

УДК 547.913:634.3

The Chemical Composition of Essential Oils Popular Spice Ginger Family

Lilia V. Naimushina^{a*}, Irina D. Zykova^a,
Veronica Yu. Kadochnikova^a and Nikolai V. Chesnokov^{a,b}

^aSiberian Federal University

79 Svobodny, Krasnoyarsk, 660041, Russia

^bInstitute of Chemistry and Chemical Technology SB RAS
50/24 Akademgorodok, Krasnoyarsk, 660036, Russia

Received 05.06.2014, received in revised form 07.08.2014, accepted 29.08.2014

Qualitative and quantitative component composition of essential oils obtained by hydrodistillation of exhaustive pounded until powdery state roots and rhizomes of aromatic plants of the ginger family (Zingiberaceae) – Ginger (Zingiber officinale Roscoe) and turmeric (Curcuma longa L.) was studied by gas chromatography-mass spectrometry. It has been shown that the essential oil of ginger comprises 30 components, of which 27 were identified, constituting 95,5 wt.% of the injected sample total weight. It has been determined that the predominant components are sesquiterpenes (~ 73 wt.%). The main component of the ginger essential oil is tsingiberen (30,1 wt.%). Total number of essential oil components of turmeric – 22 of them identified 17 compounds, which accounted for 97.4 wt.%. The predominant component of turmeric essential oil are also sesquiterpenes (~ 90 wt.%), most of them - oxygenates. The main components of the turmeric essential oil are turmerones isomers (54 wt.%).

Keywords: spice, ginger plant (Zingiber officinale Roscoe), turmeric (Curcuma longa L.), essential oil, chromatography-mass spectrometry, components composition.

© Siberian Federal University. All rights reserved

* Corresponding author E-mail address: naimlivi@mail.ru

Изучение химического состава эфирных масел популярных пряностей семейства имбирных

Л.В. Наймушина^а, И.Д. Зыкова^а,
В.Ю. Кадочникова^а, Н.В. Чесноков^{а,б}

^аСибирский федеральный университет
Россия, 660041, Красноярск, Свободный, 79

^бИнститут химии и химической технологии СО РАН
Россия, 660036, Красноярск, Академгородок, 50-24

Методом хромато-масс-спектрометрии изучен качественный и количественный компонентный состав эфирных масел, полученных методом исчерпывающей гидродистилляции из растертых до порошкообразного состояния корней и корневищ пряно-ароматических растений семейства имбирных (*Zingiberaceae*) – имбиря (*Zingiber officinale* Roscoe) и куркумы (*Curcuma longa* L.). Показано, что эфирное масло имбиря содержит 30 компонентов, из них идентифицировано 27, составляющих 95,5 вес. % от общего веса вводимой пробы. Установлено, что преобладающими компонентами являются сесквитерпены (~73 вес. %). Основным компонентом эфирного масла имбиря – цингиберен (30,1 вес. %). Общее количество компонентов эфирного масла куркумы – 22, из них идентифицировано 17 соединений, на долю которых приходится 97,4 вес. %. Преобладающие компоненты эфирного масла куркумы также сесквитерпены (~90 вес. %), большая часть из них – кислородсодержащие соединения. Основными компонентами эфирного масла куркумы служат изомеры турмерона (54 вес. %).

Ключевые слова: пряно-ароматические растения, имбирь (*Zingiber officinale* Roscoe), куркума (*Curcuma longa* L.), эфирное масло, хромато-масс-спектрометрия, компонентный состав.

Повышенный интерес к пряно-ароматическим растениям не ослабевает с древнейших времен. Сегодня их использование в питании рассматривается, прежде всего, как оздоровительный фактор, поскольку именно веществам, улучшающим вкус, повышающим аппетит и моторику пищеварительной системы, приписывают и ярко выраженное лекарственное действие [1-3]. Биологически активные вещества в составе пряностей имеют огромное значение для жизнедеятельности человека, т.к. участвуют в регуляции обменных процессов как на уровне пищеварительной системы, так и на уровне целостного организма. Выделению и изучению специфических компонентов специй, проведению клинических исследований по выявлению их действия на патологии органов и систем организма посвящено множество современных исследований.

