

УДК 635.7:582.091:54.06

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВЕННОГО И КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА КОРЫ КОРИЧНИКА (*CINNAMOMUM*) РАЗНЫХ ВИДОВ

© Ю.Б. Аксенова¹, И.В. Лапко¹, О.В. Кузнецова^{2*}, С.В. Василевский¹, А.В. Аксенов¹,
В.Ф. Таранченко¹, А.М. Антохин¹, И.А. Родин³, О.А. Шнигун³

¹Научный центр «Сигнал», ул. Большая Оленья, 8, Москва, 107014 (Россия)

²Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН,
ул. Косыгина, 19, Москва, 119991 (Россия), e-mail: olga-kuznetsova0@mail.ru

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
химический факультет, Ленинские горы, 1-3, Москва, 119991 (Россия)

Методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием исследован качественный и количественный состав коры коричника (*Cinnamotum*) четырех видов.

Обнаружено 72 соединения различных классов: терпены, альдегиды, спирты, органические кислоты, кумарины, эфиры, катехины, витамины, стеролы и сахара. В результате проведенного сравнительного анализа установлено наличие в исследуемых образцах специфических соединений, характерных для *Cinnamotum zeylanicum*: 3-туйен, 4(10)-туйен, эвгенол, (-)- α -куркумен, линоленовая кислота и для *Cinnamotum burmannii*, *Cinnamotum loureiroi*, *Cinnamotum Cassia*: сативен, изосативен, лонгициклен, β -элемен, γ -мууролен, α -мууролен, α -калакорен, сиреневый альдегид, сирингол. Выявлено наличие общих для всех четырех видов соединений, обладающих определенной вариабельностью. Методом главных компонент осуществлен выбор наиболее информативных соединений, позволяющих осуществить видовую дифференциацию коры коричника. Среди них 4 специфичных компонента – эвгенол, α -мууролен, сиреневый альдегид и линоленовая кислота и 12 общих – коричный альдегид, α -фелландрен, лимонен, линалоол, копаен, кариофиллен, кумарин, бензилбензоат, коричная кислота, пальмитиновая кислоты, линолевая кислота, дисахара.

Направлением дальнейших исследований является установление критериев, позволяющих проводить видовую дифференциацию коры коричника видов *Cinnamotum zeylanicum*, *Cinnamotum burmannii*, *Cinnamotum loureiroi*, *Cinnamotum Cassia*.

Ключевые слова: кора коричника, качественный и количественный состав, метод главных компонент, специфические соединения, видовые различия.

Введение

Кора коричника является одним из наиболее популярных видов сырья, используемого в пищевой промышленности и медицине [1–3].

Научный интерес к изучению коры коричника обусловлен ее применением в народной медицине в качестве стимулирующего и тонизирующего средства, для снижения уровня холестерина и сахара в крови, предотвращения образования тромбов в сосудах, улучшения зрительной памяти и укрепления иммунитета [4, 5].

На российский рынок поступает кора коричника следующих видов [6–10]: *Cinnamotum zeylanicum* (в зависимости от места произрастания подразделяется на коричник цейлонский и мадагаскарский); *Cinnamotum Cassia* (китайский коричник или китайская кассия); *Cinnamotum loureiroi* (вьетнамский коричник или вьетнамская кассия); *Cinnamotum burmannii* (индонезийский коричник или индонезийская кассия).

Для каждого вида коры коричника характерно наличие определенного компонентного состава, что может служить его систематическим признаком и обеспечивать различные терапевти-

Аксенова Юлия Борисовна – научный сотрудник,
e-mail: julia095@inbox.ru

Лапко Ирина Викторовна – старший научный сотрудник,
кандидат химических наук, e-mail: i_lapko@mail.ru

Кузнецова Ольга Витальевна – старший научный сотрудник,
кандидат химических наук,
e-mail: olga-kuznetsova0@mail.ru

Окончание на С. 160.

* Автор, с которым следует вести переписку.

ческие эффекты. Поэтому для успешного использования коры коричника в медицинских целях необходимо установить видовые различия исходного сырья.

На сегодняшний день наиболее полно изучен компонентный состав коры коричника цейлонского и китайского. Авторами [11–13] установлено, что кора коричника содержит пять основных компонентов: коричный альдегид, коричную кислоту, коричный спирт, эвгенол и кумарин. В работах [11, 14–16] описаны полифенольные соединения, дубильные вещества, алкалоиды, сапонины, пентациклические дитерпены, полисахариды, флавоноиды, кумарин, входящие в состав коры коричника китайского и цейлонского.

Менее изучен компонентный состав коры коричника вьетнамского и индонезийского. Известно, что в их составе, помимо пяти основных компонентов, обнаружены флаваноиды: кверцетин, кемпферол и катехин [17, 18].

В литературе практически отсутствуют данные о качественном и количественном составе коры коричника мадагаскарского, и крайне редко встречаются работы, посвященные сравнительному анализу компонентов коричника разных видов.

Так, авторами [18] проведено сравнение коры коричника китайского, цейлонского, вьетнамского и индонезийского по количественному содержанию пяти основных компонентов: коричному альдегиду, коричной кислоте, коричному спирту, эвгенолу и кумарину. Предложено различать кору коричника цейлонского и вьетнамского по соотношению концентраций кумарин/коричный альдегид. Однако дифференцировать данным способом другие виды коричника авторам статьи не удалось.

