

УДК 615.32:543.429.23:543.544.5.068.7

**А. В. Кручонок¹, Е. Г. Попов¹, Е. Д. Скаковский², Л. Ю. Тычинская²,
С. А. Ламоткин³, В. В. Титок¹**

¹Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси

²Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси

³Белорусский государственный технологический университет

АНАЛИЗ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ЭКСТРАКТОВ РАСТЕНИЙ РОДА ЭХИНАЦЕИ (*ECHINACEA* MOENCH) МЕТОДАМИ ЯМР И ВЭЖХ

Проведен сравнительный ¹H и ¹³C ЯМР анализ водных (D₂O) экстрактов листьев четырех образцов растений рода *Echinacea* Moench: диких (*E. angustifolia*, *E. purpurea*) и культурных (*E. ×hybrida* сорт ‘Leilani’ [*E. paradoxa* × *E. purpurea*], *E. purpurea* сорт ‘Elegy’). Для исследования использовали листья, собранные в августе в фазе цветения. Растения выращены в Центральном ботаническом саду (ЦБС) Национальной академии наук Беларуси. В них обнаружены биологически активные вещества (БАВ), в частности 4 углевода (глюкоза, фруктоза, галактоза, сахароза) и 11 аминокислот (фенилаланин, тирозин, γ-аминомасляная кислота, аспарагин, пролин, аланин, треонин, валин, изолейцин, лейцин, глутамин). Дополнительно методом ВЭЖХ исследовано соотношение других БАВ, в том числе фенольной природы, в вышеуказанных, а также еще в 6 образцах: у дикой *E. paradoxa* и культурных (*E. ×hybrida* сорт ‘Hot Papaya’, *E. purpurea* сорт ‘Green Jewel’, *E. ×hybrida* сорт ‘Strawberry Shortcake’, *E. purpurea* сорт ‘Green Envy’, *E. purpurea* сорт ‘Secret Romance’). В результате идентифицированы 13 соединений: аскорбиновая кислота, кафтаровая кислота, хлорогеновая кислота, синапиновая кислота, цинарин, эхинакозид, кофейная кислота, феруловая кислота, бензойная кислота, цикориевая кислота, салициловая кислота, резвератрол, коричная кислота и олеаноловая кислота. Опираясь на результаты анализов БАВ, обсуждены характерные видовые и сортовые особенности изучаемых объектов. Настоящее исследование подтверждает возможность использования ЯМР- и ВЭЖХ-методов для целей хемосистематики *Echinacea ssp.* и определения наилучших сроков заготовки их лекарственного растительно сырья.

Ключевые слова: *Echinacea ssp.*, ¹H и ¹³C ЯМР, ВЭЖХ, фитохимический состав.

**A. V. Kruchonok¹, E. H. Popoff¹, E. D. Skakovski²,
L. Yu. Tychinskaya², S. A. Lamotkin³, V. V. Titok¹**

¹Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus

²Institute of Physical Organic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus

³Belarusian State Technological University

ANALYSIS OF CONEFLOWER PLANTS (*ECHINACEA* MOENCH) EXTRACTS' CHEMICAL COMPOSITION BY NMR AND HPLC METHODS

Objects of our study – *Echinacea* wild species (*E. angustifolia*, *E. paradoxa*, *E. purpurea*) and their cultural varieties (‘Hot Papaya’, ‘Green Jewel’, ‘Strawberry Shortcake’, ‘Secret Romance’, ‘Green Envy’, ‘Leilani’, ‘Elegy’). The aim of this work was to compare the chemical composition these plants. Therefore, we performed a comparative ¹H and ¹³C NMR analysis of aqueous (D₂O) leaf extracts of these objects, that were grown in the Central Botanical Garden (Minsk, Nat. Ac. Sci. of Belarus) and collected in August at the flowering stage. This allowed us to identify the characteristic differences between the samples for 4 carbohydrates (glucose, fructose, galactose, sucrose) and 11 amino acids (phenylalanine, tyrosine, γ-aminobutyric acid, asparagine, proline, alanine, threonine, valine, isoleucine, leucine, glutamine). Additionally, interspecific ratio of *Echinacea* constituents (such as [hydroxy]cinnamic) and other organic acids, cynarine, echinacoside etc.) was studied by HPLC. Some valuable biologically active compounds (resveratrol, oleanolic acid...) first have been detected (that are new to the genus *Echinacea*). This approach confirms once again that the methods used are helpful to assess the quality of plant raw materials with elucidation of the optimal harvesting terms, as well as for the purpose of chemosystematics between *Echinacea ssp.*

Key words: *Echinacea ssp.*, ¹H & ¹³C NMR, HPLC, phytochemical composition.

