
УДК 542.06+66.061+674.04

**АНАЛИЗ ФЕНОЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ
В СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ЭКСТРАКТАХ ДРЕВЕСИНЫ
JUNIPERUS COMMUNIS L. МЕТОДОМ ВЭЖХ**

©2018 г. ¹А.А. Красикова*, ^{1,2}К.Г. Боголицын, ¹М.А. Гусакова,
^{1,2}А.Д. Ивахнов, ¹С.С. Хвиюзов, ¹Н.А. Самсонова

¹Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики РАН,
Архангельск, Россия

²Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова,
Архангельск, Россия

*ann.krasikova@gmail.com

Поступила в редакцию 17.08.2018 г.

Приведены результаты исследования влияния термохимической активации биомассы на степень и эффективность экстрактивного извлечения фенольных соединений из древесины *Juniperus Communis L.* сверхкритическим CO₂ с различными сорасторовителями. Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) проведена идентификация фенольных компонентов в полученных экстрактах. Показано, что применение протонных сорасторовителей способствует извлечению значительно большего количества фенольных соединений, в особенности ванилина и ванилиновой кислоты.

Ключевые слова: термохимическая активация, сверхкритическая флюидная экстракция, можжевельник обыкновенный, фенольные соединения, ванилин.

ВВЕДЕНИЕ

Возобновляемое растительное сырье богато биологически активными веществами (БАВ), среди которых следует выделить фенольные соединения. Они обладают широким спектром биологической активности и оказывают благоприятное воздействие на физиологическое состояние организма человека. Их наиболее важными свойствами являются антимикробные (бактерицидные, антисептические) и противовоспалительные [1]. Именно присутствием фенольных соединений обусловлена антиоксидантная активность лекарственного сырья, которое с успехом применяется для создания, как лекарственных препаратов, так и биологически активных добавок. Поиск источников фенольных соединений, обладающих разнообразными видами биологической активности, является одной из актуальных задач фармации. Пути решения этих задач основываются на изучении растений, издавна применяющихся в народной медицине. Одним из таких растительных объектов является можжевельник обыкновенный *Juniperus Communis L.*, известный высоким содержанием экстрактивных веществ [2, 3], и, следовательно, представляющий интерес для получения ценных БАВ, в том числе фенольной природы. Традиционно в народной медицине экстракты можжевельника используются в качестве диуретического, антисептического, противовирусного и противовоспалительного средства, а также для лечения дерматологических заболеваний [4]. Со-

держащиеся в экстрактах можжевельника бензойная кислота и эвгенол могут входить в состав обезболивающих, противоопухолевых, кардиопротекторных, биоцидных препаратов и антисептиков [5, 6].

Помимо этого, экстракты древесины можжевельника могут использоваться как альтернатива синтетическим фунгицидам для пропитки других пород древесины, восприимчивых к внешним воздействиям, что обеспечивает их устойчивость к повреждению белой и бурой гнилью, а также насекомыми [7, 8]. Отмечено, что гексановые экстракты сердцевинной древесины обладают большей противомикробной активностью, чем экстракты коры и заболони, а этанольные экстракты обладают большей антигрибковой активностью по сравнению с экстрактами, полученными с помощью других растворителей, таких как метанол и гексан [7, 9].

Одним из наиболее известных и широко используемых фенольных соединений является ванилин, получаемый в промышленном масштабе. К ранним способам производства ванилина относятся каталитическое окисление древесины, лигнина и лигнинсодержащих продуктов переработки древесины, например лигносульфонатов [10, 11, 12]. В настоящее время синтез ванилина осуществляется, главным образом, на основе продуктов нефтехимических производств [13], поэтому получение ванилина из возобновляемого растительного сырья без использования опасных и токсичных реагентов является актуальной научной и практической задачей.

