

УДК 581.192.2

## СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА, ГЕКСАНОВОГО И СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО CO<sub>2</sub>-ЭКСТРАКТОВ ИЗ КОРНЕЙ ОДУВАНЧИКА ЛЕКАРСТВЕННОГО

© Н.П. Тигунцева, С.Н. Евстафьев\*

Иркутский государственный технический университет, ул. Лермонтова, 83,  
Иркутск, 664074 (Россия), e-mail: esn@istu.edu

Приведены результаты сравнительного исследования химического состава эфирного масла, гексанового и сверхкритического CO<sub>2</sub>-экстрактов, выделенных из корней одуванчика лекарственного *Taraxacum Officinale* Wigg. Проведено изучение влияния давления и продолжительности экстракции на выход и химический состав CO<sub>2</sub>-экстрактов. Установлено, что составы исследованных объектов имеют сходства в качественном отношении, но заметно различаются соотношением групповых компонентов. Показано, что наибольший выход биологически активных веществ из корней одуванчика может быть получен при использовании сверхкритической углекислотной экстракции. Увеличение продолжительности экстракции и применение модификатора (вода, 3 мас %) способствует извлечению экстрактивных веществ. При повышении давления выход CO<sub>2</sub>-экстракта проходит через максимум при 20 МПа. Полученный экстракт характеризуется наибольшим содержанием биологически активных терпеноидов и стеролов.

*Ключевые слова:* одуванчик лекарственный, химический состав, сверхкритическая CO<sub>2</sub>-экстракция, эфирные масла, терпеноиды, стеролы.

### Введение

Одуванчик лекарственный *Taraxacum Officinale* Wigg, семейство (*Asteraceae*) – одно из лекарственных растений, традиционно используемый в народной медицине. Интерес к одуванчику объясняется не только его биологическими особенностями, такими как высокая скорость роста надземных органов, мощное развитие корневой системы, но и наличием уникального набора природных биологически активных соединений, включающих витамины, гликозиды, эфирные масла, жирные кислоты, сапонины, флавоноиды, стеролы, терпеноиды и др. [1].

Для извлечения биологически активных веществ из растительного сырья используются методы, основанные чаще всего на экстракции жидкими растворителями. При этом состав смеси экстрактивных веществ, выделяемой из одного и того же растительного сырья, как следствие, ее физиологические свойства определяются прежде всего условиями процесса выделения и селективностью растворителя [2, 3]. К недостаткам методов выделения, использующим органические растворители, наряду с низкой эффективностью можно отнести также их экологическую опасность.

В связи с этим в последние годы возрос интерес к технологиям экстракции растительного сырья сжатыми и сжиженными газами – технологиям «зеленой химии» [4–6]. Одним из перспективных направлений в этой области является использование технологий сверхкритической экстракции диоксидом углерода, предусматривающих низкотемпературную обработку растительного сырья, что очень важно при выделении БАВ, и являющихся экологически чистыми. Полученные экстракты имеют не только уникальную микробиологическую чистоту, но и хорошо сохраняют запах, вкус и биологическую ценность исходного сырья, поэтому находят применение в пищевой, парфюмерно-косметической и фармацевтической промышленности [7].

---

Тигунцева Надежда Павловна – аспирант кафедры химии и пищевой технологии, тел.: (3952) 40-51-23, факс: (3952) 40-51-23, e-mail: tignadezhda@yandex.ru  
Евстафьев Сергей Николаевич – заведующий кафедрой химии и пищевой технологии, доктор химических наук, профессор, тел.: (3952) 40-51-23, факс: (3952) 40-51-23, e-mail: esn@istu.edu

\* Автор, с которым следует вести переписку.

До настоящего времени преобладающая часть опубликованных работ посвящена исследованию состава CO<sub>2</sub>-экстрактов из разнообразного растительного сырья, и практически отсутствуют работы по сравнительному анализу выхода и состава экстрактов, выделенных различными методами, в том числе и CO<sub>2</sub>-экстракцией, из одного сырья.

Основной целью работы являлось изучение влияния условий извлечения на выход и состав биологически активных соединений корней одуванчика лекарственного.

