

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И СОДЕРЖАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *SPIRAEA* (*ROSACEAE*) ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

В.А. Серебрякова¹, Г.И. Высочина²

¹Амурский филиал Учреждения Российской академии наук Ботанического сада-института ДВО РАН,
675000, Амурская область, Благовещенск, 2-й км Игнатьевского шоссе, e-mail: serebryakovava@mail.ru

²Центральный сибирский ботанический сад СО РАН,
630090, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101, e-mail: vysochina_galina@mail.ru

Проведен сравнительный анализ основных групп биологически активных соединений в листьях и соцветиях растений девяти видов рода *Spiraea* L. из природных и интродукционных популяций Дальнего Востока России. Широко распространенные виды рода *Spiraea* характеризуются наиболее высоким содержанием действующих веществ. Содержание катехинов, антоцианов, сапонинов и сахаров в соцветиях больше, чем в листьях, дубильных веществ накапливается больше в листьях. Выявлены отличия видов по соотношению гликозидов кверцетина и кемпферола. Растения *S. pubescens* отличаются высоким содержанием гликозидов кверцетина (1.61 %), а *S. ussuriensis* – гликозидов кемпферола (1.77 %).

Ключевые слова: *Spiraea*, *Rosaceae*, биологически активные соединения, флавонолы, кверцетин, кемпферол, катехины, антоцианы, дубильные вещества, сапонины, кумарины, сахара.

RESEARCH ON THE COMPOSITION AND CONTENT OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF FAR EAST REPRESENTATIVES OF GENUS *SPIRAEA* (*ROSACEAE*)

V.A. Serebryakova¹, G.I. Vysochina²

¹Amur Branch of Russian Academy of Sciences of Botanical Garden-Institute, FEB RAS,
Amur Region, Blagoveshchensk, 2nd km of Ignatievskaya line, e-mail: serebryakovava@mail.ru

²Central Siberian Botanical Garden, SB RAS,
630090, Novosibirsk, Zolotodolinskaya str., 101, e-mail: vysochina_galina@mail.ru

A comparative analysis of the main groups of biologically active compounds in the leaves and inflorescences of plants of nine species of the *Spiraea* L. genus from Russian Far East natural and introduction populations is carried out. Widespread species of the genus *Spiraea* characterized by the high content of active substances. The content of catechins, anthocyanins, saponins and sugars in inflorescences more than the leaves, tannins accumulated more in leaves. Differences of species of the correlation glycosides of quercetin and kaempferol are revealed. Plants *S. pubescens* different by the high content of quercetin glycosides (1.61 %) and *S. ussuriensis* – kaempferol glycosides (1.77 %).

Key words: *Spiraea*, *Rosaceae*, biologically active compounds, flavonols, quercetin, kaempferol, catechins, anthocyanins, tannins, saponins, coumarins, sugar.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема поиска и внедрения новых перспективных лекарственных растений в настоящее время чрезвычайно актуальна, так как применение растительных средств для профилактики и лечения самых разнообразных заболеваний показало их неоспоримые преимущества. Потенциал биологической активности лекарственных растений определяется содержанием в них комплекса активных веществ, которые при поступлении в организм животных и человека оказывают целебное действие. Исследование химического состава растительного сырья – необходимый этап поиска перспективных видов и их предложения для практического использования. Современным подходом к решению проблемы поиска лекарствен-

ных растений является изучение представителей отечественной флоры, которые издавна применяются в народной медицине. В поисках новых источников биологически активных соединений (БАВ) нами изучены дальневосточные представители рода *Spiraea* L. (*Rosaceae* Juss.).

Данные большинства опубликованных работ по содержанию БАВ у дальневосточных спирей разрозненны и касаются вопросов выделения и изучения отдельных соединений: флавоноидов, фенольных кислот, азотсодержащих соединений, сапонинов (Растительные ресурсы..., 2009). Наиболее изучен химический состав спирей, ареал которых выходит за пределы Дальнего Востока – *S. salicifolia* L. и *S. media* Franz

Schmidt. Фитохимическая характеристика большинства видов неполная и носит фрагментарный характер. Данные по содержанию веществ у *S. dahurica* (Rupr.) Maxim., *S. pubescens* Turcz. и *S. schlothgaueriae* Ignatov et Worosch. вообще отсутствуют. Ранее нами исследовано содержание фенольных соединений у некоторых дальневосточных спирей, показавшее перспективность изучения этих растений (Карпова и др., 2011).