Заслуженное внимание фармакологов привлечено сегодня к пряно-ароматическим растениям семейства имбирных – имбирю и куркуме. Об этом свидетельствует все большее количество информации, появляющееся в научной медицинской литературе, о сильнейших антиоксидантных и противоопухолевых свойствах этих культур [4-8].

Имбирь – *Zingiber officinale Roscoe* – травянистое растение семейства имбирных (*Zingiberaceae*). Культура известна как одна из самых древнейших пряностей. Используется в виде свежего корня или порошка, получаемого растиранием высушенного корня [1-3]. Пряность содержит в небольших количествах клетчатку, крахмал, моно- и дисахара, белки, жиры. В составе белков имбиря зарегистрированы незаменимые аминокислоты (валин, треонин, лизин, лейцин, фенилаланин, тирозин). В липидах имбиря присутствуют ценные ненасыщенные жирные кислоты – олеиновая и линоленовая. Богата пряность макро- и микроэлементами (K, Mg, Ca, Cu, Mn, Fe, P, I₂, Se), витаминами (A, B₁, B₂, C, PP), содержит эфирное масло [9-11].

Имбирь является превосходной приправой для возбуждения аппетита и активизации процессов пищеварения. Вместе с тем это растение давно завоевало прочную репутацию и в качестве лекарственного средства. В традиционной китайской медицине корни имбиря – *Zingiberis rhizoma* – используют как антиревматическое и противовоспалительное средство, а также от зубных и желудочных болей [11].

В отдельных работах целебные свойства имбиря непосредственно связывают с уникальным компонентным составом его эфирного масла [12-14]. Известно, что эфирное масло имбиря с успехом применяют для лечения различных психоэмоциональных расстройств: страха, неуверенности в себе, ухудшения памяти, апатии, агрессивности; для лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата: артритов, артрозов, растяжений связок и сухожилий, неподвижности суставов [11-13]. Медико-биологические исследования показали, что эфирное масло данной специи активно сдерживает рост бактерий [6, 12-15]. В связи с этим его часто используется для санации помещений.

Однако компонентный состав и количественное соотношение преобладающих соединений эфирного масла *Zingiber officinale Roscoe* может сильно отличаться в зависимости от климатических условий, региона выращивания культуры, степени ее зрелости, способа подготовки сырья и других факторов [13-20].

Куркума – собирательное название всех видов, которые относятся к данному роду растений семейства имбирных, но в кулинарии используют куркуму длинную (*Curcuma longa L.*), в частности свежие или растертые в порошок ее корни и корневища [1-3].

В куркуме содержатся растительные белки (17,7 %), в их составе незаменимые аминокислоты: валин, лейцин, лизин, треонин. Пряность имеет пищевые волокна, крахмал, в небольшом количестве моно- и дисахара. В липидной составляющей куркумы присутствуют ненасыщенные линолевая и линоленовая жирные кислоты. Куркума богата витаминами (B₁, B₂, B₆, B₉, C, E, K, PP), жизненно важными микроэлементами (J, Se, Mn, Cu, Zn) [9-10,12].

Добавление куркумы к пище повышает аппетит и улучшает пищеварение, так как способствует выработке желчи и желудочного сока. В народной медицине корневище куркумы применяют при заболеваниях печени, почек, желчного пузыря. Медицинские клинические исследования показали успешность применения куркумы при лечении диабета, артрита, болезни Альцгеймера [21-23]. Наибольший интерес к культуре *Curcuma longa L.* обусловлен наличием в ней биологически активных соединений, содержащихся, прежде всего, в эфирном масле пряности. Но и здесь вопрос о качественном и количественном компонентном составе эфирного масла *Curcuma longa L.* остается актуальным в силу аналогичных причин, приведенных выше для эфирного масла *Zingiber officinale Roscoe* [24-28].