### **Экспериментальная часть**

В работе использовали измельченные до крупности 1–5 мм корни одуванчика лекарственного *Taraxacum Officinale*, собранные в июне 2012 г. до цветения в Иркутском районе. Сверхкритическую CO<sub>2</sub>-экстракцию одуванчика выполняли на установке R-401 производства южнокорейской компании «Reaction Engineering». В термостатированный при 55 °С реактор объемом 0,5 л помещали контейнер с предварительно высушенной в сушильном шкафу при 105 °С навеской (5–6 г) корней одуванчика. После герметизации в реактор насосом высокого давления со скоростью 10 мл/мин подавали жидкий диоксид углерода до создания рабочего давления и фиксировали время начала опыта. При использовании модификатора необходимый объем его подавали в реактор вторым насосом высокого давления. По истечении времени опыта диоксид углерода с растворенным экстрактом выводили в сепаратор, где поддерживали температуру 50 °С и давление до 5 МПа, при котором диоксид углерода переходит в газообразное состояние, а экстракт осаждается в сепараторе.

Эфирное масло корней одуванчика получено методом паровой перегонки в лабораторных условиях. Исчерпывающая экстракция этанолом выполнена в аппарате Сокслета. Полученный этанольный экстракт фракционировали путем последовательной обработки гексаном, диэтиловым эфиром, этилацетатом и водой при температуре кипения растворителей.

Состав эфирного масла и экстрактов анализировали методом ГХ-МС на хроматографе 7820 А с селективным масс-спектрометрическим детектором HP 5975 фирмы «Agilent Technologies». Энергия ионизации – 70 эВ. Температура сепаратора – 280 °С, ионного источника – 230 °С. Кварцевая колонка 30000×0,25 мм со стационарной фазой (95% диметил - 5% дифенилполисилоксан). Условия анализа эфирного масла: 6 минуты изотермы при 50 °С с последующим подъемом температуры до 200 °С со скоростью 6 град/мин с последующей выдержкой в течение 10 мин при 200 °С. Условия анализа CO<sub>2</sub>-экстрактов: 3 мин изотермы при 100 °С с последующим подъемом температуры до 250 °С со скоростью 4 град/мин с выдержкой в течение 75 мин при 250 °С. Условия анализа гексанового экстракта: 3 мин изотермы при 50 °С с последующим подъемом температуры до 250 °С со скоростью 10 град/мин с последующей выдержкой в течение 30 мин при 250 °С. Идентификацию компонентов осуществляли с использованием библиотеки масс-спектров «NIST11».

### **Обсуждение результатов**

Эфирные масла из корней одуванчика с выходом 0,27% на абсолютно сухую массу (а.с.м.) представляют собой смесь летучих с паром веществ различных классов органических соединений, среди которых присутствуют карбоновые кислоты, сложные эфиры, спирты, кетоны, альдегиды, терпены и терпеноиды (рис. 1).

Основными компонентами эфирных масел являются насыщенные жирные кислоты состава C<sub>5</sub>–C<sub>16</sub> и кетоны. В составе кислот преобладает пальмитиновая кислота, на долю которой приходится до 45% от суммы кислот (табл. 1). Ее метиловый эфир и этиловый эфир линолевой кислоты являются основными представителями сложных эфиров полученных масел. Ненасыщенные жирные кислоты и их эфиры в составе эфирных масел не обнаружены.

Существенный вклад в аромат эфирного масла вносят кетоны, представленные этилизопропилкетон, метил-*втор*-бутилкетон и производным ациклического сесквитерпенового углеводорода α-фарнезена – гексагидрофарнезилацетоном.

Обнаруженные в составе масел альдегиды состава C<sub>6</sub>, C<sub>8</sub>–C<sub>10</sub> являются типичными представителями эфирных масел плодов и корней различных растений. Все идентифицированные альдегиды, за исключением гексаналя, обладают приятным цветочным запахом. Из минорных компонентов в эфирном масле присутствуют алифатические и ароматические спирты, представленные изооктиловым, бензиловым и фенилэтиловым спиртами.