В работе [19] на основании данных ВЭЖХ/МС анализа методом главных компонент выявлены маркерные ионы соединений из класса проантоцианидинов, позволяющие описывать фитохимические различия четырех видов коричника, собранных в Китае, Вьетнаме, Индонезии и на острове Шри-Ланка. Следует отметить, что изучение разных видов коричника с целью их дифференциации охватывает не только сравнение состава основных компонентов, но и генетические исследования. Применяя кластерные методы анализа для обработки данных генетического исследования, авторы [20] установили, что *Cinnamomum zeylanicum* и *Cinnamomum Cassia* относятся к разным филогенетическим типам растений, а *Cinnamomum Cassia*, *Cinnamomum burmannii*, *Cinnamomum loureiroi* филогенетически тесно связаны.

Таким образом, имеющиеся в литературе данные свидетельствуют о том, что дифференциация различных видов коричника является актуальной задачей, а применение методов математической статистики позволит надежно установить видовые различия представителей рода *Cinnamomum*. В связи с этим необходимо получение дополнительных данных о количественном и качественном составе разных видов коры коричника.

Цель настоящего исследования – проведение сравнительного анализа качественного и количественного состава коры коричника видов: *Cinnamomum zeylanicum*, культивируемого на Шри-Ланке и дикорастущего на Мадагаскаре, *Cinnamomum burmannii*, *Cinnamomum loureiroi* и *Cinnamomum Cassia* для установления различий, позволяющих осуществить их видовую дифференциацию методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием.

Василевский Сергей Валерьевич – заведующий лабораторией, кандидат химических наук, доцент, e-mail: vasilevs73@yandex.ru

Аксенов Алексей Вадимович – заведующий лабораторией, кандидат технических наук, доцент, e-mail: aksenov_av@list.ru

Таранченко Виктор Федорович – начальник отдела, кандидат химических наук, доцент, e-mail: victaran@rambler.ru

Антохин Андрей Михайлович – заместитель директора по научной работе, кандидат технических наук, доцент, e-mail: antohin_08@mail.ru

Родин Игорь Александрович – заместитель декана по инновационной деятельности, доктор химических наук, e-mail: igorrodin@yandex.ru

Шпигун Олег Алексеевич – профессор кафедры аналитической химии химического факультета МГУ, член-корр. РАН, доктор химических наук, e-mail: shpiguno@yandex.ru

Экспериментальная часть

Объекты исследования. В качестве объектов исследования использовали образцы цельной коры коричника *Cinnamomum zeylanicum*, культивируемого на острове Шри-Ланка и Мадагаскаре, а также образцы цельной коры коричника *Cinnamomum Cassia*, *Cinnamomum loureiroi* и *Cinnamomum burmannii*. Все образцы имели сертификат соответствия.

Подготовка образцов для газохроматографического анализа. Цельную кору коричника измельчали с использованием лабораторной мельницы (ИКА, Германия) до величины частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями размером

2 мм. В вials вместимостью 4 мл помещали по 0.06 г каждого измельченного образца и вносили по 1.0 мл метанола, после чего тщательно перемешивали содержимое с использованием орбитального шейкера MS 3 basic (IKA, Германия). Экстракцию проводили в течение 20 мин при 50 °С, помещая вials с пробями в ультразвуковую ванну (Branson, США), после чего центрифугировали в течение 10 мин при 4500 об/мин – 1 с помощью центрифуги (Hermle, Германия).

Затем отбирали шприцем надосадочный слой и отфильтровывали через фильтровальные насадки 0.2 мкм (Whatman, Германия).

Полученный экстракт делили на две части. Одну часть объемом 50 мкл упаривали досуха в токе азота и дериватизировали 50 мкл раствора N,O-бис(триметилсилил)ацетамида в ацетонитриле в течение 30 мин при 75° С, затем переносили в стеклянные вставки вместимостью 0.2 мл, которые помещали в вials вместимостью 2 мл. Оставшуюся часть экстракта переносили в вials вместимостью 2 мл.

Полученные пробы анализировали методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием непосредственно после приготовления.

Проведение газохроматографического анализа. Анализ проводили на газовом хроматографе Agilent 7890 с масс-спектрометрическим детектором Agilent 5975С («Agilent Technologies», США), оснащенном кварцевой капиллярной колонкой HP 5MS длиной 30 м, внутренним диаметром 0,25 мм и толщиной неподвижной жидкой фазы 0.25 мкм. Хроматографирование осуществляли при следующих условиях: начальный изотермический участок 40 °С (1мин), подъем температуры со скоростью 10 °С/мин, конечный изотермический участок при 270 °С в течение 20 мин. Температура испарителя 260 °С; температура интерфейса 280 °С; скорость потока газа-носителя (гелий) 1 мл/мин. Масс-спектры регистрировали в режиме электронной ионизации в диапазоне 40–1050 а.е.м.

Идентификацию компонентов проводили с использованием коммерческих библиотек масс-спектров NIST11 и Wiley14. Концентрацию идентифицированных соединений рассчитывали относительно внешних стандартов: коричневого альдегида, коричневого спирта, коричневой кислоты, эвгенола, кумарина, пальмитиновой кислоты, эпикатехина, α -токоферола, глюкозы (Sigma, Германия).