Знание химического состава эфирных масел пряностей открывает новые возможности для обогащения и создания функциональных продуктов питания [29]. Введение масел даже в качестве минорных компонентов способно не только изменить вкусовую и ароматную гармонию изделий, но и позиционировать их как продукты с заданным оздоровительным эффектом.

В связи с этим возникла необходимость получения данных о химическом составе эфирных масел, выделяемых из существующих в продаже популярных пряностей – имбиря и куркумы, как планируемых ингредиентов функциональной кулинарной продукции.

Целью настоящего исследования стало изучение химического состава эфирных масел, полученных из корня и корневищ имбиря (*Rhizoma Zingiberis*) и куркумы (*Rhizoma Curcuma L.*). Задачами исследования являлись: 1) изучение динамики выделения эфирных масел; 2) определение некоторых физико-химических показателей масел; 3) изучение компонентного состава.

Экспериментальная часть

В качестве сырья для получения эфирных масел использовали специи – растертые до порошкообразного состояния корни и корневища имбиря и куркумы, существующие в свободной продаже (производитель ООО «Трапеза»). Эфирные масла получали методом исчерпывающей гидродистилляции из воздушно-сухого сырья в течение 12-14 ч с использованием стеклянной колбы и насадки Клевенджера [29]. Качественный контроль выделения масла осуществляли методом рефрактометрии, измеряя во времени показатель преломления. Физико-химические показатели эфирного масла определяли, используя общепринятые методики [12, 30].

Хромато-масс-спектрометрический анализ проводили на хроматографе Agilent Technologies 7890 А с квадрупольным масс-спектрометром MSD 5975 С в качестве детектора. Применяли 30-метровую кварцевую колонку HP-5 (сополимер 5 %-дифенил – 95 %-диметилсилоксан) с внутренним диаметром 0,25 мм. Температура испарителя 280 °С, температура источника ионов 173 °С, газ-носитель – гелий, объемная скорость 1 мл/мин. Температурный режим колонки 50 °С (2 мин), программируемый нагрев от 50 до 270 °С (со скоростью 4 °С/мин), изотермический режим при 270 °С в течение 10 мин.

Содержание компонентов оценивали по площадям пиков на хроматограмме, а их идентификацию производили на основе сравнения времен удерживания и полных масс-спектров с соответствующими данными компонентов эталонных масел и чистых соединений. Для идентификации также использовали данные библиотеки масс-спектров Wiley275 (275 тысяч масс-спектров) [31] и атласа масс-спектров и линейных индексов удерживания [32]. При полном совпадении масс-спектров и линейных индексов удерживания идентификация считалась окончательной.

Результаты и обсуждения

Выход эфирного масла корня имбиря, выделенного методом исчерпывающей гидродистилляции, составил 1,52 вес. %. Изучение динамики выделения эфирного масла показало, что максимальное накопление конечного продукта происходит в течение 3,5–4 ч. Причем изменение измеряемого показателя преломления – n_D^{20} периодически отбираемых фракций масла выявило, что его компонентный состав менялся во времени. После установления постоянного значения $n_D^{20} = 1,49 \pm 0,02$ выделение масла заканчивали. Эфирное масло имбиря представляет