Отличительной особенностью эфирного масла корней одуванчика является относительно низкое содержание терпенов и терпеноидов (15,8% от суммы идентифицированных соединений). В составе терпенов идентифицированы сесквитерпены  $\beta$ -элемен,  $\alpha$ -патчоулен,  $\alpha$ -бисаболен, а среди терпеноидов – производные сесквитерпенов – ионол и гексагидрофарнезилацетон. Монотерпеновые углеводороды и стеролы в составе эфирных масел отсутствуют.

Для выявления оптимальных условий выделения сверхкритических  $\text{CO}_2$ -экстрактов из корней одуванчика исследованы зависимости их выхода от давления в интервале 10–30 МПа и продолжительности от 45 до 180 мин при 55 °С. Согласно полученным результатам (рис. 2) при повышении давления до 20 МПа наблюдается увеличение выхода экстракта до 0,46% на а.с.м. одуванчика, вероятно, в результате как повышения плотности флюидного потока растворителя и как следствие возрастания его растворяющей способности, так и ускорения заполнения порового пространства экстрагируемого материала флюидным растворителем.

Однако, несмотря на дальнейшее повышение плотности растворителя при давлении выше 20 МПа, увеличения выхода растворимых веществ не наблюдается. Возможно, это вызвано механическим нарушением «пористости» матрицы корней одуванчика и уменьшением вследствие этого скорости диффузии растворителя в поровое пространство и экстрагируемых веществ из пор в поток растворителя. Подтверждением этому может быть полученная нами зависимость выхода  $\text{CO}_2$ -экстракта от продолжительности процесса при давлении 30 МПа (рис. 3). Несмотря на неблагоприятные условия процесса при увеличении продолжительности до 180 мин наблюдается увеличение выхода  $\text{CO}_2$ -экстракта до 0,57% на а.с.м.

Таблица 1. Химический состав эфирного масла корней одуванчика

Компонент	Содержание (%)*	Компонент	Содержание (%)*
3-метил-3-гексанол	1,73	$\alpha$ -патчоулен	1,59
Этилизопропилкетон	16,02	$\beta$ -элемен	1,44
Метил- <i>втор</i> -бутилкетон	5,84	Гексадекан	0,55
Гексаналь	7,29	$\alpha$ -бисаболен	1,44
Изовалериановая кислота	0,72	Тридекановая кислота	1,01
Валериановая кислота	0,58	Гептадекан	3,77
Капроновая кислота	9,65	Миристиновая кислота	2,31
Бензиловый спирт	0,72	Гексагидрофарнезилацетон	4,98
2-фенилэтанол	0,51	Пентадекановая кислота	4,11
Каприловая кислота	0,87	Метилпальмитат	3,75
Пеларгоновая кислота	0,72	Пальмитиновая кислота	16,67
Тетрадекан	0,81	Этиллинолеат	5,77
Ионол	0,87	1-метил-10,18-биснорабиет-8,11,13-триен	4,04

\* От суммы идентифицированных соединений

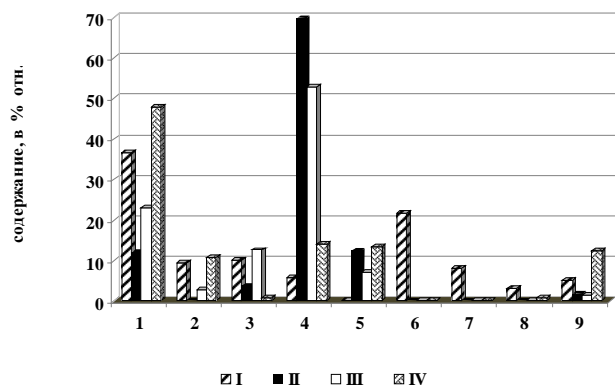


Рис. 1. Групповой состав эфирного масла (I),  $\text{CO}_2$ -экстракта (II);  $\text{CO}_2$ -экстракта (с модификатором) (III) и гексанового экстракта (IV): 1 – кислоты; 2 – сложные эфиры; 3 – терпены; 4 – терпеноиды; 5 – стеролы; 6 – кетоны; 7 – альдегиды; 8 – спирты; 9 – алканы