Введение. В настоящее время значительно возросла потребность медицины в использовании лекарственных препаратов на основе растительного сырья. Одно из направлений поиска

новых растительных источников биологически активных веществ (БАВ) – изучение возможности выращивания в Беларуси видов растений, которые в других странах занимают большие

площади и широко применяются для лекарственных целей. Перспективным источником БАВ являются виды эхинацей (*Echinacea* Moench).

Род эхинацеи включает виды трав, природный ареал которых позиционирован в приатлантических районах Северной Америки и Мексики. Это многолетние корневищные растения с прямым стеблем до 1 м высотой с красивыми соцветиями. Как лекарственные они культивируются в Германии, Франции и США. С лечебной целью используют корни и цветки. Экстракты листьев до настоящего времени не находили широкого применения [1].

Различные виды эхинацеи отличаются друг от друга не только цветом, но и разным содержанием БАВ. Их используют для лечения многих заболеваний, в том числе при змеиных укусах, простудах, зубной боли, язвах, ранах и герпесе. Препараты из эхинацей проявили себя при лечении рака, артрита, СПИДа, синдрома хронической усталости, а также как средства, стиму-

лирующие иммунитет. Установлено, что их «активным началом» являются углеводы, аминокислоты и фенольные соединения, однако имеющиеся данные по сравнительной оценке компонентного состава различных видов и сортов *Echinacea* недостаточны.

Поэтому цель настоящей работы – сравнительный анализ перспективных образцов эхинацеи методами ядерного магнитного резонанса (^1H и ^{13}C ЯМР) и высоко-эффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) для определения содержания отдельных БАВ (углеводы, аминокислоты, фенольные вещества).

Основная часть. Исследование проведено на растениях рода *Echinacea* Moench семейства *Compositae*: 3 видов (*E. purpurea*, *E. paradoxa*, *E. angustifolia* Moench), и 6 сортов ('Green Jewel', 'Green Envy', 'Secret Romance', 'Leilani', 'Hot Papaya', 'Strawberry Shortcake', см. табл. 1, рис. 1). В работе использовали листья, отобранные в августе – в фазе цветения, в период максимального накопления растениями БАВ.

Таблица 1

Анализируемые виды и сорта (гибриды) *Echinacea* Moench

Название образца	Шифр	Информация об образце, plant patent (PP), оригинатор
1. <i>E. ×hybrida</i> 'Leilani'	Е ₁	USA PP23526, Terra Nova
2. <i>E. angustifolia</i>	Е ₂	Природный (дикий) вид
3. <i>E. purpurea</i>	Е ₃	Природный (дикий) вид
4. <i>E. purpurea</i> 'Elegy'	Е ₄	Селекция ЦБС НАН Беларуси
5. <i>E. ×hybrida</i> 'Hot Papaya'	Е ₅	USA PP21022, Arie Blom
6. <i>E. purpurea</i> 'Green Jewel'	Е ₆	USA PP18678, Piet Oudolf
7. <i>E. ×hybrida</i> 'Strawberry Shortcake'	Е ₇	USA PP23020, Terra Nova
8. <i>E. paradoxa</i>	Е ₈	Природный (дикий) вид
9. <i>E. purpurea</i> 'Green Envy'	Е ₉	USA PP17172, Mark Veeder
10. <i>E. purpurea</i> 'Secret Romance'	Е ₁₀	USA PP23036, Terra Nova

Е₁Е₂Е₃Е₄Е₅Е₆Е₇Е₈Е₉Е₁₀Рис. 1. Анализируемые виды и сорта рода *Echinacea* Moench

Для осуществления ЯМР-анализа воздушно-сухие листья измельчались и заливались D₂O в соотношении растительное сырье : экстрагент = 1 : 15. Экстракция проводилась в течение 24 ч при комнатной температуре. Отфильтрованный экстракт в объеме 0,5 мл помещали в 5-миллиметровую ампулу ЯМР. В раствор переходило ~15% исходной навески. Были проанализированы 4 образца: E₁, E₂, E₃, E₄.

Спектры ЯМР водных растворов зарегистрированы на спектрометре AVANCE-500 (Bruker) с рабочими частотами 500 и 125 МГц для ядер ¹H и ¹³C соответственно при температуре 293 К. В качестве внутреннего стандарта и для последующих количественных расчетов использовали добавленный в раствор трет-бутиловый спирт определенной концентрации. Химические сдвиги сигналов стандарта в протонном спектре – δ_{СНЗ} = 1,24 м. д., в углеродном – δ_{СНЗ} = 30,29 м. д. ¹H ЯМР-спектры накапливали в течение 15 мин, ¹³C – 14 ч. Для идентификации соединений в идентичных условиях предварительно записаны ¹H и ¹³C ЯМР-спектры ряда углеводов и аминокислот. Отнесение химических сдвигов этих соединений дано в работах [2, 3]. Все экспериментальные данные получены и обработаны с помощью пакета программ XWIN-NMR 3.5.