Таблица 1. Компонентный состав эфирного масла имбиря

№ п/п	Линейный индекс удерживания	Компонент	Содержание, вес. %
1	932	α -Пинен	1,8
2	947	Камфен	6,6
3	975	β -Пинен	0,3
4	991	Мирцен	0,7
5	1004	α -Фелландрен	0,4
6	1028	β -Фелландрен	5,7
8	1031	1,8-Цинеол	1,6
9	1166	Борнеол	0,8
10	1167	δ -Терпинеол	0,3
11	1242	Нераль	1,7
12	1273	Гераниаль	2,3
13	1351	α -Кубебен	0,5
14	1375	Линалил изобутаноат	1,0
15	1382	Лавандил пропионат	0,5
16	1456	Гумулен	0,6
17	1485	α -куркумен	12,2
18	1496	α -Цингиберен	30,1
19	1510	(E,E)- α -Фарнезен	9,8
20	1511	β -Бисаболен	12,4
21	1524	β -Сесквифелландрен	0,4
22	1539	<i>эпи</i> -Элемол	0,7
23	1551	Гермакрен В	0,5
24	1565	(E)-неролидол	0,6
25	1595	α -турмерон	1,1
26	1606	Ледол	2,1
27	1869	Ди-изобутилфталат	0,9
ИТОГО			95,5

собой маслянистую светло-желтую жидкость с плотностью $(0,88 \pm 0,02)$ г/см³. Температура начала кипения превышает 250 °С.

В результате проведенного анализа методом хромато-масс-спектрометрии в эфирном масле имбиря выявлено 30 компонентов, из них идентифицировано 27, составляющих 95,5 вес. % от общего веса вводимой пробы (табл. 1).

Изучение компонентного состава эфирного масла имбиря показало, что его состав представлен монотерпенами (в основе фрагмент C₁₀) ~ 22 вес. % и сесквитерпенами – (C₁₅) – около 73 вес. %. Дитерпены и более сложные соединения в составе масла имбиря не обнаружены.

Известно, что монотерпены присутствуют практически во всех маслах, выделяемых из растений-эфироносков [33]. В основном они безопасны и считаются наименее токсичными компонентами эфирных масел. В эфирном масле, выделенном из имбиря, монотерпены име-

ют преимущественно карбоциклический характер. Наибольшее содержание из компонентов монотерпенового ряда приходится на соединения бициклической природы: камфен (6,6 вес. %) и фелландрены (6,1 вес. %). Доля монотерпеноидов – кислородсодержащих соединений – в общем составе монотерпенов равна 6,7 вес. % и представлена как циклическими (цинеол, борнеол) спиртами, так и углеводородными алифатическими альдегидами и спиртами (гераниол, нераль).

Из соединений сесквитерпенового ряда в эфирном масле имбиря наибольшее содержание приходится на бескислородные соединения (~ 55 вес. %) как алифатического характера (например, фарнезен), так и вещества, содержащие в структуре молекулы циклический фрагмент (например, α -цингиберен). Кислородсодержащие соединения сесквитерпенов эфирного масла культуры *Zingiberis rhizoma* представлены преимущественно спиртами и кетонами, среди которых превалирует аг-куркумен (табл. 1).

Главным компонентом эфирного масла имбиря является цингиберен (табл. 1, рис. 1), на его долю приходится более 30 вес. % от общего веса масла. Своеобразный терпкий аромат имбиря объясняется именно наличием данного компонента.

Литературный сравнительный анализ состава эфирных масел культуры *Zingiberis rhizoma* весьма затруднен из-за отмеченной выше их вариативности, зависящей от множества факторов [13-20]. Имеет смысл сравнение только по базовым, характерным для данной культуры соединениям. Так, согласно литературным данным, содержание основных летучих компонентов корня имбиря может меняться в достаточно широком диапазоне значений: цингиберена от 16,3 [17] до 34,9 вес. % [15]; аг-куркумена от 1,0 [14] до 21,3 вес. % [15], бисаболена от 0,3 [20] до 5,3 вес. % [13].

Выход эфирного масла куркумы, выделенного также методом исчерпывающей гидродистилляции, составил 1,4 вес. %. Наблюдаемая динамика выделения масла куркумы была аналогичной, как и в случае получения эфирного масла имбиря. Эфирное масло пряности *Curcuma* представляет собой легко подвижную жидкость желто-оранжевого цвета легче воды, с приятным специфическим запахом. Показатель преломления масла n_D^{20} равнялся $1,48 \pm 0,02$, плотность масла – $0,87 \pm 0,02$ г/см³. Температура начала кипения превышала 250 °С.