Перечисленные фенольные соединения представляют несомненный интерес с точки зрения различных отраслей промышленности, что объясняет рост количества разрабатываемых эффективных способов их извлечения из растительного сырья, а также схем их идентификации и количественного определения с привлечением современных методов анализа. Традиционно для извлечения БАВ из растительного сырья широко используются органические растворители, большинство из которых огне- и взрывоопасны, токсичны и не всегда селективны. Поэтому в настоящее время появляются новые подходы, которые позволили бы обойтись без экологически опасных реагентов и отвечали бы основным принципам «зеленой химии». Один из таких подходов основан на применении метода сверхкритической флюидной экстракции (СКЭ) диоксидом углерода, обеспечивающей мягкое извлечение БАВ за счет глубокого проникновения сверхкритических (СК) флюидов в растительное сырье [14, 15]. Для повышения селективности экстракции часто используют бинарный растворитель — СК-СО₂ с сорасторителем, причем степень извлечения активных природных соединений, а также состав полученных экстрактов зависят от типа сорасторителя [16]. Влиянию сорасторителя на извлечение целевого компонента из различных материалов посвящено множество исследований, однако механизм их действия до конца не ясен.

Для более эффективного извлечения БАВ, в частности фенольных соединений, необходимо применение новых методов и технологий экстракции, предусматривающих стадии дополнительного физико-химического воздействия на капиллярно-пористую структуру растительной биомассы. В ходе проведенных ранее исследований тонкой структуры древесной матрицы [3, 17], было показано, что ввиду особенностей древесины можжевельника, связанных с ее повышенной плотностью и отсутствием смоляных ходов, необходимо использование, как химических, так и термохимических активационных воздействий, способствующих проникновению экстрагента вглубь клеточных стенок и разрушению слабых связей лигноуглеводного комплекса. В качестве такого воздействия может выступать обработка методом взрывного автогидролиза (АГ). Сущность этого метода заключается в

кратковременной обработке сырья нагретым водяным паром в интервале температур 180–260 °C и давлениях насыщенного пара 12–34 атм с последующим резким снижением давления до атмосферного (паровой взрыв). Воздействие, оказываемое в этом процессе на лигноуглеводную матрицу, определяется двумя составляющими — механической (вследствие локального повышения давления) и химической (за счет взаимодействия образующихся органических кислот с компонентами клеточной стенки).

Цель настоящей работы состояла в исследовании влияния термохимической активации древесного сырья и модифицирующих добавок, входящих в состав бинарного растворителя, на степень выделения компонентов фенольного ряда, а также количественный и качественный состав экстрактов древесины *Juniperus Communis L.*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объект исследования. Отбор представительных образцов древесины можжевельника (*J. Communis L.*) проводили согласно ГОСТ 16128-70 в зоне северной тайги; возраст исследуемых образцов составлял 85 ± 5 лет. Древесную стружку получали из предварительно высушенной до воздушно-сухого состояния и очищенной от коры и луба древесины можжевельника. Образцы измельчали в лабораторной роторной ножевой мельнице ЛМ-201 с водяной системой охлаждения для предотвращения нагрева древесины и ее модификации. Для анализов использовали усредненную фракцию опилок 1–2 мм.

Оборудование и условия проведения обработок. Сверхкритическую флюидную экстракцию образцов древесины бинарным растворителем (СК- CO_2 с сопарстворителем) проводили в установке SFE-5000 (Thar Process, USA). Параметры обработки были подобраны на основании проведенного анализа литературы [17, 18]. Экстракцию проводили в динамическом режиме с добавлением протонных (этанол, уксусная кислота) и аprotонного (диметилсульфоксида, или ДМСО) сопарстворителей при следующих значениях параметров процесса: 120 °C, 250 атм, время обработки 1 ч. Скорость подачи CO_2 (жидк.) 25 мл/мин, сопарстворителя — 5 мл/мин; объемные скорости определены при давлении обработки 250 атм, температура измерителя скорости потока CO_2 2,5 °C.

Термохимическую активацию древесной матрицы методом взрывного автогидролиза проводили в Лаборатории экоэффективной конверсии биомассы Латвийского государственного института химии древесины в статическом режиме в аппарате периодического действия емкостью 0,5 л при давлении 31,5 атм и температуре 235 °C в течение 3 мин с последующей водной и щелочной экстракцией 0,4 %-ым раствором NaOH [19].