Цель настоящей работы – сравнительное изучение состава и содержания БАВ в листьях и соцветиях

растений природных и интродукционных популяций дальневосточных видов рода *Spiraea*.

Результаты исследования позволят объяснить сходство и различия изученных видов по составу и содержанию основных биологически активных компонентов, что поможет установить взаимосвязь между компонентным составом видов рода *Spiraea* и биологической активностью. Кроме того, данные о качественном составе можно будет применить для уточнения систематического положения спорных таксонов рода.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Содержание биологически активных соединений в листьях и соцветиях растений девяти дальневосточных видов: *S. beauverdiana* Schneid., *S. betulifolia* Pall., *S. dahurica* (Rupr.) Maxim., *S. flexuosa* Fisch. ex Cambess., *S. humilis* Pojark., *S. media* Franz Schmidt., *S. pubescens* Turcz., *S. salicifolia* L., *S. ussuriensis* Pojark. определяли в образцах из природных популяций Дальнего Востока, а также – в культивируемых растениях на базе Амурского филиала Учреждения Российской академии наук Ботанического сада-института ДВО РАН (АФ БСИ ДВО РАН), собранных в течение вегетационного периода 2007–2010 гг. (табл. 1). Из 10 видов спирей, произрастающих на Дальнем Востоке, один вид – *S. schlothgaueriae* Ignatov et Worosch. не был изучен в связи с отсутствием сборов. Все образцы для биохимического исследования были собраны в фазу массового цветения.

Сравнительный фитохимический анализ листьев и соцветий спирей проводили общепринятыми методами: спектрофотометрическим, титрометрическим, фотоколориметрическим и методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

Для хроматографического исследования фенольных соединений использовали этанольные извлечения из сырья, полученные экстракцией на водяной бане (Высочина, 2004). Для анализа агликонов применили аналитическую ВЭЖХ – систему, состоящую из жидкостного хроматографа Agilent 1200 с диодным детектором и системы для сбора и обработки хроматографических данных ChemStation. Разделение проводили на колонке Zorbax SB-C18, размером 4.6 × 150 мм, с диаметром частиц 5 мкм, при градиентном режиме элюирования. Для приготовления стандартных образцов применяли препараты кверцетина и кемпферола производства фирмы “Fluka”. Содержание флавонолгликозидов рассчитывали с использованием коэффициентов пересчета по содержанию агликонов, образующихся после кислотного гидролиза экстрактов (Карпова и др., 2011). Содержа-

Таблица 1
Место сбора исследованных видов рода *Spiraea*

Вид	Место сбора
<i>S. beauverdiana</i>	Камчатская обл., Быстринский р-н, окр. пос. Эссо
<i>S. betulifolia</i>	Амурская обл., Благовещенский р-н, АФ БСИ ДВО РАН
<i>S. dahurica</i>	Там же, Селемджинский р-н, окр. с. Златоустовка
<i>S. flexuosa</i>	» Благовещенский р-н, АФ БСИ ДВО РАН
<i>S. media</i>	» » окр. пос. Мухинка
<i>S. pubescens</i>	Приморский край, Хасанский р-н, заповедник “Кедровая падь”
<i>S. ussuriensis</i>	Амурская обл., Благовещенский р-н, окр. с. Михайловка
<i>S. salicifolia</i>	Там же, Бурейский р-н, окр. с. Бахарево
<i>S. humilis</i>	» Благовещенский р-н, АФ БСИ ДВО РАН