Статистическая обработка. Статистическую обработку данных проводили в программе Statistica 6.0.

Средние значения и стандартное отклонение рассчитывали с использованием программного модуля Basic Statistic по 5 образцам для каждого вида коричника. Анализ данных методом главных компонент проводили с использованием программного модуля PCA & Classification. Выбор информативных соединений осуществляли с помощью диаграммы распределения компонентов: информативным считается соединение, вектор которого на полученной диаграмме наиболее близок к единичному радиусу окружности [20–24].

Результаты и их обсуждение

В результате исследования экстрактов коры коричника методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием идентифицировано 72 соединения различных классов: терпены, альдегиды, спирты, органические кислоты, кумарин, эфиры, катехины, витамин, стеролы и сахара. Результаты количественного и качественного анализа коры коричника представлены в таблице.

Анализ данных таблицы 1 позволил выявить специфические соединения, характерные для исследуемых видов коры коричника.

Для *Cinnamotum zeylanicum* (мадагаскарский и цейлонский коричник) такими соединениями являются терпены: 3-туйен, 4(10)-туйен, эвгенол, (-)- α -куркумен и линоленовая кислота. Для кассии (китайский, индонезийский, вьетнамский коричник) специфическими соединениями являются сативен, изосативен, лонгидиклен, β -элемен, γ -мууролен, α -мууролен, α -калакорен, принадлежащие к классу терпенов, а также сиреневый альдегид и сиреневый спирт.

Кроме того, в коре коричника разных видов обнаружены общие соединения, содержание которых значительно варьируется.

Так, концентрация α -фелландрена, линалоола и кариофиллена в *Cinnamotum zeylanicum* в 100; 7; 3 и раза выше, а копаена и δ -кадиена – в 4 и 10 раз, соответственно, ниже, чем в кассии. Лимонена в мадагаскарском и цейлонском коричнике в 5 раз больше, чем в китайском и вьетнамском.

Содержание коричневого альдегида уменьшается в ряду вьетнамский > китайский > цейлонский > индонезийский коричник (69.1 > 39.8 > 24.6 > 17.4 мг/г соответственно). Причем коричный альдегид является доминирующим компонентом во всех исследуемых видах коричника.

Результаты количественного и качественного анализа коры коричника

№ п/п	Класс соединения	Идентифицированное соединение	Среднее содержание вещества в коре коричника, мг/г*				
			Мадагаскарский	Цейлонский	Китайский	Индонезийский	Вьетнамский
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Терпены	3-Туйен	0.01	0.07	–	–	–
2		4(10)- Туйен	0.02	0.07	–	–	–
3		Эвгенол	0.44	0.51	–	–	–
4		(-)- α -Куркумен	0.02	0.03	–	–	–
5		(+)-Сативен	–	–	0.02	0.03	0.05
6		(-)-Изосативен	–	–	0.02	0.02	0.01
7		(+)-Лонгициклен	–	–	0.02	0.03	0.09
8		β -Элемен	–	–	0.02	0.02	0.03
9		γ -Мууролен	–	–	0.07	0.06	0.21
10		α-Мууролен	–	–	0.39	0.18	0.54
11		α -Калакорен	–	–	0.04	0.02	0.01
12		α -Пинен	0.03	0.21	0.14	0.14	0.002
13		Камфен	0.01	0.07	0.05	0.11	0.001
14		β -Пинен	0.01	0.06	0.06	0.03	0.001
15		β -Мирцен	0.01	0.02	0.02	0.01	0.05
16		α-Фелландрен	0.20	0.19	0.001	0.002	0.001
17		α -Терпинен	0.02	0.13	0.01	0.02	0.02
18		β -Цимен	0.11	0.27	0.003	0.09	0.002
20		Лимонен	1.12	1.50	0.26	1.41	0.14
21		Эвкалиптол	0.001	0.004	0.01	0.80	0.002
22		Линалоол	0.28	0.12	0.03	0.04	0.01
23		Камфара	0.007	0.004	0.004	0.007	0.011
24		Борнеол	0.01	0.03	0.06	0.09	0.01
25		4-Терпинеол	0.06	0.08	0.02	0.09	0.01
26		Копаен	0.17	0.18	0.63	0.67	0.81
27		дис- α -Бергамотен	0.01	0.01	0.13	0.09	0.10
28		Кариофиллен	0.72	0.44	0.16	0.19	0.12
29		α -Хумулен	0.11	0.06	0.03	0.02	0.07
30		δ -Кадинен	0.03	0.06	0.47	0.19	0.56
31		Кубенен	0.002	0.001	0.044	0.064	0.096
32		Эпикубенол	0.01	0.06	0.02	0.05	0.02
33		Альдегиды	Коричный альдегид	22.0	24.6	39.8	17.4
34	Бензойный альдегид		0.05	0.07	0.04	0.02	0.02
35	Гидрокоричный альдегид		0.07	0.08	0.01	0.02	0.02
36	Сиреневый альдегид		–	–	0.13	0.14	0.13
37	Спирты	Коричный спирт	0.43	0.09	0.08	0.32	0.33
38		Сиреневый спирт	–	–	0.03	0.04	0.05
39		Гидрокоричный спирт	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
40		Кариофилленовый спирт	0.06	0.09	0.06	0.03	0.02
41	Кумарины	Кумарин	0.18	0.06	0.32	1.84	4.20
42	Эфиры	Бензилбензоат	0.90	2.19	0.02	0.01	0.03
43		Фенилэтилбензоат	0.10	0.08	0.01	0.01	0.02
44		Циннамилбензоат	0.05	0.62	0.02	0.001	0.02
45		Циннамил линолеат	0.07	0.01	–	–	0.01
46		Ацетат коричневого спирта	0.25	0.20	0.13	0.21	0.13
47	Кислоты	Янтарная кислота	0.62	0.09	0.13	0.16	0.05
48		Глицериновая кислота	0.38	0.07	0.29	0.05	0.09
49		Фумаровая кислота	0.24	0.08	0.25	0.10	0.05
50		Яблочная кислота	0.92	0.28	1.16	0.53	0.31
51		Коричная кислота	2.46	2.73	1.35	1.45	1.85
52		Треоновая кислота	0.12	0.03	0.13	0.14	0.11
53		Шикимовая кислота	0.12	0.10	0.24	0.63	0.59
54		Протокатехиновая кислота	0.25	0.30	0.47	1.48	1.43
55		Глюконовая кислота	4.32	0.02	6.41	4.93	5.33
56		Феруловая кислота	0.34	0.17	0.09	0.15	0.46
57		Пальмитиновая кислота	1.69	1.14	6.92	3.87	8.58