Используя ВЭЖХ при пробоподготовке сырья и получения экстрактов для анализа наличия целевых компонентов, мы руководствовались ГОСТ Р 4.1.167203 [4]. Листья высушивали при 303 К и экстрагировали 70%-ным этанолом при соотношении сырье : экстрагент = 1 : 50; экстракцию осуществляли при 277 К в течение

10 сут. Затем экстракт переносили в стеклянную герметичную посуду и хранили в темноте при той же температуре. Анализ компонентов экстрактов с использованием для идентификации стандартов БАВ (фирма «Кампилаб» (Минск)) вели хроматографом Аджилент-1260 на колонке Zorbax Eclipse Plus C18 (Agilent, США). Экстракты предварительно центрифугировали (15 000 g, 3 мин, 293 К) и пропускали через фильтры PTFE (Agilent, ФРГ) с диаметром пор 0,2 мкм, затем вносили в вials, откуда отбор в прибор проводился автосэмплером. ВЭЖХ осуществляли в градиентном режиме стандартным методическим подходом [510] с регистрацией субстанций детектором DAD G4212B (Agilent, США) в milli Absorbance Units [mAU]. Обработка данных хроматографом проводилась по программе AgilentOpenLAB CDS ChemStation.

На рис. 2 приведены спектры ЯМР ¹H (а) и ¹³C (б) D₂O экстракта листьев эхинацеи *E. ×hybrida* 'Leilani' (E₁). Спектры остальных трех образцов подобны. Отличия наблюдаются, главным образом, в интенсивности линий, что связано с различным количественным содержанием компонентов. Нам удалось идентифицировать четыре углевода (глюкоза (2 изомера), фруктоза (5 изомеров), галактоза (2 изомера) и сахароза), а также одиннадцать аминокислот (фенилаланин, тирозин, γ-аминомасляная кислота, аспарагин, пролин, аланин, треонин, валин, изолейцин, лейцин, глутамин). Процентное содержание углеводов (сумма изомеров) и аминокислот представлено в табл. 2.

Таблица 2

Содержание углеводов и аминокислот у различных образцов *Echinacea Moench* (%)

Компонент	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄
1. Глюкоза	7,2	4,6	11,9	10,7
2. Фруктоза	9,9	9,5	20,2	13,5
3. Галактоза	–*	4,3	–	2,0
4. Сахароза	–	–	9,6	4,0
5. Фенилаланин	1,1	2,5	0,3	0,6
6. Тирозин	–	1,4	–	–
7. γ-Аминомасляная кислота	4,2	1,3	1,1	2,5
8. Аспарагин	3,6	2,7	–	–
9. Пролин	–	1,8	0,5	2,9
10. Аланин	–	5,2	4,2	3,7
11. Треонин	7,9	0,5	–	–
12. Валин	1,5	2,9	0,8	1,7
13. Изолейцин	3,1	1,8	0,5	0,9
14. Лейцин	1,6	1,3	0,5	0,5
15. Глутамин	–	–	0,5	2,1
<i>Всего</i>	40,1	39,8	50,1	45,1

* Не определено.

Анализ данных табл. 2 показывает, что больше всего углеводов содержится в образце *E. Purpurea* (E_3 – 41,7%), а меньше всего – в *E. ×hybrida* ‘Leilani’ (E_1 – 17,1%). В исследованных экстрактах присутствуют пять незаменимых аминокислот: фенилаланин, треонин, валин, изолейцин и лейцин, причем их содержание наибольшее в гибриде E_1 .

При проведении нами ВЭЖХ-анализов образцов экстрактов листьев *Echinacea ssp.* идентифицированы не менее 13 соединений (см. табл. 3). Типичная хроматограмма экстрактов листьев *Echinacea Moench* на примере пробы *E. ×hybrida* ‘Strawberry Shortcake’ (E_7) представлена на рис. 3. Хроматограммы остальных образцов качественно схожи. Выявляемые ВЭЖХ

диапазоны содержания БАВ в разных партиях 10 образцов *Echinacea sp.* в табл. 3 представлены как процент от суммы детектируемых веществ, при этом значения t_R приведены в интервале времени записи пика. Необходимо отметить, что по содержанию кафтаровой, хлорогеновой и цикориевой кислот, цинарина и эхинакозида определяется качество лекарственного сырья эхинацеи, так как они считаются главными иммуномодуляторами [4–9]. В исследованных образцах наибольшее их количество содержат *E. angustifolia* (E_2), *E. purpurea* (E_3) и *E. purpurea* ‘Elegy’ (E_4).