ние флавонолов, катехинов и антоцианов определяли спектрофотометрически на приборе СФ-26 (Беликов, Шрайбер, 1970; Муравьева и др., 1987; Кукушкина и др., 2003). Количество флавонолов в пробе определяли по графику, построенному по рутину, а катехинов – по калибровочной кривой, построенной по (±) – катехину фирмы “Sigma”. Для определения сахаров использовали метод А.С. Швецова и Э.Х. Лукьяненко, основанный на восстановлении феррицианида калия редуцирующими сахарами в щелочной среде до ферроцианида. Количество сахаров определяли по калибровочному графику, построенному по глюкозе (Ермаков и др., 1987); дубильные вещества – титрометрически по методике ГФ XI (Государственная фармакопея..., 1987); наличие кумаринов в образцах – методом флюоресценции в ультрафиолете (Ермаков и др., 1987). Количественное определение сапонинов проводили фотоколориметрическим методом, основанным на образовании хлопьевидного осадка с ацетатом свинца (Киселева и др., 1991).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В растениях девяти изученных дальневосточных видов спирей обнаружены фенольные соединения –

флавонолы, катехины, антоцианы, дубильные вещества, кумарины, а также сапонины и сахара (табл. 2).

Содержание основных групп БАВ в представителях рода *Spiraea* (% от абсолютно сухой массы)

Вид	Органы растения	Флавонолы	Катехины	Антоцианы	Дубильные вещества	Сапонины	Сахара	Кумарины
Секция <i>Calospira</i>								
<i>S. beauverdiana</i>	Листья	6.0	0.3	Нет	5.5	3.0	11.2	+++
	Соцветия	4.8	0.5	»	4.9	0.7	13.9	+++
<i>S. betulifolia</i>	Листья	4.0	1.1	»	8.6	1.5	9.2	Нет
	Соцветия	3.7	1.7	»	4.5	5.1	12.7	+++
Секция <i>Chamaedryon</i>								
<i>S. dahurica</i>	Листья	3.6	0.2	»	4.4	1.4	8.8	+++
	Соцветия	4.4	0.3	»	3.1	4.8	15.5	+++
<i>S. flexuosa</i>	Листья	3.2	0.1	»	4.7	2.7	8.3	Нет
	Соцветия	5.2	0.5	»	3.0	3.7	14.8	+++
<i>S. media</i>	Листья	3.9	1.5	»	5.9	1.3	6.0	+
	Соцветия	5.3	5.7	»	8.0	5.5	17.8	+++
<i>S. pubescens</i>	Листья	6.6	0.6	»	5.9	2.3	9.9	+++
	Соцветия	7.1	0.7	»	3.4	4.1	15.1	+++
<i>S. ussuriensis</i>	Листья	7.5	1.1	»	9.9	3.1	9.9	++
	Соцветия	7.5	0.9	»	2.4	5.1	20.7	+++
Секция <i>Spiraria</i>								
<i>S. salicifolia</i>	Листья	3.3	2.2	»	11.6	0.5	11.2	++
	Соцветия	5.6	2.9	0.1	5.9	5.1	11.7	+++
<i>S. humilis</i>	Листья	3.7	2.7	Нет	9.3	1.8	12.6	++
	Соцветия	3.7	3.4	0.1	6.4	3.8	12.5	+++

Примечание. “+” – мало; “++” – много; “+++” – очень много.

Распределение основных групп БАВ в листьях и соцветиях изученных видов различно. В соцветиях обнаружено более высокое содержание флавонолов, катехинов, антоцианов, сапонинов и сахаров по сравнению с листьями. Дубильных веществ, наоборот, больше в листьях, чем в соцветиях. Известно, что вторичные метаболиты растений играют определенную роль в процессах репродукции растений (Бахтенко, Курапов, 2008). Можно предположить, что у растений рода спирея именно эти вещества оказывают влияние на оплодотворение и последующее образование плодов.

Особый интерес у исследователей вызывают растения, содержащие флавоноиды, вследствие их ценности для медицины как источников лекарственных препаратов широкого спектра действия. Это противовоспалительные, капилляроукрепляющие, желчегонные, противолучевые, противоопухолевые, иммуномодулирующие и иные лечебные средства (Tijburg et al., 1997; Hollman et al., 1999; Hernandez et al., 2000). В последнее время особое внимание обращают на антиоксидантное действие флавоноидов, на их способность локализовать свободные радикалы и выводить их из организма (Rice-Evans, Miller, 1996; Zhu et al., 2001). Наиболее широко распространенной группой флавоноидов являются флавонолы. Содержание флавонолов в листьях почти всех спирей секций *Chamaedryon* и *Spiraria* ниже, чем в соцветиях, и находится в пределах от 3.2 % у *S. flexuosa* до 7.5 % у *S. ussuriensis*. Высоким содержанием флавонолов отличаются листья

S. pubescens (6.6 %). В листьях спирей секции *Calospira*, наоборот, флавонолов накапливается больше, чем в соцветиях. Наибольшее содержание флавонолов в листьях спирей этой секции у *S. beauverdiana* (6.0 %).

