстракте выявлено значительное содержание фитостероидов, в частности  $\gamma$ -ситостерола в количестве 4,83%.

**Ключевые слова:** *Crataegus orientalis*, каротиноиды, флюидная CO<sub>2</sub> – экстракция.

Основным технологическим процессом, позволяющим извлекать БАВ из растительного сырья, является экстракция. Классическая экстракция растительного сырья представляет собой процесс обработки сырья растворителем (экстрагентом).

При этом используемый растворитель зачастую не может быть полностью удален из полученного экстракта, кроме того, исходное сырье претерпевает ряд изменений в связи с использованием химических растворителей, что подвергает сомнению «нативность» подобных экстрактов. Кроме того, растворители не способны обеспечить извлечения полного комплекса биологически активных веществ [1].

На сегодняшний день сложившаяся в мире экологическая и социальная обстановка настоятельно требует новых подходов к извлечению биологических компонентов. В пищевой промышленности ограничено, а в фармацевтической запрещено применение ряда экстрагентов, способных оказывать токсическое или мутагенное действие. Одним из решений данной проблемы является применение в качестве экстрагента углекислого газа в сверхкритическом состоянии. А сама технология получила название — сверхкритической флюидной углекислотной экстракции растительного сырья [2].

Углекислотная экстракция растительного сырья позволяет производить переработку не только высококачественного сырья, но и отходов производства с целью экстрагирования из них основных компонентов для придания более высокого качества низким сортам продукта [3].



При давлении свыше 74 атмосфер и температуре более 30°C диоксид углерода переходит в сверхкритическое состояние, при котором его плотность как у жидкости, а вязкость и поверхностное натяжение как у газа. Подобные свойства делают сверхкритический диоксид углерода эффективным неполярным растворителем. Сверхкритический CO<sub>2</sub> способен полностью или выборочно экстрагировать любые неполярные составляющие, а при введении со-растворителя способен растворять и полярные вещества, находящиеся в растительном сырье [4,5].

Углекислый газ, применяемый в сверхкритическом состоянии для экстракции природных БАВ обладает рядом свойств присущих газам. Более того, он обладает целым рядом привлекательных свойств, обеспечивающих дополнительные преимущества при использовании этого газа в качестве вспомогательного средства при экстракции:

- универсальная растворяющая способность по отношению к органическим соединениям, физиологически не вызывает опасений, т.к. является конечным продуктом метаболизма ряда живых организмов, в том числе и человека;
- применительно к условиям сверхкритической флюидной экстракции углекислый газ химически инертен и не вступает в химические взаимодействия с извлекаемыми веществами;
- CO<sub>2</sub> относительно безопасен для окружающей среды, что позволяет говорить о возможности создания экологически чистого вида производства;
- углекислый газ является одним из самых доступных и широко используемых в пищевой промышленности газов.

В качестве объекта исследования нами был выбран экстракт, полученный методом сверхкритической флюидной CO<sub>2</sub> экстракции из плодов растения боярышник восточный (*Crataegus orientalis*) рода Боярышник (*Crataegus*) семейства Розовые (*Rosaceae*), заготовленный в Алматинской области в 2018 году.

Растительное сырье было заготовлено и высушено в соответствии с требованиями указанными в Государственной Фармакопее Республики Казахстан.

Затем была проведена экстракция при сравнительно невысоком давлении в 170 бар и невысокой температуре в 40°C, скорость потока углекислоты 80 мг/мин.

Полученный экстракт исследовали методом газовой хроматографии, на газовом хроматографе с масс-селективным детектором Agilent Technologies 7890N/5973N GC/MS при следующих условиях: колонка марки DB-35MS (30 м x 250 мм x 0.25 мм), скорость газа носителя гелия 1 мл/мин; температуру хроматографирования программируют от 40 °C (выдержка 0 мин) до 300 °C со скоростью нагрева 5 °C/мин (выдержка 5 мин); детектирование проводят в режиме SCAN m/z 34-800. Для управления системой газовой хроматографии, регистрации и обработки полученных результатов и данных использовали программное обеспечение Agilent MSD ChemStation (версия 1701EA). Обработка данных включала в себя определение времен удерживания, площадей пиков, а также обработку спектральной информации, полученной с помощью масс-спектрометрического детектора. Для расшифровки, полученных масс-спектров, использовали библиотеки Wiley 7th edition и NIST'02 [6].