Некоторые выявленные компоненты (бензойная, кофейная кислоты) являются универсальными метаболитами растений.

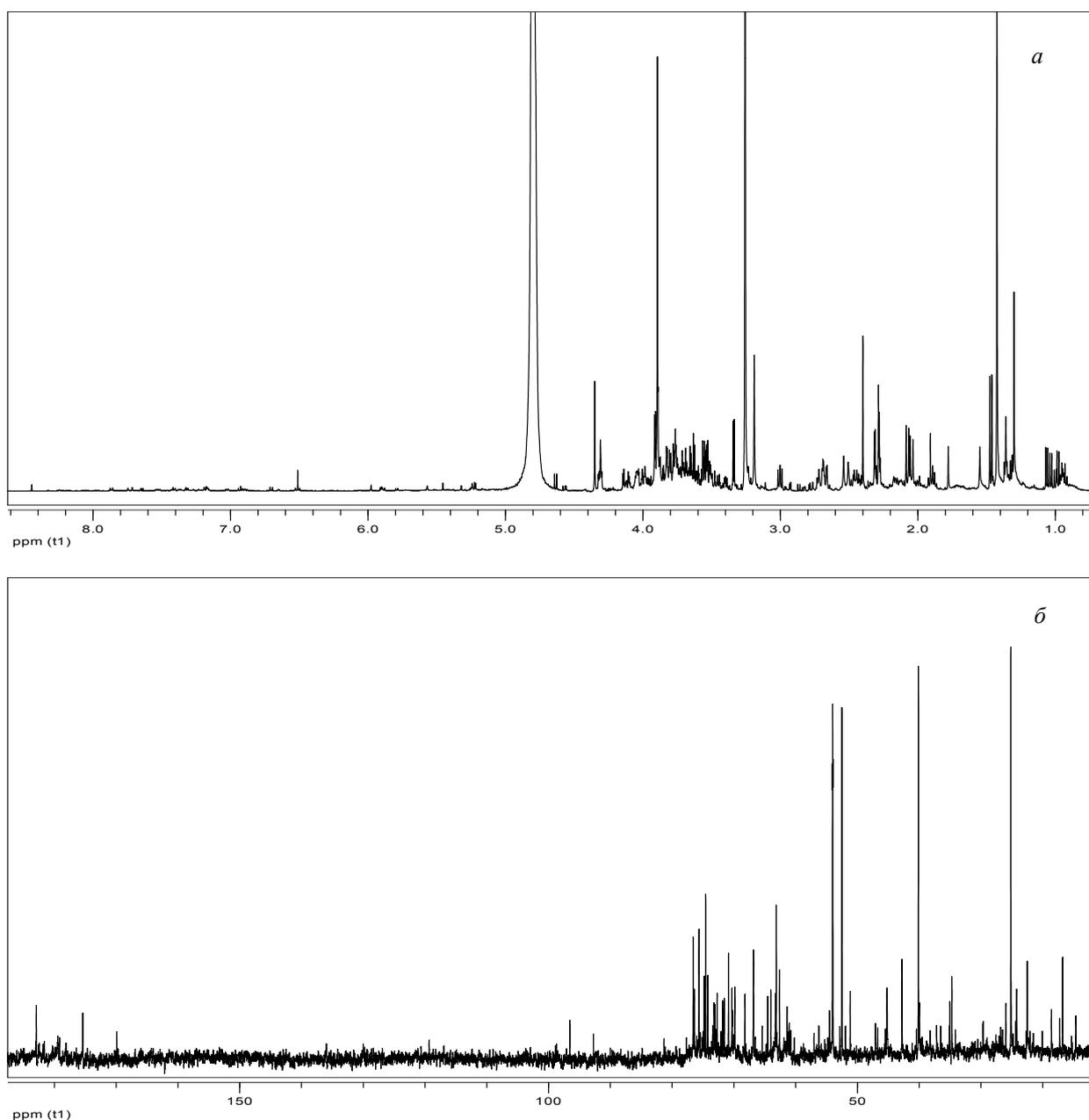


Рис. 2. Спектры ЯМР ^1H (а) и ^{13}C (б) D_2O -экстракта листьев эхинацеи *E. ×hybrida* ‘Leilani’ (E_1)