Высокой биологической активностью обладают катехины. Они проявляют Р-витаминную активность, укрепляя стенки кровеносных сосудов в организме человека и животных, обладают антибактериальными свойствами. Это уникальные природные антиоксиданты (Бахтенко, Курапов, 2008). Самое высокое содержание катехинов обнаружено в соцветиях *S. media* – 5.7 %, в листьях их значительно меньше – 1.5 %. Достаточно большое содержание катехинов в соцветиях и листьях *S. salicifolia* и *S. humilis* (секция *Spiraria*) – до 3.4 %. Во всех остальных видах количество катехинов менее 2.0 %. На проявление фармакологической активности *S. salicifolia* и *S. media* изучены лучше других видов. Им свойственны антибактериальная, антигельминтная, жаропонижающая, противовоспалительная и другие виды активности (Растительные ресурсы..., 2009). Возможно, именно катехины, содержащиеся в большом количестве в этих видах, обуславливают их высокие фармакологические свойства.

Розовую окраску соцветий имеют спиреи секции *Spiraria*, соответственно, только у представителей этой секции обнаружены антоцианы – 0.1 %. У всех остальных видов спирей цветки белого цвета, и они не содержат антоцианов. Это подтверждает участие антоцианов в окраске соцветий.

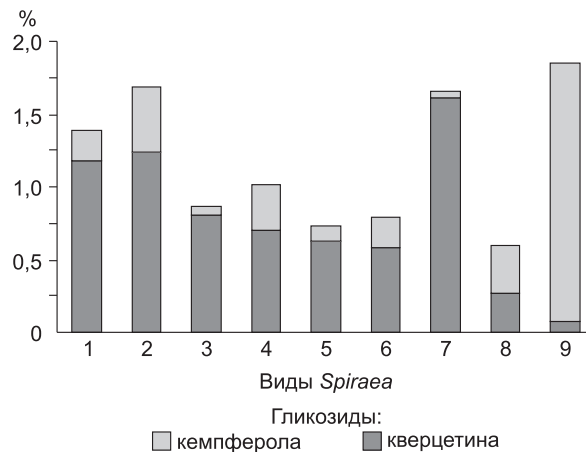
Многие виды спирей являются хорошими медоносами (Растительные ресурсы..., 2009). Значительное содержание в соцветиях сахаров, достигающее 20.7 %, доказывает их высокую медоносность. Наибольшим содержанием сахаров отличаются спиреи секции *Chamaedryon*.

Содержание сапонинов в соцветиях спирей колеблется от 0.7 до 5,5 %. Более 5 % сапонинов содержится в соцветиях *S. betulifolia*, *S. media*, *S. ussuriensis*, *S. salicifolia*. Эти виды можно рекомендовать как сапонинсодержащие растения, которые используются в медицине как отхаркивающие средства при заболеваниях дыхательных путей, а также как мочегонные, общеукрепляющие, стимулирующие и тонизирующие. Многие из них благотворно влияют на сердечно-сосудистую систему, эффективны при склерозе сосудов, а также атеросклерозе в сочетании с гипертонической болезнью и злокачественных новообразованиях (Захаров, Кабанов, 1964; Анисимов, Чирва, 1980).

Не менее ценными природными соединениями являются кумарины. В настоящее время известно более 30 видов биологической и фармакологической активности кумаринов. Широкий спектр фармакологического действия и сравнительно невысокая токсичность делают эту группу природных соединений перспективной для создания новых лекарственных препаратов специфической направленности (Комиссаренко и др., 1993). Содержание кумаринов у большинства видов выше в соцветиях, чем в листьях. В листьях *S. betulifolia* и *S. flexuosa* они не найдены.

При изучении состава флавонолов обнаружено, что у исследованных видов они представлены в основном гликозидами кверцетина и кемпферола. В листьях большинства спирей преобладают гликозиды кверцетина. Гликозидов кемпферола больше в гидролизатах двух видов – *S. flexuosa* и *S. ussuriensis* из секции *Chamaedryon* (см. рисунок).