В композиции эфирного масла куркумы содержится более 22 компонентов, из которых 17, составляющих 97,40 % от суммы всех компонентов масла, идентифицированы (табл. 2).

Анализ компонентного состава изучаемых эфирных композиций показывает, что в отличие от родственной культуры *Zingiber officinale Roscoe* в составе эфирного масла культуры *Curcuma longa L.* присутствует простейший ароматический спирт (1,7 вес. %), а монотерпены,

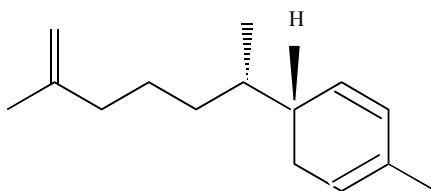
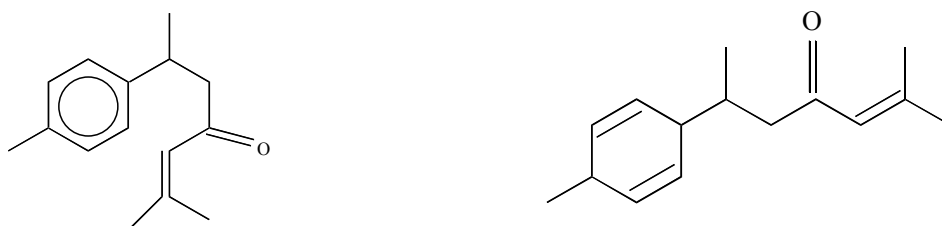


Рис. 1. Структура молекулы цингиберена – основного компонента эфирного масла имбиря

Таблица 2. Компонентный состав эфирного масла куркумы

№ п/п	Линейный индекс удерживания	Компонент	Содержание, вес. %
1	973	Сабинен	0,8
2	1022	Мета-цимен	0,3
3	1033	Бензиловый спирт	1,7
4	1112	Менза-1,3,8-триен	0,5
5	1442	γ -Корайен	0,7
6	1485	Аг-куркумен	5,2
7	1496	α -Цингиберен	3,9
9	1511	β -Бисаболен	1,0
10	1524	β -Сесквифелландрен	5,3
11	1595	Аг-дигидро-турмерон	2,0
12	1601	Вульгарон А	4,2
13	1632	Эпи-кубенол	1,1
14	1670	α -Турмерон	52,0
15	1746	Акоренолацетат	16,5
16	1753	Неопетазон	0,5
17	1777	(Е)- α -атлантон	1,7
ИТОГО			97,4

Рис. 2. Основные вещества эфирного масла культуры *Curcuma longa* L. : *ar*-дигидро-турмерон (А) и α -турмерон (Б)

представителями которых выступают сабинен и мета-цимен, содержатся в гораздо меньшем количестве (менее 3 вес. %). Отличительной особенностью эфирного масла куркумы служит то, что на представителей сесквитерпенового ряда приходится более 90 вес. % от общего веса масла. В отличие от C_{15} – компонентов эфирного масла имбиря большинство сесквитерпенов куркумы являются кислородсодержащими соединениями, преимущественно кетонами (турмероны, вульгарон), содержащими в структуре молекулы один циклический фрагмент, а также спиртами (эпи-кубенол). На бескислородные сесквитерпены приходится всего ~ 10 вес. %. Основными компонентами эфирного масла культуры *Curcuma longa* L. (54 вес. %) признаны турмероны (рис. 2).

Сравнение полученных результатов с литературными данными показывает, что в некоторых работах представлена информация о более высоком суммарном содержании турме-

ронов – 62-79 вес. %. [26, 28]. Анализ библиографии дает весьма различающиеся данные по качественному и количественному составу летучих компонентов культуры *Curcuma longa L.* [24-28]. Установить закономерности из-за большого количества определяющих факторов не представляется возможным.