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	4	8
58		Маргариновая кислота	0.03	0.08	0.47	0.13	0.23
59		Линолевая кислота	0.39	0.64	0.87	6.23	2.63
60		Олеиновая кислота	0.15	0.28	1.08	3.77	1.79
61		Линоленовая кислота	0.45	0.16	–	–	–
62		Стеариновая кислота	0.15	0.21	0.24	0.51	0.34
63		Арахидиновая кислота	0.03	0.03	0.02	0.09	0.05
64		Бегеновая кислота	0.03	0.09	0.33	0.17	0.18
65		Пирокатехин	0.22	0.09	0.03	0.09	0.21
66	Катехины	Катехин	1.05	0.08	0.25	0.62	0.30
67		Эпикатехин	0.75	0.01	0.26	0.45	0.17
68	Витамины	α -Токоферол	0.15	0.04	0.14	0.09	0.05
69		Кампестерол	0.35	0.12	0.13	0.23	0.36
70	Стероиды	Стигмастерол	0.10	0.09	0.13	0.27	0.14
71		β -Ситостерол	0.42	0.45	0.58	0.60	0.69
72	Сахара	Моносахара	23.50	1.69	43.10	69.20	79.70
73		Дисахара	2.01	0.05	4.84	6.91	16.20

*Стандартные отклонения результатов измерений содержания веществ в коре коричника не превышали 15%.

Установлено, что из всех идентифицированных спиртов наибольшая часть приходится на долю коричного спирта. При этом его содержание в мадагаскарском, вьетнамском и индонезийском коричнике в 4 раза превышает содержание в цейлонском и китайском коричнике.

Эфиры бензилбензоат и циннамилбензоат присутствуют в коре коричника цейлонского в количествах, превышающих их содержание в других рассматриваемых видах в 30–50 раз.

Содержание кумарина уменьшается в ряду вьетнамский > индонезийский > китайский > мадагаскарский > цейлонский коричник (4.20 > 1.84 > 0.32 > 0.18 > 0.06 мг/г соответственно).

В кассии и мадагаскарском коричнике установлено высокое содержание глюконовой кислоты (от 6.41 до 4.32 мг/г), что в 300 раз превышает ее содержание в коричнике цейлонском.

В зависимости от вида коричника наблюдается варибельность и в содержании жирных кислот: в коре коричника вьетнамского содержится больше пальмитиновой кислоты (8.58 мг/г), в индонезийском – олеиновой (3.77 мг/г) и линоленовой (6.23 мг/г), в китайском – маргариновой (0.47 мг/г) и бегеновой (0.33 мг/г) кислот.

В кассии обнаружена тенденция к увеличению количества моно- и дисахаров: их содержание возрастает в ряду китайский < индонезийский < вьетнамский коричник. По сравнению с китайским коричником в мадагаскарском сахаров содержится в два раза меньше, а наименьшее их количество наблюдается в коре коричника цейлонского.

Таким образом, проведенный сравнительный анализ данных, представленных в таблице 1, свидетельствует о том, что исследуемые виды коры коричника отличаются по качественному и количественному составу. Выявленные специфические соединения, позволяют дифференцировать кору коричника только на две группы: *Cinnamotum zeylanicum* (мадагаскарский и цейлонский) и кассию (*Cinnamotum Cassia*, *Cinnamotum loureiroi* и *Cinnamotum burmannii*).

Для успешной дифференциации всех исследуемых видов коры коричника необходимо учитывать различия и в количественном содержании общих соединений. Для этого из большого массива полученных данных по компонентному составу коры коричника методом главных компонент (РСА анализ) осуществляли выбор наиболее информативных соединений.

РСА-анализ был выполнен на основе использования специфических соединений, присутствующих только в одном виде коричника и на основе общих соединений, содержание которых варьировалось от вида к виду. Соединения, не отличающиеся варибельностью, не включались в РСА-анализ. Общее количество соединений, подвергавшихся анализу, составило 40. Результаты представлены на рисунках 1 и 2.