Максимальное содержание гликозидов кверцетина характерно для *S. pubescens* (1.6 %), тогда как гликозиды кемпферола практически отсутствуют в данном виде. Гликозидов кемпферола больше накапливается у *S. ussuriensis* (1.8 %), гликозидов кверцетина в этом виде также практически нет. К сожалению, в настоящее время данных по фармакологической активности этих видов очень мало, для *S. pubescens* они вообще отсутствуют. Известна только антиоксидантная активность *S. ussuriensis* (Растительные ресурсы..., 2009). Можно предположить, что именно кемпферол играет большую роль в проявлении антиоксидантных свойств этого вида. Достаточно высоким содержанием гликозидов кверцетина отличаются также спиреи секции *Calospira*.



Содержание гликозидов кверцетина и кемпферола в листьях растений видов рода *Spiraea* (% от абсолютно сухой массы).

Секция *Calospira*: 1 – *S. beauverdiana*, 2 – *S. betulifolia*; секция *Spiraria*: 3 – *S. salicifolia*, 4 – *S. humilis*; секция *Chamaedryon*: 5 – *S. dahurica*, 6 – *S. media*, 7 – *S. pubescens*, 8 – *S. flexuosa*, 9 – *S. ussuriensis*.

В последнее время выдвигается гипотеза о том, что вторичные метаболиты выполняют экологическую функцию, обеспечивая биохимическую адаптацию растений и являясь важнейшими элементами их взаимодействия с окружающей средой (Бахтенко, Куратов, 2008). Накопление вторичных метаболитов, проявляющих биологическую активность, значимо не только для человека и животных, но и для самого растения. Так, например, фенольные соединения выполняют в растениях защитную функцию, придают растениям устойчивость к инфекциям, предохраняют ткани растений от проникновения УФ-радиации (Высочина, 2004).

Результаты исследований свидетельствуют о наиболее высоком содержании вторичных метаболитов у видов спирей, широко распространенных на Дальнем Востоке и за его пределами – *S. salicifolia*, *S. media*, *S. ussuriensis*. Скорее всего, изученные вещества играют большую роль в адаптивных реакциях спирей, и чем больше их содержится в растении, тем легче оно приспособливается к окружающей среде, тем оно конкурентоспособнее. Виды, имеющие на Дальнем Востоке ограниченный ареал, содержат незначительное количество вторичных метаболитов.

Таким образом, широко распространенные виды имеют наиболее высокие показатели по содержанию БАВ, что является важным условием при рекомендации того или иного растения в качестве лекарственного сырья. Именно качественный состав и высокое содержание этих соединений определяют фармакологические свойства растений тех или иных видов.

ВЫВОДЫ

1. Широко распространенные виды рода *Spiraea* L. характеризуются наиболее высоким содержанием биологически активных веществ. В соцветиях спирей больше катехинов, антоцианов, сапонинов и

сахаров по сравнению с листьями, дубильных веществ больше в листьях.

2. Содержание флавонолов в листьях спирей секций *Chamaedryon* и *Spiraria* ниже, чем в соцветиях, и

находится в пределах 3.2 % (*S. flexuosa*) – 7.5 % (*S. ussuriensis*). В листьях спирей секции *Calospira*, наоборот, флавонолов накапливается больше, чем в соцветиях.

3. Высоким содержанием катехинов в листьях и соцветиях отличаются *S. media* из секции *Chamaedryon* (5.7 %), *S. salicifolia* и *S. humilis* из секции *Spiraria* (2–3 %). Представители секции *Chamaedryon* содержат много сахаров (до 20.7 %). Более 5 % сапонинов обнаружено у *S. betulifolia*, *S. media*, *S. ussuriensis* и *S. salicifolia*. Кумарины содержат все виды; в соцветиях их больше, чем в листьях. В листьях *S. betulifolia* и *S. flexuosa* кумарины не обнаружены.

4. Выявлены отличия видов по соотношению в листьях гликозидов кверцетина и кемпферола. У семи видов преобладает кверцетин, у двух – кемпферол. Растения *S. pubescens* отличаются высоким содержанием гликозидов кверцетина (1.6 %), а *S. ussuriensis* – гликозидов кемпферола (1.8 %).