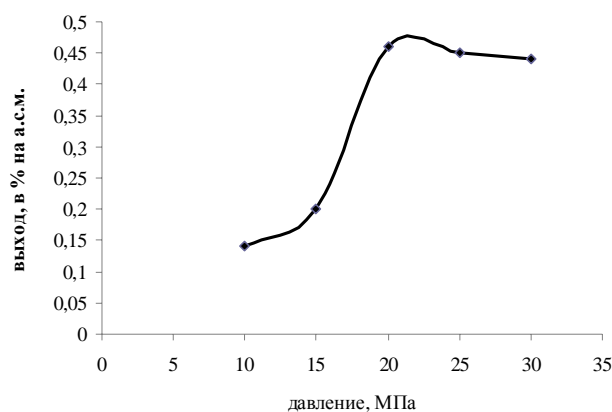


Рис. 2. Зависимость выхода  $\text{CO}_2$ -экстракта от давления при 55 °С и продолжительности 45 мин

Исследование состава CO<sub>2</sub>-экстрактов показало, что изменение давления и продолжительности экстракции сопровождается изменением доли как групповых составляющих, так и отдельных компонентов экстрактов.

Сверхкритическая экстракция диоксидом углерода при 10 МПа (55 °С, 45 мин) характеризуется относительно низкой эффективностью. В этих условиях выделено лишь 0,14% на а.с.м. экстрагируемых соединений. Основными компонентами экстракта являются терпеноиды, жирные кислоты C<sub>14</sub>–C<sub>20</sub> и алканы C<sub>14</sub>–C<sub>34</sub> с содержанием 24,9, 55,5 и 7,9% на экстракт соответственно (табл. 2). В составе кислот, как и в эфирных маслах, преобладает пальмитиновая кислота. В отличие от эфирных масел в составе экстракта присутствуют ненасыщенные кислоты (олеиновая, линолевая), на долю которых приходится около 30% от суммы кислот. С повышением давления доля кислот, сложных эфиров и алканов в экстрактах снижается при одновременном возрастании содержания терпеноидов и стеролов.

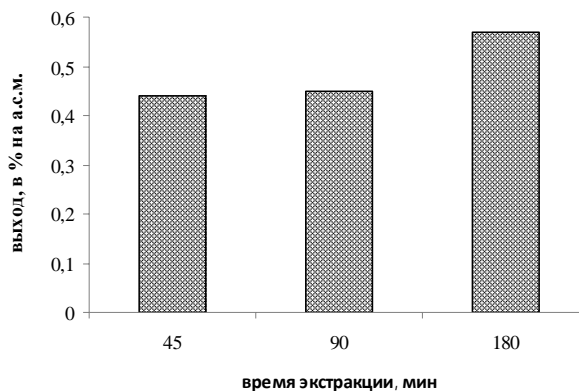
Обращает на себя внимание отсутствие или незначительное содержание в составе CO<sub>2</sub>-экстрактов низкомолекулярных летучих компонентов эфирных масел. Возможно, это связано с несовершенством использованной в работе установки на стадии выделения CO<sub>2</sub>-экстракта.

Таблица 2. Химический состав сверхкритических CO<sub>2</sub>-экстрактов корней одуванчика

Компонент	Содержание, в %*	
	Без модификатора	С модификатором
2,6,10,15-тетраметилгептадекан	–	0,10
Миристиновая кислота	0,03	0,48
Изопропилмиристит	–	0,19
Гексагидрофарнезиллацетон	0,03	0,10
Пентадекановая кислота	–	0,10
Гексадеканол	0,16	0,53
Метилпальмитат	0,09	0,39
Пальмитиновая кислота	6,48	11,25
Маргариновая кислота	0,03	–
Метиллинолеат	0,09	0,24
10-метилнонадекан	–	0,24
Линолевая кислота	2,67	1,16
Олеиновая кислота	2,29	1,06
Стеариновая кислота	0,47	0,72
Тетракозан	0,06	0,24
Изобутилстеарат	–	0,92
Пентакозан	0,16	0,34
Гексакозан	0,19	0,29
Этилдокозаноат	–	–
Нонакозан	0,28	0,53
Сквален	0,59	8,11
β-4,6-холестадиен-3-ол	0,62	–
Олеат β-ситостерола	2,36	–
α-селинен	3,88	–
Циклоартенол	0,84	–
Кампестерол	–	1,59
β-стигмастерол	2,05	3,04
Бетулин	–	0,97
Урс-12-ен-3-он	2,17	5,50
β-ситостерол	7,32	11,25
13,27-циклоурсан-3-ол	4,62	–
12-олеанен-3-ил ацетат	0,53	22,78
Лупенон	3,72	8,93
α-амирин	–	18,68
Лупеол	15,60	–
Ланостерол	1,15	–
Ацетат лупеола	20,84	–
Ацетат ланостерола	4,16	–
Хопенон Б	15,97	–