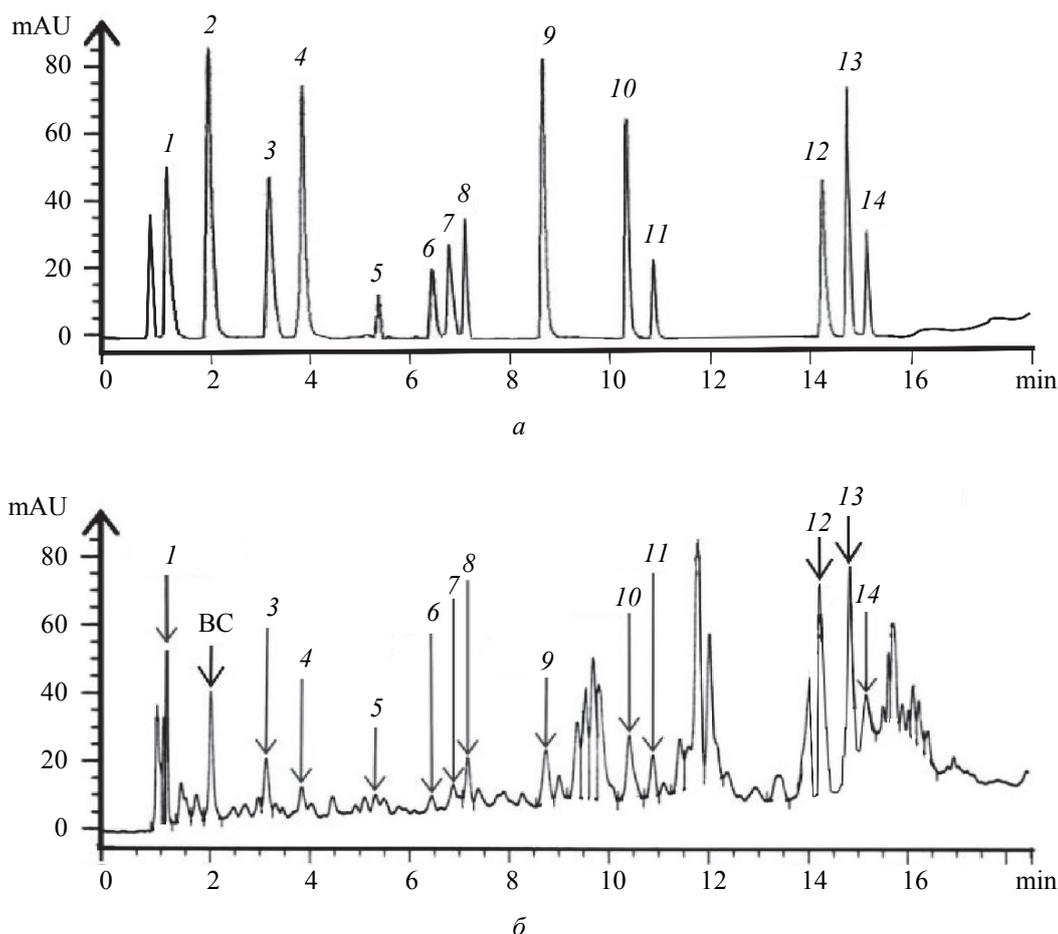


Рис. 3. Типичная хроматограмма стандартов (а) и экстракта листьев (б)
(на примере пробы *Echinacea × hybrida* ‘Strawberry Shortcake’ [E7]):

1 – аскорбиновая кислота; 2 – протокатеховая кислота; 3 – кафтаровая кислота; 4 – хлорогеновая кислота; 5 – синап(ин)овая кислота; 6 – цинарин; 7 – эхинакозид; 8 – кофейная кислота; 9 – феруловая кислота; 10 – бензойная кислота; 11 – цикориевая кислота; 12 – *tr*-резвератрол; 13 – *tr*-коричная кислота; 14 – олеаноловая кислота; BC – внутренний стандарт (2)

Таблица 3

Содержание БАВ *Echinacea Moench* (%)