Анализ СК-экстрактов древесины. Хроматографический анализ модельных соединений фенольного ряда выполняли с использованием системы Nexera X2 LC30AD для сверхбыстрой хроматографии (Shimadzu, Япония). Для разделения применяли обращенно-фазовую колонку Nukleodur PolarTec, 150 × 3,0 мм, 3 мкм (Macherey-Nagel, Германия). В качестве элюента использовали смесь (в об. %) 20 ацетонитрила, 79,5 воды и 0,5 НCOOH. Высокочистую воду реагентного качества с удельным сопротивлением 18,2 МОм · см получали непосредственно перед проведением эксперимента в системе Simplicity UV (Millipore, Франция). Градуировочные растворы анализируемых соединений в ацетонитриле готовили путем последовательных разбавлений первичного раствора с концентрацией 0,90–1,00 г/л до

концентраций в диапазоне 0,1—50,0 мг/л. Подбор условий хроматографического анализа проводили в предыдущих исследованиях [17]. Первоначально использовали режим градиентного элюирования. Однако исходя из необходимости достижения максимальной простоты и скорости проведения анализа, в данной работе все эксперименты проводили в изократическом режиме элюирования. Оптимальные условия хроматографирования оказались близки к условиям, использованным в работе [20]. Детектирование осуществляли с применением диодно-матричного детектора при длине волны 280 нм. Для нейтрализации кислотных экстрактов использовали 0,1 М водный раствор аммиака [20]. Идентификацию и количественный анализ компонентов, входящих в состав полученных экстрактов, проводили по образцам сравнения с квалификацией 98—99 % (производители Sigma-Aldrich, Fluka).

Определение общего содержания фенольных соединений осуществляли колориметрическим методом с использованием реактива Фолина—Дениса. Калибровочную кривую строили по стандартному веществу (галловой кислоте). Оптическую плотность определяли через 1 ч после смешения калибровочных растворов анализируемой пробы экстрактов и реактива Фолина—Дениса на спектрофотометре UV-1800 (Shimadzu) при 725—730 нм.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Большинство методов сверхкритической флюидной экстракции основано на использовании бинарных растворителей «СК-СО₂ — сорасторовитель». При этом сорасторовитель вводится в систему для повышения эффективности и селективности процесса. Однако для понимания механизмов его взаимодействия с извлекаемыми компонентами необходимо учитывать следующие моменты. Во-первых, необходимо принимать во внимание то, что СО₂ — аprotонный растворитель, обладающий низкой диэлектрической константой, нулевым дипольным моментом и сильным квадрупольным моментом благодаря двум противоположным диполям С=O-связей [21]. Квадрупольные силы могут быть важным компонентом взаимодействий между СО₂ и другими молекулами системы. Так, при введении в СК-СО₂ в качестве протонного сорасторовителя спиртов возрастает полярность и основность бинарного растворителя, в то время как кислотность остается практически неизменной. При использовании же аprotонных сорасторовителей при почти неизменных основности и кислотности наблюдается возрастание степени извлечения соединений, содержащих функциональные группы с высокой поляризацией [22].

Во-вторых, при введении в СК-СО₂ в качестве сорасторовителя кислот, оснований, аprotонных соединений изменяются составы сольватных оболочек извлекаемых веществ, и, как следствие, их реакционная способность.

Так, согласно табл. 1, при переходе от воды к ДМСО рK_a фенольных соединений увеличивается на 5—8 ед., к этанолу — на 5 ед., что вызвано увеличением свободной энергии диссоциации фенолов $\Delta G_{\text{дис}}$ и определяется выражениями:

$$\Delta G_{\text{дис}} = -RT \ln K_a = 2,303 RT \text{p}K_a, \quad (1)$$

$$\Delta G_{\text{дис}} = -\Delta G_c^{\text{PhOH}} + \Delta G_c^{\text{PhO}^-} + \Delta G_c^{\text{H}^+} + \Delta G_{\text{дис}}^{\text{вак}}, \quad (2)$$

где $\Delta G_{\text{дис}}^{\text{вак}}$, $\Delta G_{\text{дис}}$ — изменение свободной энергии диссоциации фенола в вакууме и данном растворителе; ΔG_c^{PhOH} , $\Delta G_c^{\text{PhO}^-}$, $\Delta G_c^{\text{H}^+}$ — изменение свободной энергии фенола при переносе фенола, фенолят-аниона, протона из вакуума в растворитель.