На рисунке 1 представлено распределение компонентов в результате РСА-анализа. На основании данных рисунка были выбраны соединения, которые вносят основной вклад в разделение коры коричника по видам. К ним относили соединения, длина радиуса которых составляла от 0.90 до 1.

В результате анализа было отобрано 4 специфических компонента – эвгенол, α -мууролон, сиреневый альдегид и линоленовая кислота и 12 общих – коричный альдегид, α -фелландрен, лимонен, линалоол, ко-

паен, кариофиллен, кумарин, бензилбензоат, коричная кислота, пальмитиновая кислоты, линолевая кислота, дисахара. Выбранные компоненты отмечены в таблице жирным шрифтом.

На рисунке 2 представлены результаты классификации коры коричника с использованием соединений, выбранных в результате PCA-анализа. Как следует из рисунка 2, выбранные соединения позволяют осуществить дифференциацию исследуемых видов коры коричника на группы, соответствующие *Cinnamomum zeylanicum* (1a и 1б), *Cinnamomum Cassia* (3), *Cinnamomum burmannii* (4), *Cinnamomum loureiroi* (5).

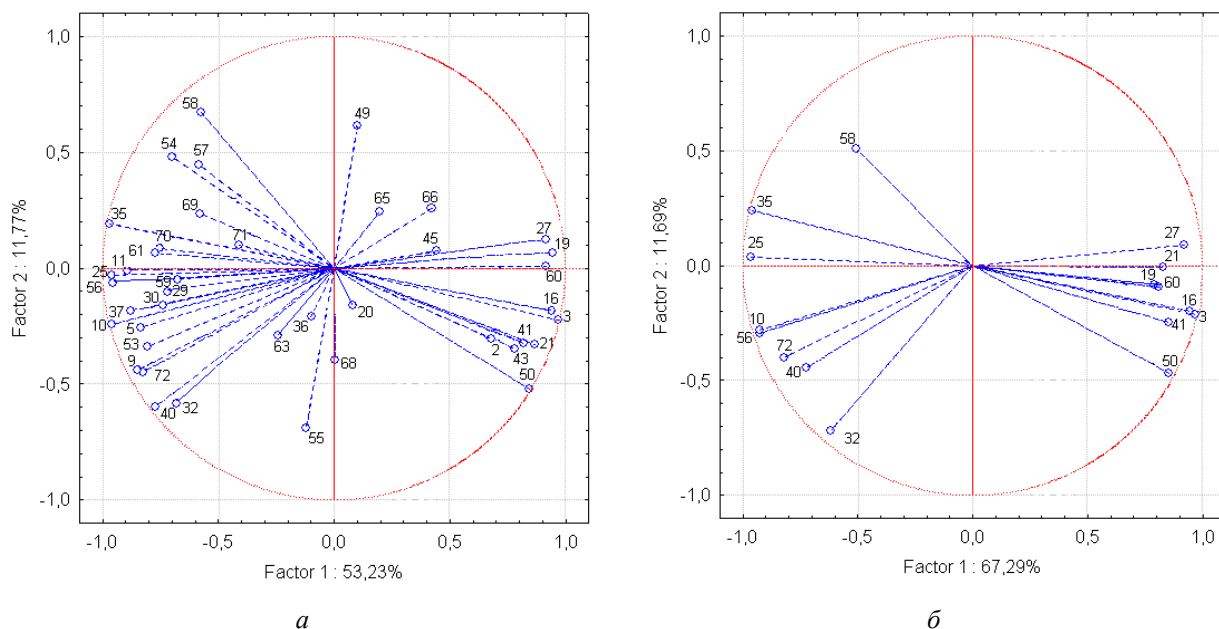
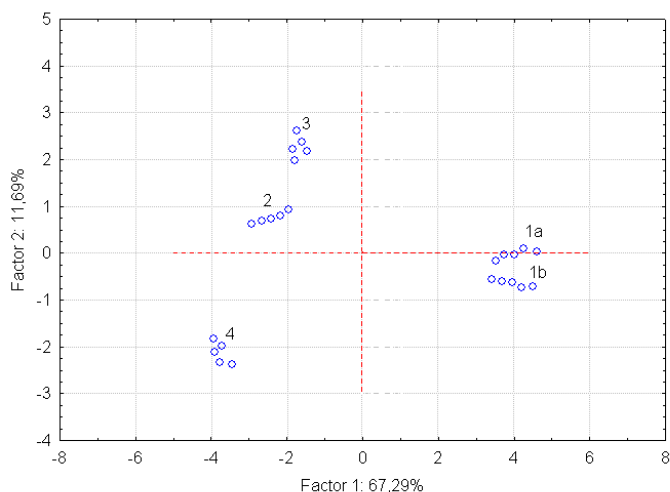


Рис. 1. Распределение компонентов в результате PCA-анализа: а – все соединения, участвующие в анализе; б – выбранные соединения. Номер соединения на рисунке соответствует номеру в таблице



- 1а – цейлонский коричник;
- 1б – мадагаскарский коричник;
- 2 – китайский коричник;
- 3 – индонезийский коричник;
- 4 – вьетнамский коричник.