Определяемый компонент	t_R^1 , мин	Образцы <i>Echinacea ssp.</i> (E _i) ²									
		E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀
1. Аскорбиновая кислота	1,0–1,2	1,4–10,9	0,6–5,0	0,7–4,2	0,8–4,7	0,3–2,5	0,1–1,3	2,4–6,7	5,8–7,3	0,9–6,5	0,4–4,3
2. Кафтаровая кислота	3,0–3,2	13,6–17,5	26,3–30,6	24,6–24,8	22,4–24,1	16,5–19,1	12,4–12,9	3,4–4,8	0,7–1,0	21,2–26,8	13,5–15,8
3. Хлорогеновая кислота	3,8–3,9	1,6–1,7	1,8–2,9	2,6–2,8	3,4–3,6	0,5–0,8	0,1–0,3	1,4–1,5	5,7–14,6	2,0–2,2	1,4–1,5
4. Синап(ин)овая кислота	5,3–5,4	6,9–9,2	2,8–3,9	1,4–2,0	1,7–2,0	1,5–1,7	4,7–4,9	1,5–1,6	– ³	1,3–1,4	2,9–3,8
5. Цинарин	6,3–6,5	1,9–2,5	– ³	1,2–1,3	– ³	– ³	0,6–0,7	– ³	0,8–0,9	– ³	– ³
6. Эхинакозид	6,8–6,9	– ³	– ³	– ³	– ³	– ³	0,1–0,2	2,8–7,5	0,9–1,7	1,4–1,5	– ³
7. Кофейная кислота	7,1–7,3	0,7–3,1	0,8–2,9	0,6–2,4	0,7–2,9	0,4–0,5	0,5–0,6	2,4–4,5	1,9–2,2	0,6–2,8	0,4–2,1
8. Феруловая кислота	8,6–8,9	28,4–43,4	28,6–32,8	45,6–51,1	48,4–53,2	58,9–68,4	54,4–57,7	14,8–30,9	4,8–8,2	44,7–50,8	56,7–70,3
9. Бензойная кислота	10,2–10,6	1,3–1,4	0,8–2,7	2,2–3,2	2,5–3,1	1,2–3,5	1,9–2,3	2,2–2,9	4,0–4,6	0,8–2,2	0,9–3,5
10. Цикориевая кислота	10,7–10,9	1,4–1,5	1,3–1,8	3,1–3,6	3,1–3,7	1,9–2,4	– ³	4,4–6,6	– ³	1,1–1,2	1,6–2,4
11. <i>tr</i> -Резвератрол	13,8–14,4	0,9–1,0	– ³	0,6–0,7	0,6–0,7	– ³	0,5–0,6	2,0–2,4	7,3–16,1	0,8–0,9	– ³
12. <i>tr</i> -Коричная кислота	14,5–14,9	6,4–7,9	3,7–5,2	3,5–4,7	4,7–16,9	4,9–5,8	3,3–5,4	8,3–12,6	1,9–4,6	2,4–5,1	4,2–5,5
13. Олеаноловая кислота	15,0–15,4	0,7–3,3	1,7–1,8	0,3–2,1	3,3–3,4	0,3–2,6	0,4–1,4	1,4–2,7	1,0–3,5	0,4–3,5	0,7–3,7

¹ Время удерживания компонента (Retention time) при хроматографировании приведено в интервале времени записи пика.

² Приведены выявляемые диапазоны варьирования содержания БАВ в разных партиях листьев.

³ Не определено.

Представляют особый интерес другие выявленные БАВ. Например, резвератрол (в малых дозах он действует как антиканцероген); феруловая, хлорогеновая и другие кислоты (они проявляют гепатопротекторное и гипогликемическое действие, уменьшают риск сердечно-сосудистых заболеваний); олеаноловая кислота (считается геронтопротектором, так как оказывает ранозаживляющее и противовоспалительное действие, снижает артериальное давление, тонизирует нервную систему, восстанавливает сердечный ритм, нормализует уровень холестерина) [10].

Результаты ВЭЖХ-анализов (рис. 3, табл. 3) позволили ранжировать образцы E_i по содержанию ряда ценных компонентов (БАВ). Выявленные закономерности приводим ниже:

- 1 – $E_1 > E_8 > E_7 \geq E_9 > E_2 = E_4 \geq E_3 \geq E_{10} \geq E_5 \geq E_6$;
- 3 – $E_2 \geq E_3 \geq E_9 \geq E_4 > E_5 \geq E_1 \geq E_{10} > E_6 > E_7 > E_8$;
- 4 – $E_8 > E_4 > E_3 \geq E_2 \geq E_9 > E_1 \geq E_7 > E_5 > E_6 > E_{10}$;
- 5 – $E_1 > E_6 > E_{10} = E_2 > E_4 \geq E_3 \geq E_5 = E_7 \geq E_9 > E_8$;
- 6 – $E_1 > E_3 > E_8 > E_6$;
- 7 – $E_7 > E_9 \geq E_8 > E_6$;
- 9 – $E_5 \geq E_{10} \geq E_6 > E_4 \geq E_3 = E_9 > E_1 \geq E_2 \geq E_7 > E_8$;
- 11 – $E_7 > E_4 = E_3 > E_5 \geq E_{10} > E_2 \geq E_1 > E_9$;
- 12 – $E_8 > E_7 > E_1 \geq E_9 \geq E_3 \geq E_4 \geq E_6$;
- 13 – $E_4 \geq E_7 \geq E_3 \geq E_1 \geq E_5 \geq E_{10} \geq E_2 = E_6 \geq E_9 \geq E_8$;
- 14 – $E_4 > E_8 = E_{10} \geq E_7 \geq E_1 \geq E_9 \geq E_2 \geq E_5 = E_3 \geq E_6$.