*Анализ фенольных компонентов
в сверхкритических экстрактах древесины Juniperus Communis L. методом ВЭЖХ*

Таблица 1

Величины pK_a фенольной гидроксильной группы модельных соединений [23–25]

Растворитель	pK_a						
	ванилин	ванилиновая кислота	ацетованилон	фенол	гваякол	бензойная кислота	эвгенол
Вода	7,40	9,55	7,73	9,99	10,00	4,20	10,13
Этанол	12,37	10,60	13,18	15,28	15,35	10,13	15,13
ДМСО	12,37	16,85	13,56	18,00	18,37	13,20	18,45

В работах [23, 24] было показано, что при увеличении содержания ДМСО в системе происходит резкое ослабление сольватации фенолят-анионов и усиление сольватации неионизированных фенольных групп, что приводит к увеличению pK_a мономерных фенолов. Подобный эффект наблюдается и при использовании протонных растворителей — этилового спирта и уксусной кислоты. Таким образом, введение сорасторителей (ДМСО, этанола, уксусной кислоты) приводит к ослаблению протолитических свойств фенолов, способствующих усилинию сольватации относительно малополярных неионизированных фенольных форм, чем обусловлено повышение эффективности и изменение селективности их извлечения. Данные положения подтверждаются результатами, приведенными в табл. 2.

Показано, что традиционная экстракция этанолом в аппарате Сокслета является наименее эффективной с точки зрения полноты извлечения фенольных компонентов.

Таблица 2

Содержание компонентов фенольной природы в экстрактах, мг/л

Процесс	Ванилин	Ванилиновая кислота	Ацетованилон	Фенол	Гваякол	Бензойная кислота	Эвгенол	Общее содержание фенолов
Экстракция этанолом (аппарат Сокслета)	0,11	0,30	0,69	0,13	0,09	0,01	0,05	82,90
СКЭ с этанолом	3,96	1,24	0,98	0,70	1,15	0,06	0,07	181,70
СКЭ с ДМСО	2,36	2,20	2,21	1,14	1,91	0,01	0,42	741,0
СКЭ с уксусной кислотой	6,11	1,79	1,75	0,16	0,82	0,08	0,04	196,6
АГ + СКЭ с этанолом	51,85	8,07	2,99	1,62	3,74	0,74	0,04	315,2
АГ + СКЭ с уксусной кислотой	13,71	2,64	0,66	0,62	1,16	0,07	0,02	1402,4

Следует отметить, что исследуемые растворители имеют сродство к СК- CO_2 , но при этом обработка проводится при температуре ниже их критической температуры [2, 26]. Поэтому, можно предполагать, что СК- CO_2 за счет его высокой проникающей способности выполняет роль транспортного агента в бинарном растворителе и обеспечивает лучший доступ сорастворителя в глубокие слои клеточных стенок растительного сырья, что позволяет значительно расширить спектр извлекаемых веществ по сравнению с традиционной экстракцией в аппарате Сокслета (табл. 2).

Введение протонных растворителей способствует извлечению значительно большего количества фенольных соединений. Так, максимальное извлечение ванилина (6,11 мг/л), ванилиновой кислоты (1,79 мг/л) и ацетованилона (1,75 мг/л) достигается при СКЭ с использованием уксусной кислоты в качестве сорастворителя (рис. 1). Использование этанола в качестве сорастворителя оказалось менее эффективным. Использование в этом качестве ДМСО приводит, главным образом, к экстракции ванилина, ванилиновой кислоты и ацетованилона в количествах 2,20—2,36 мг/л (рис. 2).

Экспериментальные данные показывают, что изменение селективности экстракции системой «СК- CO_2 — сорастворитель» вызвано различиями в сольватационных взаимодействиях. Полученные результаты согласуются с литературными данными. Так, исследования эффектов преимущественной сольватации, проведенные в работах [2, 27, 28] показали, что при изменении полярности раство-