\* От суммы идентифицированных соединений

Рис. 3. Зависимость выхода  $\text{CO}_2$ -экстракта от продолжительности процесса при 30 МПа, температуре 55 °С



Установлено, что состав терпенов и терпеноидов эфирных масел и  $\text{CO}_2$ -экстрактов существенно различается как в количественном, так и в качественном отношении. Если в эфирных маслах наблюдается незначительное преобладание содержания терпенов, то в углекислотных экстрактах доля терпеноидов в 10–15 раз выше.

В  $\text{CO}_2$ -экстракте, выделенном при 20 МПа (55 °С, 45 мин), на долю терпеноидов и стеролов приходится 69,6 и 12,4% соответственно. Содержание терпенов, представленных сесквитерпеном  $\alpha$ -селиненом и тритерпеном скваленом, составляет около 4,5% от суммы идентифицированных соединений. Наиболее представительны в  $\text{CO}_2$ -экстракте тритерпеноиды (рис. 1), характеризующиеся высокой биологической активностью. Тритерпеноиды экстракта включают спирты (лупеол, ланостерол, циклоартенол), кетоны (урс-12-ен-3-он, лупенон, хопенон Б) и ацетаты лупеола, 12-олеанен-3-ола и ланостерола.

Основными компонентами терпеноидов  $\text{CO}_2$ -экстракта являются ацетат лупеола, хопенон Б и лупеол. При повышении давления до 30 МПа и продолжительности экстракции до 180 мин в состав экстрактов дополнительно переходят сесквитерпеноид изоаромадендренэпоксид, сесквитерпеновые спирты (глобулол и глауциловый спирт) и тритерпеноиды: 24-метиленциклоартанол,  $\alpha$ - и  $\beta$ -амирины, ацетат  $\alpha$ -амирина, 13,27-циклоурсан-3-ол, 13,27-циклоурсан-3-он, ацетат 13,27-циклоурсан-3-ола, урса-9(11),12-диен-3-ол и др.

Важной составляющей биологически активного комплекса растительного сырья являются стеролы. Как уже отмечалось, они отсутствуют в составе эфирных масел корней одуванчика. Наибольшее содержание стеролов (12,4%) получено в углекислотном экстракте при 20 МПа (55 °С, 45 мин). В их составе присутствуют кампестерол,  $\beta$ -стигмастерол,  $\beta$ -ситостерол и ацетат  $\beta$ -ситостерола.

Установлено, что при повышении давления сверхкритической экстракции в составе  $\text{CO}_2$ -экстрактов снижается содержание алканов, жирных кислот и их эфиров, повышается доля терпеноидов до 74,3%. Содержание стеролов в экстрактах проходит через максимум 12–13% при 20 МПа (рис. 4). В свою очередь повышение продолжительности экстракции способствует извлечению жирных кислот, сложных эфиров и алканов, но снижает выход терпеноидов (рис. 5).