Таким образом, при сопоставлении ВЭЖХ-данных с таковыми природного вида *E. purpurea* (E_3 (исходный эталон)) становится видно, как селекция повышает качество новых форм и сортов растений рода *Echinacea* по содержанию ценных компонентов (БАВ).

Проведенная работа подтверждает правомочность апробированных методов для использования в оценке качества ЛРС по детекции целевых соединений и в определении оптимальных сроков его заготовки, а также для целей хемосистематики растений.

Закключение. Методом ^1H и ^{13}C ЯМР определено содержание четырех углеводов и одиннадцати аминокислот, среди которых пять незаменимых, в экстрактах (D_2O) листьев четырех образцов *Echinacea ssp.* Применение ВЭЖХ позволило идентифицировать и количественно оценить содержание 13 БАВ в экстрактах листьев 10 образцов *Echinacea ssp.* Показано, что в качестве лекарственного сырья целесообразно использовать всю надземную часть растений, включая листья. Выявлены перспективные образцы с наибольшим содержанием БАВ. Подтверждена возможность использования ЯМР- и ВЭЖХ-методов для целей хемосистематики *Echinacea ssp.* и определения наилучших сроков заготовки сырья (согласно общепринятой шкале ВВСН [9]), когда содержание целевых БАВ достигает максимума.

Литература

1. Попов Е. Г., Кручонок А. В., Титок В. В. Видоспецифичность содержания биологически активных веществ в листьях *Echinacea Moench* // Нарочанские чтения 11: материалы 11-й Междунар. науч.-практ. конф. (Беларусь, Нарочь, 20–23 сент. 2017 г.). Минск: Ставрополь: Северо-Кавказ. федеральный ун-т, 2017. С. 81–86.
2. ЯМР-спектроскопия в исследовании водных экстрактов травы пажитника греческого (*Trigonella foenum-graecum* L.) / Е. Д. Скаковский [и др.] // Журнал прикладной спектроскопии. 2014. Т. 81, № 4. С. 542–546.
3. Анализ экстрактов лимона методом ЯМР / Е. Д. Скаковский [и др.] // Труды БГТУ. Сер. 2. Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. 2018. № 1. С. 17–25.
4. Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 400 с.
5. Моисеев Д. В. Определение фенольных кислот в растениях методом ВЭЖХ // Химия растительного сырья. 2014. Т. 16, № 3. С. 171–174.
6. Determination of major phenolic compounds in *Echinacea spp.* raw materials and finished products by high-performance liquid chromatography with ultraviolet detection: single-laboratory validation matrix extension / P. N. Brown [et al.] // J. AOAC Int. 2011. Vol. 95, No. 5. P. 1400–1410.
7. Соколов С. Я. Фитотерапия и фитофармакология: руководство для врачей. М.: Медицинское информационное агентство, 2000. 967 с.
8. Brown P. N., Mudge E. M., Paley L. Determination of phenolic constituents in *Echinacea* raw materials and dietary supplements by HPLC-UV // J. AOAC Int. 2016. Vol. 99, No. 5. P. 1197–1203.
9. Meier U. Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen: BBCH Monografie. Berlin: Biologische Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft, 2001. 165 p.
10. Геронтопротекторные вещества иссопа лекарственного (*Hyssopus officinalis* L.) и многоколосника морщинистого (*Agastache rugosa* Fisch. et Mey) / Л. В. Кухарева [и др.] // Вестник БРФФИ. 2016. № 4. С. 21–31.