Кроме того, экстракт был изучен методом УФ-спектрометрии. Количественное содержание каротиноидов было определено по методике, приведенной в Государственной фармакопее Республики Казахстан

В результате был определен качественный и количественный химический состав полученного экстракта

Данные представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Результаты изучения сверхкритического флюидного экстракта из плодов растения *Crataegus orientalis* методом хромато-масс спектрометрии

№	Время удержания, мин	Содержание, %	Название соединения
1	6,20	0,62	1-Гексанол
2	6,29	9,57	1-Бутанол, 3-метил-, ацетат
3	7,08	9,21	1,1-Дизтоксид-3-метил-бутан
4	7,57	9,57	1- (1-этоксидтоксид) пентан
5	8,17	0,90	2-Дизтоксидметил-3-метил-бутан-1-ол
6	8,54	1,94	2-Пентил-фуран
7	8,85	0,38	Бутиловый эфир бутановой кислоты
8	8,97	2,39	Этиловый эфир гексановой кислоты
9	9,25	0,42	D-лимонен
10	9,36	0,28	Гексилловый эфир уксусной кислоты,
11	9,61	0,24	Фенол
12	9,67	0,29	o-Цимол
13	10,55	0,16	1,1-Дизтоксид-гексан
14	10,69	0,17	7-Диметоксидметилбицикло [3.2.0] гептан-2-она
15	10,82	0,18	1,1,3-Триэтоксид-пропан
16	11,01	0,22	1-Хлор-3-метил-бутан
17	11,19	0,72	1,1-Дизтоксид-2-метил-пропан
18	11,53	0,12	Этиловый эфир гептановой кислоты,
19	11,70	0,03	6,10-Диметил-, (E, E)) - 5,9-додекадиен-2-он,
20	12,95	0,44	Ацетофенон
21	14,22	0,45	Этиловый эфир октановой кислоты
22	15,20	1,10	Этиловый эфир бензойной кислоты
23	15,36	1,84	N- (бензоилокси) -циклогексамин
24	19,03	0,16	2-метилфениловый эфир пентановой кислоты
25	20,38	1,84	3- (1-метил-2-пирролидинил) -, (S) -пиридин
26	21,65	1,34	7-метокси-2,2,4,8-тетраметилцикло [5.3.1.0 (4,11)] ундекан
27	22,09	0,85	1,2,3,4,5,6-гексагидро-1,1,5,5-тетраметил-2,4а-метано-7 (4aH) -он
28	22,70	0,49	Гексадекан
29	23,26	1,14	(1-этоксидтил) бензол,
30	24,75	0,22	5,6-дигидро-6-пентил-2H-пиран-2-он
31	26,60	0,65	5,6,7,7a-тетрагидро-4,4,7a-триметил-, (R) -2 (4H) -бензофуранон
32	27,22	0,74	Октадекан
33	28,37	0,33	2- (9-октадеценилокси) -, (Z) -этанол
34	29,49	0,27	2,5-бис (1,1-диметилэтил) -1,4-бензолдиол
35	29,80	0,25	3,4,5-триметоксифенил-бензолметанол
36	31,33	1,04	Эйкозан
37	32,53	1,85	n-Гексадекановая кислота
38	32,65	1,23	Этиловый эфир гексадекановой кислоты
39	33,25	0,27	Геникозан

40	34,62	4,42	Дибутилфталат
41	35,09	1,37	Докозан
42	35,57	0,26	Фалкалинол
43	36,14	0,15	Этил олеат
44	36,31	1,02	Этиловый эфир линолевой кислоты
45	36,86	1,15	Трикосана
46	38,14	1,11	1-октадеканол
47	38,57	1,80	Тетракозана
48	40,21	2,98	Пентакозан
49	41,48	1,86	Бегеновый спирт
50	41,78	1,25	Гексакозан
51	43,32	5,10	Октакозан
52	43,77	1,58	Бис (2-этилгексил) фталат
53	44,58	2,96	n-тетракозанол-1
54	45,37	0,49	Фитол, ацетат
55	45,82	0,42	Этил тетракозаноат
56	46,12	1,24	n-Тетракозанола-1
57	46,23	6,82	Нонакозан
58	46,37	2,00	Сквален
59	46,67	0,43	Октадеканаль
60	47,48	4,31	1-триаконтанол
61	47,76	0,53	2-Гептакозан
62	50,57	0,97	Фитол, ацетат
63	51,44	0,63	17-Пентатриаконтан
64	51,73	1,28	Сложный эфир бис (2,2,6,6-тетраметил-4-пиперидинил) декандиовой кислоты
65	52,03	1,82	DL- $\alpha$ -токоферол
66	53,08	0,60	3,7,11,15-тетраметил-2-гексадецен-1-ол
67	55,73	4,83	$\gamma$ -ситостерол

В результате в экстракте было выделено 68 соединений, из них доминирующими являются: органические эфиры, 1-бутанол, 3-метил- ацетат, суммарное содержание эфиров составляет 36,34% и углеводороды, сумма которых составляет 15,04%, а также в значительном количестве представлены органические спирты (5,78%), помимо этих классов в минорных количествах выделены фенолы, органические кислоты и терпены.