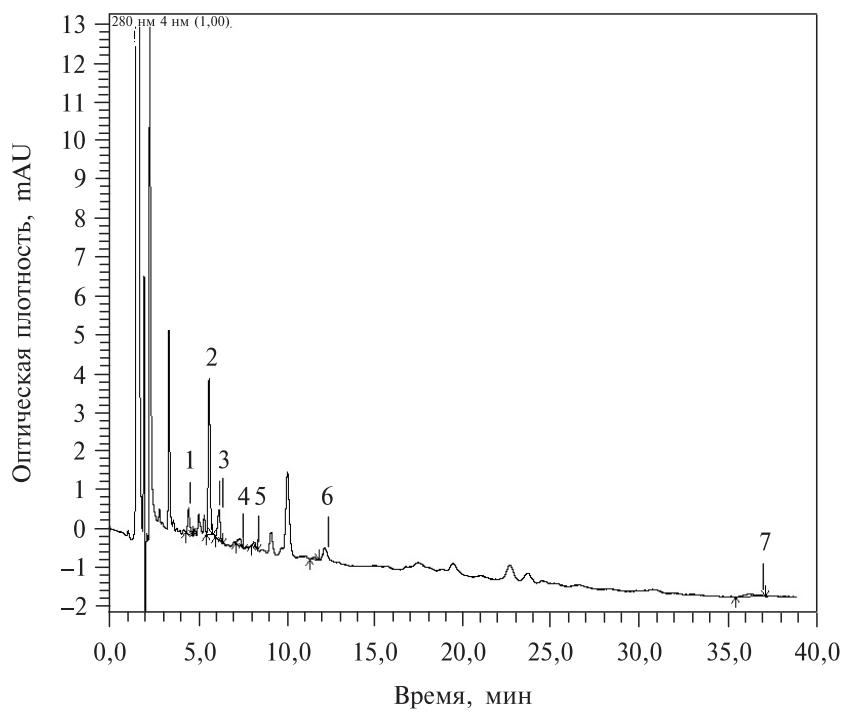


Рис. 1. Хроматограмма экстракта после обработки древесины можжевельника СК- CO_2 с уксусной кислотой:

1 — ванилиновая кислота; 2 — ванилин; 3 — ацетованилон; 4 — гвайкол; 5 — фенол; 6 — бензойная кислота; 7 — эвгенол

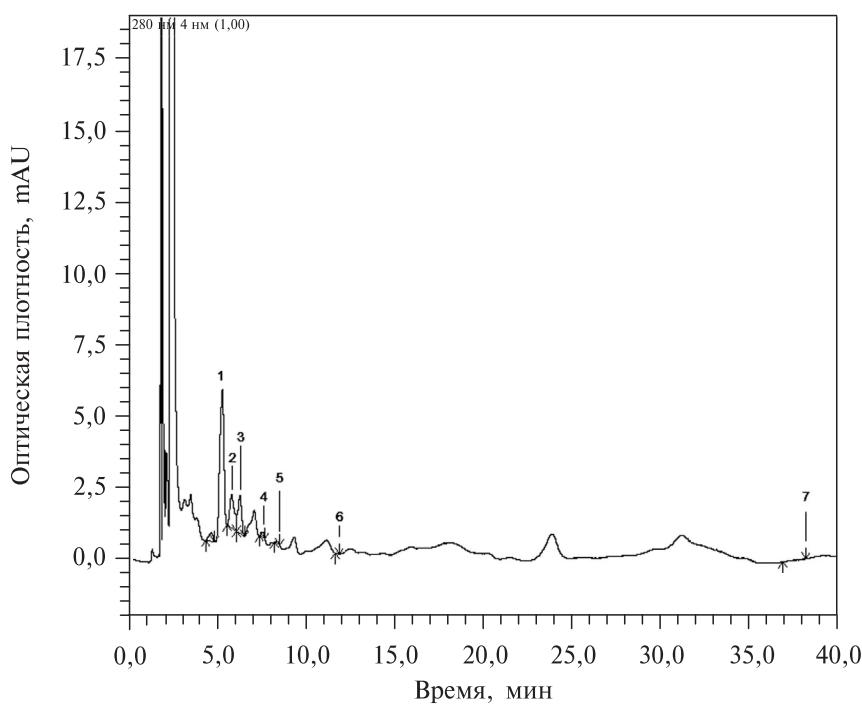


Рис. 2. Хроматограмма экстракта после обработки древесины можжевельника СК-СО₂ с ДМСО:

1 — ванилиновая кислота; 2 — ванилин; 3 — ацетованилон; 4 — гваякол; 5 — фенол; 6 — бензойная кислота; 7 — эвгенол

рителя наблюдаются значительные изменения состава сольватных оболочек для гваяцильных фенолов. Показано, что большее содержание ДМСО (наиболее основного сорасторовителя) наблюдается в сольватных оболочках неионизированных форм наиболее полярных соединений — ванилиновой кислоты, ванилина и ацетованилона. Таким образом, преимущественная сольватация данных соединений ДМСО приводит к их селективному извлечению. В случае этанола и уксусной кислоты наибольшие параметры преимущественной сольватации характерны для ванилина, чем обусловлено его преимущественное извлечение при использовании их как сорасторовителей.