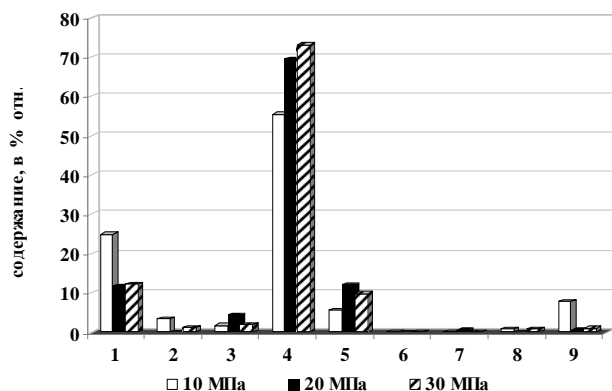


Рис. 4. Зависимость группового состава  $\text{CO}_2$ -экстрактов от давления: 1 – кислоты; 2 – сложные эфиры; 3 – терпены; 4 – терпеноиды; 5 – стеролы; 6 – кетоны; 7 – альдегиды; 8 – спирты; 9 – алканы

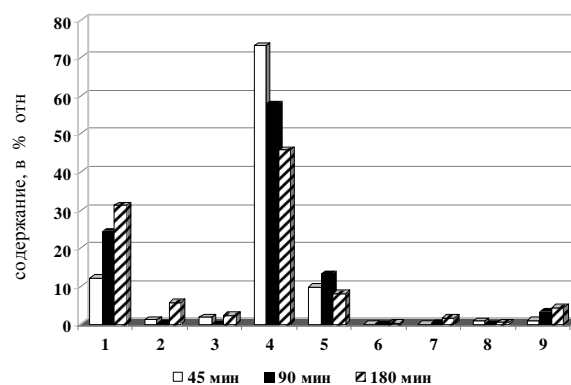


Рис. 5. Зависимость группового состава  $\text{CO}_2$ -экстрактов от продолжительности экстракции: 1 – кислоты; 2 – сложные эфиры; 3 – терпены; 4 – терпеноиды; 5 – стеролы; 6 – кетоны; 7 – альдегиды; 8 – спирты; 9 – алканы

Сверхкритический диоксид углерода является неполярным растворителем, и для повышения выхода экстрагируемых веществ часто применяют добавку полярного компонента (модификатора), в качестве которого используют воду, этанол, ацетон и др. [8]. Согласно полученным результатам, использование воды (3 мас %) в качестве модификатора при 20 МПа (55 °С, 45 мин) способствует увеличению выхода экстракта до 0,74% на а.с.м. и повышению в его составе относительного содержания жирных кислот и стеролов (рис. 1). Возможно, это обусловлено присутствием в растворителе полярного компонента. С другой стороны, сверхкритический диоксид углерода в присутствии воды может вести себя иначе и также выступать как фактор, способный влиять на выход и состав экстракта. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования воды в качестве модификатора для выделения биологически активных веществ одуванчика и требуют дополнительных исследований, в том числе по подбору оптимального количества модификатора.

В групповом составе полученного экстракта сохраняется преобладание терпенов и терпеноидов, но их суммарное содержание ниже, чем в экстракте, выделенном без модификатора (65,1 и 74,1% на экстракт соответственно). Основными компонентами терпеноидов являются  $\alpha$ -амирин, ацетат 12-олеанен-3-ола и лупенон. Стероиды в экстракте представлены кампестеролом,  $\beta$ -ситостеролом и  $\beta$ -стигмастеролом.

Наибольшее количество экстрактивных веществ из корней одуванчика (26,6% на а.с.м.) получено при использовании в качестве растворителя этанола.

Фракционирование веществ этанольного экстракта проводили с использованием растворителей с различной полярностью. Установлено, что основными компонентами экстракта являются углеводы, представленные моносахаридами и водорастворимыми полисахаридами. На их долю приходится до 65% этанольного экстракта. Содержание веществ, растворимых в гексане, составляет 8,6% на этанольный экстракт или 2,3% на а.с.м. корней одуванчика, а после очистки от воскообразных веществ – 3,9 и 1,1% соответственно. На долю веществ, извлекаемых из этанольного экстракта диэтиловым эфиром, приходится 4,1% (1,1% на а.с.м.), этилацетатом – менее 0,5%.