Оба изучаемых нами растения относятся к одному семейству имбирных. На родственность культур указывают одинаковые компоненты в составе их эфирных масел: аг-куркумен, β-сесквифелландрен, цингиберен, аг-турмерон, бисаболен. Общее содержание пересекающихся в эфирных маслах изучаемых пряностей летучих соединений составляет 56,2 вес. % для эфирного масла имбирного корня и 17,4 вес. % для эфирного масла корня/корневищ куркумы.

Важным компонентом в составе изучаемых масел является куркумен (табл. 1-2). Есть библиографические источники, где именно с присутствием куркумена связывают противовоспалительные и антиоксидантные свойства пряностей [15, 20, 25, 26].

Высокая реакционная способность терпеноидных и ароматических соединений, основных компонентов эфирных масел, обеспечивает их включение в метаболиты обменных процессов и процессы биотрансформации активных соединений, вызывая ожидаемые терапевтические эффекты. В частности, под действием аг-турмерона наблюдается стимуляция синтеза желчи, а также биопревращения ксенобиотиков и эндогенных соединений в печени [23]. Воздействие цингиберена связывают с появлением антирадикальной активности в отношении активных форм кислорода и устойчивым антиканцерогенным эффектом [5, 8, 11].

Таким образом, полученные результаты по определению качественного и количественного содержания компонентов эфирных масел, выделенных из используемых в кулинарии специй – имбиря и куркумы, позволят правильно оценить химический состав создаваемых на их основе функциональных продуктов питания.

Выводы

1. Методом гидродистилляции из растертых в порошок корней и корневищ пряно-ароматических растений семейства имбирных (*Zingiberaceae*) имбиря (*Zingiber officinale Roscoe*) и куркумы *Curcuma longa L.* получены эфирные масла и определены их основные физико-химические характеристики.
2. Установлен компонентный состав эфирного масла имбиря. Общее количество компонентов, содержание которых превышает 0,2 вес. %, равно 30, из них идентифицировано 27 компонентов, составляющих 95,5 вес. % от общего веса вводимой пробы. Установлено, что преобладающими компонентами являются сесквитерпены (~73 вес. %) алифатического характера. Основным компонент эфирного масла имбиря – цингиберен (30,1 вес. %).
3. Определен компонентный состав эфирного масла куркумы. Общее количество компонентов с содержанием более 0,2 вес. % равно 22, из них идентифицировано 17 компонентов, составляющих 97,4 вес. %. Преобладающие компоненты также сесквитерпены (~90 вес. %); большая часть из них кислородсодержащие соединения. Основными компонентами эфирного масла куркумы являются изомеры турмерона (54 вес. %).