Рис. 2. Классификация объектов исследования, при использовании выбранных в результате PCA-анализа соединений

Заключение

В результате проведенных исследований методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием установлен качественный и количественный состав коры коричника следующих видов: *Cinnamomum zeylanicum*, культивируемого на Шри-Ланке и Мадагаскаре, *Cinnamomum*

burmannii, *Cinnamotum loureiroi* и *Cinnamotum Cassia*. Идентифицировано 72 соединения, среди них терпены, альдегиды, спирты, органические кислоты, кумарин, эфиры, катехины, витамины, стеролы и сахара.

Проведенный сравнительный анализ позволил выявить наличие специфических соединений, характерных для *Cinnamotum zeylanicum*: 3-туйен, 4(10)-туйен, эвгенол, (-)- α -куркумен, линоленовая кислота и для *Cinnamotum burmannii*, *Cinnamotum loureiroi*, *Cinnamotum Cassia*: сативен, изосативен, лонгициклен, β -элемен, γ -мууролен, α -мууролен, α -калакорен, сиреневый альдегид, сиреневый спирт.

Методом главных компонент осуществлен выбор наиболее информативных соединений, позволяющих провести видовую дифференциацию коры коричника.

Выявленные компоненты будут использованы в дальнейших исследованиях для установления критериев, позволяющих дифференцировать кору коричника видов *Cinnamotum zeylanicum*, *Cinnamotum burmannii*, *Cinnamotum loureiroi*, *Cinnamotum Cassia*.

Список литературы

1. Qin B., Panickar K.S., Anderson R.A. Cinnamon: potential role in the prevention of insulin resistance, metabolic syndrome, and type 2 diabetes // *Journal of Diabetes Science and Technology*. 2010. Vol. 4, N3. Pp. 685–693. DOI: 10.1177/193229681000400324.
2. Bansode V.J. A review on pharmacological activities of Cinnamomum cassia Blume // *International Journal of Green Pharmacy*. 2012. Vol. 6. Pp. 102–108. DOI: 10.22377/ijgp.v6i2.245.
3. Rao P.V., Gan S.H. Cinnamon: A Multifaceted Medicinal Plant // *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*. 2014. Article ID 642942. DOI: 10.1155/2014/642942.
4. Rafehi H., Ververis K., Karagiannis T.C. Controversies surrounding the clinical potential of cinnamon for the management of diabetes // *Journal of Diabetes, Obesity and Metabolism*. 2012. Vol. 14, N6. Pp. 493–499. DOI: 10.1111/j.1463-1326.2011.01538.x.
5. Ranasinghe P., Piger S., Premakumara G.A.S., Galappaththy P., Constanline G.R., Katulanda P. Medicinal properties of «true» cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*): a systematic review // *BMC Complementary And Alternative Medicine*. 2013. Vol. 13. Article ID 275. DOI: 10.1186/1472-6882-13-275.
6. Импорт пряностей в Россию в 2012–2013 гг. URL: <http://sanna-group.ru/import-pryanostey-v-rossiyu.html>.
7. Рынок молотой корицы в России: обзор и прогноз до 2021г. ООО Маркетинговое агентство ROIF EXPERT, декабрь 2017 г. 75 с. URL: <http://roif-expert.ru/food/pryanosti-pripravu-spetsii/rynok-koritsy/rynok-molotoj-koritsy-v-rossii-obzor-i-prognoz.html>.
8. ГОСТ 29049–91. Пряности. Корица. Технические условия. М., 2011. 5 с.
9. ГОСТ ISO 6539–2016. Пряности. Корица (*Cinnamomum zeylanicum* Blume). Технические условия. М., 2016. 8 с.
10. ГОСТ ISO 6538:1997. Пряности. Корица китайская, индонезийская и вьетнамская (*Cinnamomum aromaticum* (Nees) syn., *Cinnamomum Cassia* (Nees) ex Blume, *Cinnamomum burmannii* (Nees) Blume, *Cinnamomum loureirii* (Nees)). Технические условия. М., 1997. 9 с.
11. Ненелева Е.В. Сравнительное фармакогностическое изучение рода *Cinnamomum* L. как источника лекарственных средств: дис. ... канд. фарм. наук: СПб., 2017. 163 с.
12. Anderson R.A. Chromium and polyphenols from cinnamon prove insulin sensitivity // *The Proceedings of the Nutrition Society*. 2008. Vol. 67, N1. Pp. 48–53. DOI: 10.1017/S0029665108006010.
13. Vangalapati M.N. A review on pharmacological activities and clinical effects of cinnamon species // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2012. Vol. 3, N1. Pp. 653–663.
14. Li H.B. Antioxidant properties in vitro and total phenolic contents in methanol extracts from medicinal plants // *Food Science and Technology*. 2008. Vol. 41, N3. Pp. 385–390.
15. Yang C.H. Antioxidant activity of various parts of *Cinnamomum cassia* extracted with different extraction methods // *Molecules*. 2012. Vol. 17, N6. Pp. 7294–7304. DOI: 10.3390/molecules17067294.
16. Ненелева Е.В., Евдокимова О.В. Кора корицы: анализ фенольных соединений // *Фармация*. 2014. №7. С. 19–21.
17. Gruenwald J., Freder N., Armbruster. *Cinnamomum* and health // *Journal of Food Science and Nutrition*, 2010. Vol. 50. Pp. 822–834. DOI: 10.1080/10408390902773052.
18. Wang Y.H., Avula B., Nanayakkara N.P.D., Zhao J., Khan A. Cassia Cinnamon as a source of coumarin in cinnamon-flavored food and food supplements in the United States // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013. Vol. 61, N18. Pp. 4470–4476. DOI: 10.1021/jf4005862.
19. Chen P., Sun J., Ford P. Differentiation of the four major species of cinnamons (*C. burmannii*, *C. verum*, *C. cassia*, and *C. loureiroi*) using a flow injection mass spectrometric (FIMS) fingerprinting method // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014. Vol. 62. Pp. 2516–2521. DOI: 10.1021/jf405580c.
20. Lee S.C., Lee C.H., Lin M.Y., Ho K.Y. Genetic identification of *Cinnamomum* species based on partial internal transcribed spacer 2 of ribosomal DNA // *Journal of Food and Drug Analysis*. 2010. Vol. 18, N4. Pp. 225–231.
21. Родионова О.Е., Померанцев А.Л. Хемометрика в аналитической химии. М., 2006. 60 с.
22. Родионова О.Е. Хемометрический подход к исследованию больших массивов химических данных // *Российский химический журнал*. 2006. Т. L, №2. С. 128–144.