Основными компонентами гексанового экстракта являются карбоновые кислоты  $C_6$ – $C_{18}$  (рис. 1), среди которых более 85% приходится на пальмитиновую кислоту. Суммарное содержание ненасыщенных кислот (пальмитолеиновой, олеиновой, линолевой) составляет 6,5% от суммы идентифицированных кислот (табл. 3). Сложные эфиры гексанового экстракта представлены в основном метиловыми и этиловыми эфирами кислот  $C_{16}$ – $C_{20}$ . Содержание алканов  $C_{14}$ – $C_{29}$ , терпеноидов и стеролов в экстракте примерно одинаковое и составляет 12,3, 14,2 и 13,3 % соответственно. Основными компонентами терпеноидов являются лупеол и урс-12-ен-3-он, а стеролов – кампестерол и  $\beta$ -ситостерол.

Несмотря на относительно высокий выход гексанорастворимых соединений этанольного экстракта, полученный гексановый экстракт существенно уступает сверхкритическим  $CO_2$ -экстрактам по содержанию биологически активных веществ и прежде всего терпенов и терпеноидов. Кроме того, при выделении гексанорастворимых веществ используются более высокая температура экстракции и сложная схема фракционирования этанольного экстракта.

Таблица 3. Химический состав гексанового экстракта корней одуванчика

Компонент	Содержание, %*	Компонент	Содержание, в %*
Этилизопропилкетон	0,1	Олеиновая кислота	0,27
Изобутилметилкарбинол	0,65	Стеариновая кислота	2,24
Капроновая кислота	0,62	Тетракозан	2,71
Каприловая кислота	0,09	Гексакозан	3,06
Миристиновая кислота	0,65	Этилдокзаноат	0,74
Изопропилмиристит	0,18	Нонакозан	1,71
Гексагидрофарнезиллацетон	0,24	Кампестерол	10,61
Пентадекановая кислота	0,85	Урс-12-ен-3-он	5,19
Пальмитиновая кислота	41,93	$\beta$ -ситостерол	2,65
Этилпальмитат	7,51	Лупеол	8,75
Линолевая кислота	2,03		

\* От суммы идентифицированных соединений

### **Выводы**

1. Показано, что наибольший выход биологически активных веществ из корней одуванчика лекарственного может быть получен при использовании сверхкритической углекислотной экстракции. Применение при этом воды в качестве модификатора способствует увеличению выхода экстрактивных веществ, повышению содержания в экстракте жирных кислот и стеролов при одновременном снижении содержания терпенов и их производных.

2. При повышении давления в интервале 10–30 МПа (55 °С, 45 мин) выход CO<sub>2</sub>-экстракта проходит через максимум при 20 МПа. Полученный экстракт характеризуется наибольшим содержанием терпеноидов и стеролов.

3. Повышение продолжительности сверхкритической CO<sub>2</sub>-экстракции при постоянном давлении и температуре способствует извлечению жирных кислот, сложных эфиров, алканов и снижению выхода терпеноидов.

### **Список литературы**

1. Шаталина Н.В. Исследования биологически активных веществ различных вегетативных частей кровохлебки лекарственной, лопуха большого, тысячелистника обыкновенного, одуванчика лекарственного, произрастающего на территории Сибири : дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 2001. 158 с.
2. Александров А.Н., Улесов А.В., Ткаченко В.И., Москвитин А.В., Скоромная С.Ф., Загинайлов В.Г. Сравнительное изучение химического состава сверхкритических CO<sub>2</sub>-экстрактов конкрета розы и розового масла (абсолю) // Химия растительного сырья. 2008. №2. С. 103–108.
3. Сидельников В.Н., Патрушев Ю.В., Сизова Н.В., Петренко Т.В. Сравнительный анализ состава пихтового масла, полученного водно-паровой дистилляцией и эфиромасличной фракции CO<sub>2</sub>-экстракта лапки пихты сибирской // Химия растительного сырья. 2003. №1. С. 79–85.
4. Nadolin M., Hras A.R., Bauman D., Knez Z. Isolation and concentration of natural antioxidants with high-pressure extraction // Innovative Food Science and Emerging Technologies. 2004. №5. Pp. 245–248.
5. Ревельский И.А., Глазков И.Н. О применении СФЭ для получения экстрактов из лекарственных, сельскохозяйственных растений и фармпрепаратов // Сверхкритические флюиды: теория и практика. 2008. Т. 3, №2. С. 70–73.
6. Лепешков А.Г., Водяник А.Р. Сверхкритическая экстракция в пищевой промышленности // Пищевая промышленность. 2002. №12. С. 52–53.
7. Боголицин К.Г. Перспективы применения сверхкритических флюидных технологий в химии растительного сырья // Сверхкритические флюиды: теория и практика. 2007. Т. 2, №1. С. 16–27.
8. Береговцова Н.Г., Шарыпов В.И., Барышников С.В., Кузнецов Б.Н. Исследование процесса экстракции бересты березы этанолом и изопропанолом при повышенных температурах // Химия растительного сырья. 2012. №1. С. 71–75.