Также показано, что общее содержание фенолов максимально для экстракта, полученного методом СКЭ с использованием в качестве сорасторовителя ДМСО. Это может объясняться наличием большого количества высокомолекулярных соединений и продуктов деструкции лигноуглеводного комплекса, извлекаемых из образца, поскольку ДМСО является хорошим делигнифицирующим реагентом [14].

Как уже отмечалось ранее [3, 17], особенности строения древесины можжевельника приводят к необходимости проведения предварительных активирующих воздействий. Использованный способ подготовки древесины к СКЭ основывается на изменении структуры исходной матрицы ввиду не только химического, но и механического воздействия АГ. Показано, что механическая составляющая активации древесной матрицы способствует увеличению количества извлекаемых веществ фенольной природы в несколько раз за счет модификации капиллярно-

пористой структуры древесной матрицы и появления большего количества участков клеточных стенок, доступных экстракционному воздействию. Также в процессе АГ происходит кислотный гидролиз полисахаридов с образованием органических кислот (HCOOH и CH_3COOH), которые являются катализаторами процесса разрыва эфирных и остаточных водородных связей целлюлозы с твердым раствором гемицеллюлоз в лигнине. Эти процессы приводят к деполимеризации лигнина межклеточного пространства с образованием низкомолекулярных фенольных соединений с последующей их экстракцией из клеточной стенки [19]. Отмечено, что в максимальных количествах обнаруживаются соединения, имеющие в своем составе карбонильные и карбоксильные группы, такие как альдегиды и кислоты (ванилин, ванилиновая кислота), что обусловлено происходящими при автогидролизе за счет присутствия кислорода воздуха окислительными процессами.

Показано, что в экстракте после ступенчатой обработки древесины с этанолом содержится максимальное для всех обработок количество ванилина.

Таким образом, проведенные исследования показали, что для повышения эффективности СКЭ требуется предварительная модификация капиллярно-пористой структуры древесной матрицы, а подбор оптимального сорастворителя позволяет повысить селективность экстракции и направленно регулировать состав полученных экстрактов. Ступенчатая обработка, отвечающая принципам «зеленой химии», с применением взрывного автогидролиза на первой стадии и СКЭ бинарным растворителем «СК- CO_2 – этанол» — на второй, способствует извлечению максимального количества ванилина.

Исследования выполнены при финансовой поддержке ФАНО России в рамках темы № АААА-А18-118012390231-9 «Физико-химические, генетические и морфологические основы адаптации растительных объектов в условиях изменяющегося климата высоких широт». Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП НО «Арктика» (САФУ) и на оборудовании ЦКП НО «Критические технологии РФ в области экологической безопасности Арктики» (ФГБУН ФИЦКИА РАН).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Andersen O.M., Markham K.R. *Flavonoids. Chemistry, biochemistry and applications*. CRC Press: Boca Raton. FL, 2006. P. 471.
2. Adams R.P., Tashev A.N. // *Phytologia*. 2013. Vol. 95. No 4. P. 302.
3. Bogolitsyn K.G., Zubov I.N., Gusakova M.A., et al. // *Planta*. 2015. Vol. 241. No 5. P. 1231.
4. Stanić G., Samaržija I., Blazević N. // *Phytother Res*. 1998. Vol. 12. P. 494.
5. Baur J.A., Sinclair D.A. // *Nat. Rev. Drug Discov*. 2006. Vol. 5. No 6. P. 493.
6. Дьяков А.А., Перфилова В.Н., Торенков И.Н. // *Вестник аритмологии*. 2005. № 39. С. 49.
7. Tumen I., Eller F.J., Clausen C.A., Teel J.A. // *Bioresources*. 2012. Vol. 8. P. 12.
8. Mun S. P., Prewitt L. // *Forest Products J*. 2011. Vol. 6. P. 443.
9. Clark A.M., McChesney J.D., Adams R.P. // *Phytotherapy research*. 1990. Vol. 4. No 1. P. 15.
10. Тарабанько В.Е., Коропачинская Н.В. // *Химия растительного сырья*. 2003. № 1. С. 5.
11. Камалдина О.Д., Массов Я.А. Получение ванилина из лигносульфонатов. М.: ЦБТИ ЦНИИС, 1959. 38 с.
12. Патент USA 2692291A. 1954.
13. Kumar R., Sharma P.K., Mishra P.S. // *International J. of PharmTech Research*. 2012. Vol. 4. No 1. P. 266.
14. Боголицын К.Г., Лунин В.В., Косяков Д.С. и др. Физическая химия лигнина. Под ред. К.Г. Боголицына, В.В. Лунина. М.: Академкнига, 2010. 492 с.
15. Pereira C.G., Meireles M.A.A. // *Food and Bioprocess Technology*. 2010. Vol. 3. No 3. P. 340.