Список литературы

1. Дудченко Л.Г., Козьяков А.С., Кривенко В.В. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения: Справочник / отв. ред. К. М. Сытник. К.: Наукова думка, 1989. 304 с. [Dudchenko L.G., Koz'jakov A.S., Krivenko V.V. Spicy flavor and aromatic plants: a handbook. 1989. K.: Naukova Dumka. 1989. 304 p. (In Russ.)]
2. Машанов В.И., Покровский А.А. Пряно-ароматические растения. М.: Агропромиздат, 1991. 287 с. [Maschanov V.I., Pokrovskiy A.A. Aromatic Plants. M.: Agropromizdat. 1991. 287 p. (In Russ.)]
3. Валентинов Б.Г., Наумова Э.М. Еда, дающая здоровье. М.: ООО ТД «Издательство Мир книги», 2007. 256 с. [Valentinov B.G., Naumova E.M. Food giving health. M.: ООО TD «Izdatel'stvo Mir Knigi. 2007. 256 p. (In Russ.)]
4. Choudhury D., Amlan B., Abhijit C. Aqueous extract of ginger shows antiproliferative activity through disruption of microtubule network of cancer cells. // Food Chem. 2010. V. 48. № 10. P. 2872–2880.
5. Мишарина Т.А., Алинкина Е.С., Фаткуллина Л.Д. Оценка антирадикальных свойств компонентов корня имбиря // Химия растительного сырья. 2013. № 1. С. 183-189. [Misharina T.A., Alinkina E.S., Fatkullina L.D. Estimation of antiradical properties of components from ginger rhizome. Khimija Rastitel'nogo Syr'ja. 2013; (1):183-189. (In Russ.)]
6. Chan E.W.C., Lim Y.Y., Wong S.K., Lim K.K., Tan S.P., Lianto, F.S., Yong M.Y. Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species // Food Chemistry. 2009. V. 113. № 1. P. 166–172.
7. Liu K., Zhang D., Chojnacki J., Du Y. et al. Design and biological characterization of hybrid compounds of curcumin and thalidomide for multiple myeloma // Organic & Biomolecular Chemistry. 2013. V.11. № 29. P 4757 – 4766.
8. Rhode J., Fogoros S., Zick S., Wahl H., Griffith K., Huang J., Liu J. Ginger inhibits cell growth and angiogenic factors in ovarian cancer cell. // BMC Complementary & Alternative Medicine. 2007. V 7. № 44. P. 1472-1488.
9. Самченко О.Н., Чижикова О.Г., Коршенко Л.О., Таршина Е.А. Новые аспекты применения пряностей семейства имбирных // Хранение и переработка сельхозсырья. 2009. № .С.36-37. [Samchenko O.N., Chijikova O.G., Korshenko L.O., Tarshina E.A. New aspects of the use of spices ginger family. Storage and Processing of Farm Products. 2009; (3):36-37. (In Russ.)]
10. Шретер А.И., Валентинов Б.Г. Природное сырье китайской медицины. М.: Теревинф, 2004. Т.1. 506 с. [Shreter A.I., Valentiniv B.G. Natural raw materials of Chinese medicine. M.: Terevinf. 2004. V.1. 506. (In Russ.)]
11. Kim J. S., Sa I., Park H.W., Yang J.H., Shin T.-Y., Kim Y.-C. et al. (2008). Cytotoxic components from the dried rhizomes of *Zingiber officinale* Roscoe // Archives of Pharmacal Research. 2008. V. 31 (4). P 415–418.
12. Гуринович Л.К., Пучкова Т.В. Эфирные масла: химия, технология, анализ и применение. М.: Школа косметических химиков, 2005. 192 с. [Gurinovich L.K., Puchkova T.V. Essential oils: chemistry, technology, analysis and application. M.: Schkola Kosmeticheskich Chimikov. 2005. 192 p. (In Russ.)]