*Поступило в редакцию 8 февраля 2013 г.*

*После переработки 17 апреля 2013 г.*

*Tiguntseva N.P., Evstafev S.N.\** COMPARATIVE RESEARCH OF COMPOSITION OF ESSENTIAL OIL, HEXANE AND SUPERCRITICAL CO<sub>2</sub>-EXTRACTS FROM ROOTS OF THE DANDELION MEDICINAL

*Irkutsk State Technical University, ul. Lermontova, 83, Irkutsk, 664074 (Russia), e-mail: esn@istu.edu*

Essential oil, hexane and supercritical CO<sub>2</sub>-extracts were isolated from the roots of the dandelion medicinal *Taraxacum Officinale* Wigg. The effect of pressure and duration of extraction on the yield and chemical composition of CO<sub>2</sub>-extracts has been studied. The composition of the investigated objects is qualitatively similar however the quantitative ratio of their group components was found to be appreciably different. It is shown that the highest yield of biologically active substances from dandelion roots can be obtained by use of supercritical carbon dioxide extraction. The increase of extraction time and use of modifier promotes recovery of extractive substances. As the extraction pressure increases the yield of CO<sub>2</sub>-extract passes through a maximum at 20 MPa. The received extract is characterized by the highest content of bioactive terpenoids and sterols.

*Keywords:* dandelion medicinal, chemical composition, supercritical CO<sub>2</sub>-extraction, essential oils, terpenoids, sterols.

### References

1. Shatalina N.V. *Issledovaniia biologicheskii aktivnykh veshchestv razlichnykh vegetativnykh chastei krovokhlearki lekarstvennoi, lopukha bol'shogo, tysiachelistnika obyknovennogo, oduvanchika lekarstvennogo, proizrastaiushchego na territorii Sibiri: diss. ... kand. biol. nauk.* [Studies of biologically active substances of different vegetative parts of burnet, burdock, yarrow, dandelion growing on the territory of Siberia: the Dissertation of the candidate biological sciences]. Krasnoyarsk, 2001, 158 p. (in Russ.).
2. Aleksandrov A.N., Ulesov A.V., Tkachenko V.I., Moskvitin A.V., Skoromnaia S.F., Zaginailov V.G. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2008, no. 2, pp. 103–108. (in Russ.).
3. Sidel'nikov V.N., Patrushev Iu.V., Sizova N.V., Petrenko T.V. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2003, no. 1, pp. 79–85. (in Russ.).
4. Hadolin M., Hras A.R., Bauman D., Knez Z. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2004, no. 5, pp. 245–248.
5. Revel'skii I.A., Glazkov I.N. *Sverkhkriticheskie fluidy: teoriia i praktika*, 2008, vol. 3, no. 2, pp. 70–73. (in Russ.).
6. Lepeshkov A.G., Vodianik A.R. *Pishchevaia promyshlennost'*, 2002, no. 12, pp. 52–53. (in Russ.).
7. Bogolitsin K.G. *Sverkhkriticheskie fluidy: teoriia i praktika*, 2007, vol. 2, no. 1, pp. 16–27. (in Russ.).
8. Beregovtsova N.G., Sharypov V.I., Baryshnikov S.V., Kuznetsov B.N. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2012, no. 1, pp. 71–75. (in Russ.).

*Received February 8, 2013*

*Revised April 17, 2013*

---

\* Corresponding author.