**Анализ фенольных компонентов
в сверхкритических экстрактах древесины *Juniperus Communis L.* методом ВЭЖХ**

16. Shi J., Kassama L. S., Kakuda Y. // Functional food ingredients and nutraceuticals: Processing technologies. 2007. Vol. 13. P. 3.
17. Bogolitsyn K.G., Gusakova M.A., Krasikova A.A., Ivakhnov A.D., Khviuzov S.S., Chukhchin D.G., Zubov I.N. // Russian Journal of Physical Chemistry B. 2017. Vol. 11. Is. 7. P. 1089.
18. Aliev A.M., Radjabov G.K., Musaev A.M. // J. of Supercritical Fluids. 2015. Vol. 102. P. 66.
19. Bogolitsyn K., Krasikova A., Gusakova M., Gravitis J., Khviuzov S., Chukhchin D., Zubov I. // J. of the Indian Acad. Of Wood Sci. 2016. Vol. 13. No 1. P. 82.
20. Овчинников Д.В., Косяков Д.С., Ульяновский Н.В. // Аналитика и контроль. 2014. Т. 18. № 3. С. 302.
21. Beckman E.J. // J. of Supercritical Sluids. 2004. Vol.28. P. 121.
22. Wyatt V.T., Bush D., Lu J., Hallett J.P., Liotta C.L., Eckert C.A. // J. of Supercritical Fluids. 2005. Vol. 36. P. 16.
23. Bogolitsyn K.G., Gorbova N.S., Kosyakov D.S. // Rus. J. Phys. Chem. A. 2003. Vol. 77. No 4. С. 590.
24. Bogolitsyn K.G., Kosyakov D.S., Gorbova N.S. // Rus. J. Phys. Chem. A. 2003. Vol. 77. No 11. С. 1745.
25. Ермакова М.И., Кирюшина М.Ф., Зарубин М.Я. // Химия древесины. 1984. № 5. С. 23.
26. Леменовский Д.А., Барагаташвили В.Н. // Соросовский образовательный журнал. 1999. № 10. С. 36.
27. Хенюзов С.С., Косяков Д.С., Горбова Н.С., Боголицын К.Г. // Журн. Физ. химии. 2012. Т. 86. № 10. С. 1640.
28. Косяков Д.С., Горбова Н.С., Боголицын К.Г., Гусаков Л.В. // Журн. Физ. химии. 2007. Т. 81. № 7. С. 1227.

ANALYSIS OF PHENOLIC COMPONENTS IN THE SUPERCRITICAL EXTRACTS OF *JUNIPERUS COMMUNIS L.* WOOD BY HPLC METHOD

**¹A. A. Krasikova, ^{1,2}K. G. Bogolitsyn, ¹M. A. Gusakova, ^{1,2}A. D. Ivakhnov,
¹S. S. Khviuzov, ¹N. A. Samsonova**

¹Federal Center for Integrated Arctic Research, Arkhangelsk, Russia

²Northern (Arctic) Federal University named after Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

The effect of the thermochemical activation of biomass on the fullness and efficiency of extraction of phenolic compounds from the *Juniperus Communis L.* wood by supercritical CO₂ with various co-solvents is studied. Phenolic components in the obtained extracts were identified using the high-performance liquid chromatography (HPLCh). It is shown that the use of protonic co-solvents provides for the extraction of significantly larger amounts of phenolic compounds, in particular, vanillin and vanillic acid.

Key words: thermochemical activation, supercritical fluid extraction, juniperus, phenolic compounds, vanillin.