13. Singh, G., Kapoor, I. P. S., Singh, P., de Heluani, C. S., de Lampasona, M.P. & Catalan, C.A.N. Chemistry, antioxidant and antimicrobial investigations on essential oil and oleoresins of *Zingiber officinale* // *Food and Chemical Toxicology*. 2008. V. 48. P. 1026-1031.
14. Sivasothy Ya., Chong W. K., Hamid A., Eldeen I. M., Sulaiman S.F., Awang K. Essential oils of *Zingiber officinale* var. Theilade and their antibacterial activity // *Food chemistry*. 2011. V.124. P. 514-517.
15. Martins A.P., Salgueiro L., da Cunha A.P., Vila R. et al. Essential oil composition and antimicrobial activity of three Zingiberaceae from S. Tome e Príncipe // *Planta Med*. 2001. V. 67 (60). P. 580-584.
16. Jorge A., Pino H. Chemical composition of the essential oil of *Zingiber officinale* Roscoe L. from Cuba // *J. of Nat. product research : formerly Nat. product Letters*. 2004. V. 16. Issue 3. P. 1645-1649.
17. Sasidharan I., Venugopal V.V., Menon A. E. Essential oil of two unique ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) cultivars from Sikkim // *J. of Nat. product research : formerly Nat. product Letters*. 2012. V. 26. Issue 19. P. 1759-1764.
18. Onyenekwe P.C., Hashimoto S. The composition of the essential oil of dried Nigerian ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) // *J. European Food Research and Technology*. 1999. № 209 (6). P. 407-410.
19. Perez N. Essential oil of Ginger Roots (*Zingiber officinale* Roscoe) // *J. of the Int. Fed. of Aromatherapy*. 2004. V. 1. № 63. P. 132-138.
20. Takahashi M., Inouye S., Abe S. Anti-candida and radical scavenging activities of essential oils and oleoresins of *Zingiber officinale* Roscoe and essential oils of other plants belonging to the family Zingiberaceae // *Drug Discoveries & Therapeutics*. 2011. V. 5 (5). P. 238-245.
21. Nagpal M., Sood S. Role of curcumin in systemic and oral health: an overview // *J Nat Sci Biol Med*. 2013. V. 4. № 1. P. 3–7.
22. Aggarwal B.B, Sundaram C., Malani N., Ichikawa H. Curcumin: the Indian solid gold. // *Adv Exp Med Biol*. 2007. V. 595 (1). P 1–75.
23. Boaz M., Leibovitz E., Bar Dayan Y., Wainstein J. Functional foods in the treatment of type 2 diabetes: olive leaf extract, turmeric and fenugreek, a qualitative review. // *Func Foods Health Dis*. 2011. V. 1. № 11. P. 472–481.
24. Chane-Ming J., Vera R., Chalchat J., Cabassu P. Chemical Composition of Essential Oils from Rhizomes, Leaves and Flowers of *Curcuma longa* L. from Reunion Island // *J. of Ess. Oil Research*. 2002. V. 14. Issue 4. P. 249-251.
25. McCarron M., Mills A.J., Whittaker D., Sunny T.P., Verghese J. Comparison of the monoterpenes derived from green leaves and fresh rhizomes of *Curcuma longa* L. from India. // *Flavour and Fragrance Journal*. 2006. V. 10. Issue 6. P. 355–357.
26. Uchegbu R.I., Ngozi-Olehi L.C., Ogbunike R.U. Essential Oils Composition of *Curcuma Longa* Rhizoma from Nigeria // *Amer. J of Chemistry and Applications*. 2014. V. 1. P. 99-102.
27. Singh G., Kapoor I.P.S., Singh P., de Heluani C.S., de Lampasona M.P., Catalan C.A.N. Comparative study of chemical composition and antioxidant activity of fresh and dry rhizomes of turmeric (*Curcuma longa* L.) // *Food and Chemical Toxicology*. 2010. V. 48. P. 1026-1031.
28. Ferreira F.D., Kimmelmeier C., Arroteia C.C., da Costa C.L. et al. Inhibitory effect of the essential oil of *Curcuma longa* L. and curcumin on aflatoxin production by *Aspergillus flavus* Link // *Food chemistry*. 2013. V. 136. P. 789-793.

29. Кочеткова А.А., Нестерова И.Н. Функциональные ингредиенты и концепция здорового питания // *Ingredients*. 2002. № 2 (9). С.9-16. [Kochetkova A.A., Nesterova I.N. Functional ingredients and healthy food concept. *Ingredients*. 2002; (2-9):9-16. (In Russ.)]
30. Государственная фармакопея СССР: Вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. Изд. XI, доп. М.: Медицина, 1990. 440 с. [Gosudarstvennaya Farmakopeya SSSR: Issue 2. Common methods of analysis. Herbal drugs. Edit. XI, add. M.: Meditsina. 1990. 440 p. (In Russ.)]
31. Mc Lafferty F.W. *The Wiley. NBS Registry of Mass Spectral Data*; Wiley.London, 1989. 563 p.
32. Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск: Наука, 2008. 969 с. [Tkachev A.V. *The study of plant volatiles*. Novosibirsk: Nauka. 2008. 969 p (In Russ.)]
33. Племенков В.В. *Химия изопреноидов: учебное пособие*. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2007. – 322 с. [Plemenkov V.V. *The Chemistry of Isoprenoid: study guide*. Barnaul: Publisher Altai University. 2007. 322 p. (In Russ.)]