23. Дребущак Т.Н. Введение в хемометрику. Практика анализа экспериментальных данных. Новосибирск, 2011. 88 с.
24. Краснянчин Я.Н., Пантелеймонов А.В., Холин Ю.В. Хемометрические методы в контроле подлинности продуктов питания и пищевого сырья // Методы и объекты химического анализа. 2010. Т. 5, №3. С. 118–147.

Поступило в редакцию 6 марта 2018 г.

После переработки 27 марта 2018 г.

Для цитирования: Аксенова Ю.Б., Лапко И.В., Кузнецова О.В., Василевский С.В., Аксенов А.В., Таранченко В.Ф., Антохин А.М., Родин И.А., Шпигун О.А. Сравнительный анализ качественного и количественного состава коры коричника (*Cinnamomum*) разных видов // Химия растительного сырья. 2018. №3. С. 159–167. DOI: 10.14258/jcprgm.2018033805.

Aksenova J.B.¹, Lapko I.V.¹, Kuznetsova O.V.^{2}, Vasilevsky S.V.¹, Aksenov A.V.¹, Taranchenko V.F.¹, Antochin A.M.¹, Rodin I.A.³, Shpigun O.A.³ COMPARATIVE ANALYSIS OF QUALITATIVE AND QUANTITATIVE COMPOSITION OF DIFFERENT KINDS OF CINNAMON BARK (CINNAMOMUM)*

¹Research Center "Signal", Bol'shaya Olen'ya st., 8, Moscow, 107014 (Russia), e-mail: zhestovskayae@gmail.com

²Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry Russian Academy of Sciences, Kosygina st., 19, Moscow, 119991 (Russia)

³Moscow State University. M.V. Lomonosov, Faculty of Chemistry, Leninskiye gory, 1-3, 119991 (Russia)

The qualitative and quantitative composition of four types of cinnamon bark (*Cinnamomum*) was studied by gas chromatography with mass spectrometric detection.

Found in these samples were 72 compounds of various classes, including terpenes, aldehydes, alcohols, organic acids, coumarins, esters, catechins, vitamins, sterols, and sugars. As a result of the comparative analysis, the specific compounds were found that are characteristic for *Cinnamomum zeylanicum* (3-tuyen, 4 (10) -tuyen, eugenol, (-)- α -curcumen, linolenic acid and for a group of *Cinnamomum burmannii*, *Cinnamomum loureiroi* and *Cinnamomum Cassia*, namely, sativene, isosativene, longicyclene, β -elemen, γ -mourolen, α -mourolen, α -calacorene, syraldehyde, and syringol. The presence of common compounds with certain concentration variability was revealed for all four types of cinnamon. The selection of the most informative compounds allowing species differentiation of the cinnamon bark has been carried out by the method of main components. Among these, four components (eugenol, α -mourolen, syraldehyde and linolenic acid) and specific and 12 components, such as cinnamic aldehyde, α -felandrene, limonene, linalool, copaene, caryophyllene, coumarin, benzyl benzoate, cinnamic acid, palmitic acid, linoleic acid, and disaccharides, have common origin. Further research will be directed toward establishing the criteria that would allow species differentiation of the cinnamon bark of *Cinnamomum zeylanicum*, *Cinnamomum burmannii*, *Cinnamomum loureiroi* and *Cinnamomum Cassia* types.

Keywords: cinnamon bark, qualitative and quantitative composition, main component method, specific compounds, species differences.

* Corresponding author.