References

1. Popoff E. H., Kruchonok A. V., Titok V. V. Species specific percentage of bioactive compounds in *Echinacea* Moench leaves. *Narochanskije chteniya 11: materialy 11-y Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Naroch Reading 11: Proceeding of 11 Int. Sci.-Pract. Conf.]. Minsk, Stavropol, BSU-NKFU Publ., 2017, pp. 81–86 (In Russian).
2. Skakovski Ye. D., Tychinskaya L. Yu., Matveychuk S. V. [et al.] NMR spectroscopy in the study of water extracts of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Zhurnal prikladnoy spektroskopii* [J. Appl. Spectroscopy], 2014, vol. 81, no. 4, pp. 542–546 (In Russian).
3. Skakovski Ye. D., Latyshevich D. N., Tychinskaya L. Yu., Lamotkin S. A. Analysis of lemon extract by NMR method. *Trudy BGTU* [Proceedings of BGTU], Series 2: Chemical engineering, biotechnologies, geocology, 2018, no. 2, pp. 17–25 (In Russian).
4. *Rukovodstvo po metodam kontrolya kachestva i bezopasnosti biologicheskii aktivnykh dobavok k pishche* [Guidance on methods for monitoring the quality and safety of dietary supplements]. Moscow, Dep. of the State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of the Rus. Federation, 2004. 400 p.
5. Moiseev D. V. Determination of phenolic acids in plants by HPLC. *Khimia rastitelnogo syrya*. [Chemistry of plant materials], 2014, vol. 16, no. 3, pp. 171–174 (In Russian).
6. Brown P. N., Chan M., Paley L., Betz J. M. Determination of major phenolic compounds in *Echinacea* spp. raw materials and finished products by high-performance liquid chromatography with ultraviolet detection: single-laboratory validation matrix extension. *J. AOAC Int.*, 2011, vol. 95, no. 5, pp. 1400–1410.
7. Sokolov S. Ya. *Fitoterapiya i fitofarmakologiya* [Herbal medicine and phytopharmacology]. Moscow, Med. Inform. Agency Publ., 2000. 967 p.
8. Brown P. N., Mudge E. M., Paley L. Determination of phenolic constituents in *Echinacea* raw materials and dietary supplements by HPLC-UV. *J. AOAC Int.*, 2016, vol. 99, no. 5, pp. 1197–1203.
9. Meier U. *Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen: BBCH Monografie*. Berlin, Biologische Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft, 2001. 165 p.
10. Kuhareva L. V., Popoff E. H., Gil T. V., Luu A. D., Bui H. V., Ninh B. H., Tu N. B., Titok V. V. Gerontoprotective principles in herbs of *Hyssopus officinalis* L. and *Agastache rugosa* Fisch. et Mey. *Vestnik BRFFI* [Bull. of the Belarus Rep. Fond of Fund. Res.], 2016, no. 4, pp. 21–31 (In Russian).

Информация об авторах

Кручонок Алеся Владимировна – заведующий сектором сохранения и восстановления растительных ресурсов. Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси (220012, г. Минск, ул. Сурганова, 2в, Республика Беларусь). E-mail: kruchonak@gmail.com

Попов Евгений Германович – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биоразнообразия растительных ресурсов. Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси (220012, г. Минск, ул. Сурганова, 2в, Республика Беларусь). E-mail: E.Popoff@cbg.org.by

Скаковский Евгений Доминикович – кандидат химических наук, доцент. Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси (220072, г. Минск, ул. Сурганова, 13, Республика Беларусь). E-mail: sed@ifoch.bas-net.by

Тычинская Людмила Юльевна – кандидат химических наук, заведующий лабораторией физико-химических методов исследования. Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси (220072, г. Минск, ул. Сурганова, 13, Республика Беларусь). E-mail: sed@ifoch.bas-net.by

Ламоткин Сергей Александрович – кандидат химических наук, доцент кафедры физико-химических методов сертификации продукции. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: jossby@rambler.ru

Титок Владимир Владимирович – доктор биологических наук, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, заведующий лабораторией биоразнообразия растительных ресурсов. Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси (220012, г. Минск, ул. Сурганова, 2в, Республика Беларусь). E-mail: V.Titok@cbg.org.by

Information about the authors

Kruchonok Alesya Vladimirovna – Head of the Sector for the Conservation and Restoration of Plant Resources. Central Botanical Garden of National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganova str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kruchonak@gmail.com

Popoff Eugene Hermanovich – PhD (Biology), Leading Researcher of the Laboratory of Plant Resources Biodiversity. Central Botanical Garden of National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganova str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: E.Popoff@cbg.org.by

Skakovski Eugene Dominikovich – PhD (Chemistry), Associate Professor, Head of the Laboratory of Physical-Chemical Methods of Research. Institute of Physical Organic Chemistry of National Academy of Sciences of Belarus (13, Surganova str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sed@ifoch.bas-net.by

Tychinskaya Lyudmila Yul'evna – PhD (Chemistry), Head of the Laboratory of Physical-Chemical Methods of Research. Institute of Physical Organic Chemistry of National Academy of Sciences of Belarus (13, Surganova str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sed@ifoch.bas-net.by

Lamotkin Sergey Aleksandrovich – PhD (Chemistry), Assistant Professor, the Department of Physical-Chemical Methods of Products Certification. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: jossby@rambler.ru

Titok Vladimir Vladimirovich – DSc (Biology), Corresponding Member of National Academy of Sciences of Belarus, Head of the Laboratory of Plant Resources Biodiversity. Central Botanical Garden of National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganova str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: V.Titok@cbg.org.by

Поступила 01.11.2019