Кроме того, в сверхкритическом экстракте выявлено значительное содержание фитостероидов, в частности  $\gamma$ -ситостерола в количестве 4,83%.

Как видно, из рисунка 1, в полученном экстракте 1-Бутанол, 3-метил-, ацетат, 1,1-Дитоксн-3-метил-бутан и 1- (1-этоксизтоксн) пентан совокупная доля, которых составляет 28,35%, по времени удержания идут один за другим и выходят на 6,29, 7,08, 7,57 минутах соответственно.

Количественное содержание каротиноидов в экстракте составило 21,36%, что является достаточно высоким показателем для растительных объектов.

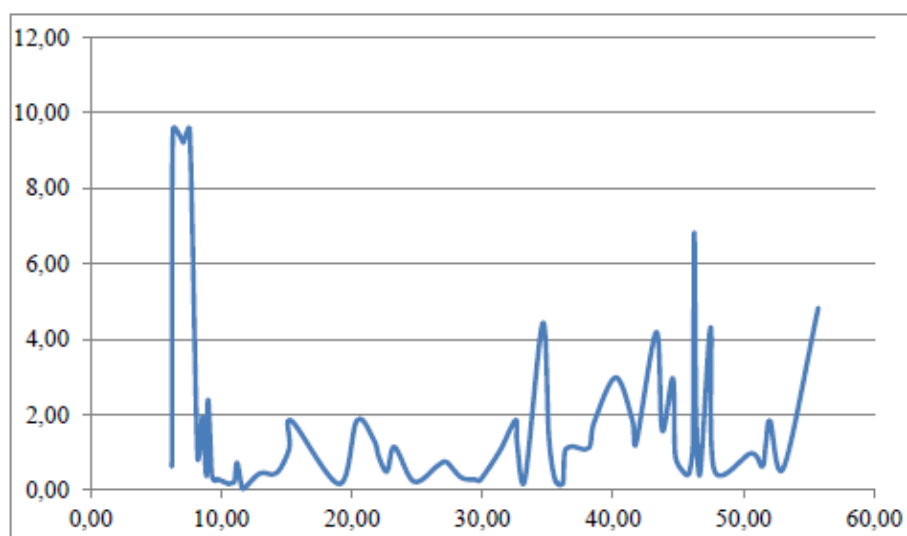


Рисунок 1 – Результаты изучения сверхкритического флюидного экстракта, полученного из плодов растения *Crataegus orientalis* методом хромато-масс спектрометрии

В результате нами впервые проведено изучение химического экстракта из плодов растения плодов растения боярышник восточный (*Crataegus orientalis*) рода Боярышник (*Crataegus*) семейства Розовые (*Rosaceae*) полученного методом сверхкритической флюидной экстракции углекислым газом.

#### Источники

- 1 Azmir J., Zaidul I.S.M., Rahman M.M., Sharif, K.M., Mohamed, A., Sahena, F., Jahurul, M.H.A., Ghafoor, K., Norulaini, N.A.N., Omar, A.K.M. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: a review // J. Food Eng. - 2013 № 117, P 426–436.
- 2 Brunner, G. Supercritical fluids: technology and application to food processing // J. Food Eng. - 2005 № 67, P 21–33.
- 3 Chemat, F., Vian, M.A., Cravotto G. Green extraction of natural products: concept and principles. // Int. J. Molec. Sci. - 2012 №13, P 8615–8627
- 4 Dang, Q.T, Phan, N.N. Optimization of supercritical CO<sub>2</sub> extraction of oleoresin from black pepper (*Piper nigrum* L.) and antioxidant capacity of the oleoresin. // Int. Food Res. J. 2014 № 21, P 1489-1493
- 5 Herrero, M., Cifuentes, A., Ibanez, E. Sub-and supercritical fluid extraction of functional ingredients from different natural sources: Plants, food-by-products, algae and microalgae: A review. // Food Chem. 2006 № 98, P 136-148
- 6 Kotnik, P., Skerget, M., Knez, Z. Kinetics of supercritical carbon dioxide extraction of borage and evening primrose seed oil. //Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2006 № 108, P 569-576.
- 7 Cavero, S., García-Risco, M.R., Marín, F.R., Jaime, L., Santoyo, S., Senorans, F.J, Reglero, G., Ibáñez, E. Supercritical fluid extraction of antioxidant compounds from oregano. Chemical and functional characterization via LC-MS and in vitro assays. //J. Supercrit. Fluids. 2006 № 38, P 62–69.