Выражаем глубокую признательность сотрудникам лаборатории фитохимии ЦСБС СО РАН Т.А. Кукушкиной и Е.А. Карповой за оказанную помощь в проведении эксперимента, заместителю директора по научной работе АФ БСИ ДВО РАН, канд. биол. наук Т.А. Поляковой за предоставленные для исследования образцы растений.

ЛИТЕРАТУРА

- Анисимов М.М., Чирва В.Я. О биологической роли три-терпеновых гликозидов // Успехи современной биологии. 1980. Т. 6, № 3. С. 351–364.
- Бахтенко Е.Ю., Курапов П.Б. Многообразие вторичных метаболитов высших растений: Учеб. пособие. Вологда, 2008. 264 с.
- Беликов В.В. Шрайбер М.С. Методы анализа флавоноидных соединений // Фармация. 1970. № 1. С. 66–72.
- Высочина Г.И. Фенольные соединения в систематике и филогении семейства гречишных. Новосибирск, 2004. 240 с.
- Государственная фармакопея СССР. 11-е изд. Вып. 1. М., 1987. С. 286–287.
- Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П., Перуанский Ю.В., Луковникова Г.А., Иконникова М.А. Методы биохимического исследования растений. Л., 1987. С. 133–134.
- Захаров А.М., Кабанов С.М. Действующие вещества некоторых видов растений флоры Тянь-Шаня // Аптечное дело. 1964. Т. 13, № 5. С. 46–49.
- Карпова Е.А., Серебрякова В.А., Высочина Г.И. Фенольные соединения некоторых видов рода *Spiraea* L. // Вестн. НГУ. Сер.: Биология, клиническая медицина. 2011. Т. 9, вып. 1. С. 51–57.
- Киселева А.В., Волхонская Т.А., Киселев В.Е. Биологически активные вещества лекарственных растений Южной Сибири. Новосибирск, 1991. 135 с.
- Комиссаренко Н.Ф., Сальникова С.И., Комиссаренко А.Н., Дроговоз С.М. Анаболическая, антиоксидантная, гепатозащитная и противовоспалительная активности некоторых природных кумаринов и хромонов // Раст. ресурсы. 1993. Т. 29, № 3. С. 1–6.
- Кукушкина Т.А., Зыков А.А., Обухова Л.А. Манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris* L.) как источник лекарственных препаратов природного происхождения // Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения: Материалы VII Междунар. съезда. СПб., 2003. С. 64–69.
- Муравьева Д.А., Бубенчикова В.Н., Беликов В.Г. Спектрофотометрическое определение суммы антоцианов в цветках василька синего // Фармация. 1987. Т. 36, № 5. С. 28–29.
- Растительные ресурсы России: дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 2. Семейства *Actinidiaceae–Malvaceae*, *Euphorbiaceae–Haloragaceae*. СПб.; М., 2009. С. 246–247.
- Hernandez N.E., Tereschuk M.L., Abdala L.R. Antimicrobial activity of flavonoids in medicinal plants from Tafi del Valle (Tucuman, Argentina) // J. Ethnopharmacol. 2000. V. 73, N 1, 2. P. 317–322.
- Hollman P.C.H., Feskens E.J.M., Katan M.B. The flavonoids in cardio-vascular disease and cancer prevention // Proceed. Soc. Exp. Biol. Med. 1999. V. 220, N 4. P. 198–202.
- Rice-Evans C.A., Miller N.J. Antioxidant activities of flavonoids as bioactive components of food // Biochem. Soc. Trans. 1996. V. 24, N 3. P. 790–795.
- Tijburg L.B.M., Mattern T., Folts J.D., Weisgerber U.M., Katan M.B. Tea flavonoids and cardiovascular diseases. A review // Crit. Rev. in Food Sci. Nutrit. 1997. V. 37, N 8. P. 771–785.
- Zhu N., Sheng Sh., Li D., Lavoie E.J., Karwe M.V., Rosen R.T., Ho Ch. Antioxidative flavonoid glycosides from quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd) // J. Food Lipids. 2001. V. 8, N 1. P. 37–44.