References

1. Qin B., Panickar K.S., Anderson R.A. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 2010, vol. 4, no. 3, pp. 685–693. DOI: 10.1177/193229681000400324.
2. Bansode V.J. *International Journal of Green Pharmacy*, 2012, vol. 6, pp. 102–108. DOI: 10.22377/ijgp.v6i2.245.
3. Rao P.V., Gan S.H. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 2014, Article ID 642942. DOI: 10.1155/2014/642942.
4. Rafahi H., Ververis K., Karagiannis T.C. *Journal of Diabetes, Obesity and Metabolism*, 2012, vol. 14, no. 6, pp. 493–499. DOI: 10.1111/j.1463-1326.2011.01538.x.
5. Ranasinghe P., Piger S., Premakumara G.A.S., Galappaththy P., Constanline G.R., Katulanda P. *BMC Complementary And Alternative Medicine*, 2013, vol. 13, Article ID 275. DOI: 10.1186/1472-6882-13-275.
6. *Import pryanostry v Rossiyu v 2012–2013 gg.* [Import of spices to Russia in 2012–2013]. URL: <http://sanna-group.ru/import-pryanostry-v-rossiyu.html>. (in Russ.).
7. *Rynok molotoy koritsy v Rossii: obzor i prognoz do 2021 g. OOO Marketingovoye agenstvo ROIF EXPERT, dekabr' 2017 g.* [Ground cinnamon market in Russia: overview and forecast until 2021 OOO Marketing agency ROIF EXPERT, December 2017]. 75 p. URL: <http://roif-expert.ru/food/pryanostry-pripravy-spetsii/rynok-koritsy/rynok-molotoy-koritsy-v-rossii-obzor-i-prognoz.html> (in Russ.).
8. *GOST 29049–91. Ppyanocti. Koritsa. Tekhnicheskiye usloviya.* [State standard 29049-91. Take it. Cinnamon. Technical conditions]. Moscow, 2011, 5 p. (in Russ.).
9. *GOST ISO 6539–2016. Ppyanocti. Koritsa (Cinnamomum zeylanicum Blume). Tekhnicheskiye usloviya.* [State standard ISO 6539-2016. Spices. Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum Blume*). Technical effects]. Moscow, 2016, 8 p. (in Russ.).
10. *GOST ISO 6538:1997. Ppyanocti. Koritsa kitayskaya, indoneziyskaya i v'yetnamskaya (Cinnamomum aromaticum (Nees) syn., Cinnamomum Cassia (Nees) ex Blume, Cinnamomum burmanii (Nees) Blume, Cinnamomum loureirii (Nees)) Texnicheckie usloviya.* [State standard ISO 6538: 1997. Take it. Cinnamon Chinese, Indonesian and Vietnamese (*Cinnamomum aromaticum (Nees) syn., Cinnamomum Cassia (Nees) ex Blume, Cinnamomum burmanii (Nees) Blume, Cinnamomum loureirii (Nees)*)]. Moscow, 1997, 9 p. (in Russ.).
11. Neneleva Ye.V. *Sravnitel'noye farmakognosticheskoye izucheniye roda Cinnamomum L. kak istochnika lekarstvennykh sredstv: dissertatsiya kandidat farmatsevticheskikh nauk.* [An arduous farmacognostic study of the genus *Cinnamomum L.* as a source of medicines: thesis is a candidate of pharmaceutical sciences]. St. Petersburg, 2017, 163 p. (in Russ.).
12. Anderson R.A. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 2008, vol. 67, no. 1, pp. 48–53. DOI: 10.1017/S0029665108006010.
13. Vangalapati M.N. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2012, vol. 3, no. 1, pp. 653–663.
14. Li H.B. *Food Science and Technology*, 2008, vol. 41, no. 3, pp. 385–390.
15. Yang C.H. *Molecules*, 2012, vol. 17, no. 6, pp. 7294–7304. DOI: 10.3390/molecules17067294.
16. Neneleva Ye.V., Yevdokimova O.V. *Farmatsiya*, 2014, no. 7, pp. 19–21. (in Russ.).
17. Gruenwald J., Freder N. *Journal of Food Science and Nutrition*, 2010, vol. 50, pp. 822–834. DOI: 10.1080/10408390902773052.
18. Wang Y.H., Avula B., Nanayakkara N. P. D., Zhao J., Khan A. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2013, vol. 61, no. 18, pp. 4470–4476. DOI: 10.1021/jf4005862.
19. Chen P., Sun J., Ford P. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2014, vol. 62, pp. 2516–2521. DOI: 10.1021/jf405580c.
20. Lee S.C., Lee C.H., Lin M.Y., HO K.Y. *Journal of Food and Drug Analysis*, 2010, vol. 18, no. 4, pp. 225–231.
21. Rodionova O.Ye., Pomerantsev A.L. *Khemometrika v analiticheskoy khimii.* [Chemometrics in Analytical Chemistry]. Moscow, 2006, 60 p. (in Russ.).
22. Rodionova O.Ye. *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal*, 2006, vol. L, no. 2, pp. 128–144. (in Russ.).
23. Drebushchak T.N. *Vvedeniye v khemometriku. Praktika analiza eksperimental'nykh dannykh.* [Introduction to chemometrics. The practice of analyzing experimental data]. Novosibirsk, 2011, 88 p. (in Russ.).
24. Krasnyanchin Ya.N., Panteleymonov A.V., Kholin Yu.V. *Metody i ob'yekty khimicheskogo analiza*, 2010, vol. 5, no. 3, pp. 118–147. (in Russ.).

Received March 6, 2018

Revised March 27, 2018

For citing: Aksenova J.B., Lapko I.V., Kuznetsova O.V., Vasilevsky S.V., Aksenov A.V., Taranchenko V.F., Antochin A.M., Rodin I.A., Shpigun O.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2018, no. 3, pp. 159–167. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2018033805.

