

УДК 581.1:581.5

**П. В. Масленников, Г. Н. Чупахина, Л. Н. Скрыпник
П. В. Федуреав, В. И. Селедцов**

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
АКТИВНОСТИ НАКОПЛЕНИЯ БИОФЛАВОНОИДОВ
В ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ**

110

Приводятся экспериментальные данные по содержанию рутина, катехинов и лейкоантоцианов в лекарственных растениях (66 видов из 31 семейства). Обнаружена значимая корреляция между содержанием катехинов и лейкоантоцианов ($r=0,89$) в растительных тканях. Результаты исследования выявили перспективные виды растений с высоким содержанием биофлавоноидов, которые могут быть использованы как основа для создания инновационных функциональных пищевых продуктов, обладающих антиоксидантной активностью.

This article presents experimental data on the rutin, catechin, and leucoanthocyanin content in medicinal plants (66 species from 31 families). A significant correlation between the catechine and leucoanthocyanin content in plant tissues ($r=0.89$) is observed. The study identified promising plant species with a high content of bioflavonoids. These plants can be used as a basis for developing innovative functional foods that exhibit high antioxidant activity.

Ключевые слова: рутин, катехины, лейкоантоцианы, биофлавоноиды, лекарственные растения, растительное сырье.

Key words: rutin, catechins, leucoanthocyanins, bioflavonoids, medicinal plants, herbal raw material.

Природные фенольные антиоксиданты лекарственных трав определяют их противовоспалительное, антимикробное, спазмолитическое, антиоксидантное и нейропротекторное действие [1; 2]. Одним из важнейших свойств фенолов является участие этих соединений в окислительно-восстановительных реакциях, в процессах нейтрализации активных форм кислорода (АФК) [3; 4]. По механизму действия флавоноиды можно отнести к антиоксидантам, обрывающим цепи, — веществам, молекулы которых более реакционноспособны, чем их радикалы. Фенольные соединения легко отдают свои электроны, превращая радикал, с которым прореагировали, в молекулярный продукт, а сами при этом превращаются в слабый феноксил-радикал, не способный участвовать в продолжении цепной реакции [5].

Содержание биофлавоноидов в растительном сырье — важнейший показатель его биологической ценности. Флавоноидсодержащие растения — единственный источник сырья для получения природных Р-ви-



таминных препаратов, обладающих антиоксидантными свойствами. Так, в фармацевтической практике широко используются катехины из листьев чая, гесперидин – из отходов цитрусовых, рутин из листьев гречихи [6]. Большое значение имеют флавоноиды в мясоконсервной промышленности. Установлено, что флавоноиды в комплексе с аскорбиновой кислотой ускоряют протеолиз мяса и мясных продуктов. Флавонолы, дигидрофлавонолы и катехины могут применяться для стабилизации пищевых жиров благодаря своим антиоксидантным свойствам, а также вполне могут использоваться в качестве заменителей синтетических консервантов [6]. Полифенольные вещества в качестве пищевых добавок могут улучшать вкусовые и потребительские качества различных продуктов питания [6].

Цель настоящей работы – исследовать содержание рутина, катехинов и лейкоантоцианов в лекарственных растениях и выявить перспективные их виды с высоким содержанием биофлавоноидов.

Содержание биофлавоноидов проанализировано в листьях 66 видов лекарственных растений из 31 семейства в период цветения (июнь-август 2010 г.). Для исследования были собраны листья растений из коллекции Ботанического сада БФУ им. И. Канта.

Концентрацию лейкоантоцианов (флаван-3,4-диолов) и катехинов (флаван-3-олов) определяли спектрофотометрически. Навеску растительного материала растирали до гомогенного состояния в присутствии подкисленного 96°-ного этанола (20:1), гомогенат центрифугировали при 4500 г в течение 30 мин. Затем по 1 мл центрифугата помещали в пробирки, в каждую из которых добавляли по 19 мл 5%-ного раствора HCl в н-бутаноле, тщательно перемешивая. Пробирки помещали в кипящую водяную баню на 50 мин, по окончании термостатирования пробирки охлаждали и определяли оптическую плотность при длине волны 520 нм [7; 8].

Для определения катехинов навеску растительного материала растирали до гомогенного состояния в присутствии подкисленного 96°-ного этанола (20:1), гомогенат центрифугировали при 5000 г в течение 10 мин. В заранее приготовленные пробирки с 4 мл ванилинового реактива и соляной кислоты (2,5 мл 5%-ный спиртовой раствор ванилина + 47,5 мл концентрированная HCl) вносили 1 мл центрифугата – начиная с эталона, с промежутком в 2 мин. Содержимое каждой колбы перемешивалось и переносилось в кюветы спектрофотометра. Оптическую плотность измеряли через 5 мин после добавления вытяжки к ванилиновому реактиву, эталонный раствор использовали в качестве контроля. Измерения вели при длине волны 520 нм [7; 8]. Поглощение лейкоантоцианов и катехинов определяли на спектрофотометре «Shimadzu UV3600» (Shimadzu, Japan). Количественное определение рутина проводили титрационным методом, используя в качестве индикатора индигокармин [7; 8].

В ходе работы было отобрано и проанализировано 594 пробы, анализ проводился в трехкратной биологической повторности и не менее чем в трех аналитических. Содержание биофлавоноидов в растениях приведено на грамм сухого веса. Полученные данные обработаны статистически и представлены в таблицах в виде средних арифметических



значений и их стандартных ошибок. Достоверность различий между вариантами определяли с помощью *t*-критерия Стьюдента ($p \leq 0,05$). Корреляционный анализ проводили с помощью критерия Пирсона.

Климат Калининградской области носит черты переходного к умеренно континентальному благодаря своему приморскому положению. Среднегодовая температура воздуха в прибрежных районах (Калининград) 6–7°C. Продолжительность безморозного периода 160–190, а вегетационного – 200–205 сут. Среднегодовое количество осадков 680–800 мм с максимумом их выпадения в апреле – октябре (до 65–75%). Основное количество осадков выпадает в виде дождя, в связи с чем высота снежного покрова невелика. Продолжительность его в отдельные годы достигает 65–70 сут. Начало устойчивого промерзания почвы в холодные зимы наблюдается во II–III декадах декабря, оттаивание – в III декаде марта. Среднегодовые температуры поверхности почвы только на 1–1,5°C выше среднегодовых значений температуры воздуха. В связи с расположением территории Ботанического сада в южной части склона долины р. Преголи почвенные условия характеризуются в весенне-летний и осенний периоды избыточным переувлажнением. Почвы в Ботаническом саду в основном дерново-подзолистые, слабокислые (5,5–6). В целом высокая влажность воздуха (в среднем 80%) и почвы, значительное содержание в ней гумуса, общего и подвижных форм азота, фосфора и калия благоприятны для развития разнообразных растительных сообществ [9].

Во флоре Калининградской области насчитывается 708 видов растений, которые в той или иной степени обладают лекарственными свойствами. Из 708 видов около 300 являются широко распространенными. Сбор остальных лекарственных растений в природе, в том числе 42 видов охраняемых растений, может нанести значительный ущерб популяциям и привести к их исчезновению [10].

Фармакологическая ценность лекарственных растений определяется количеством биологически активных веществ, их соотношением и доминированием в химическом составе растения тех или иных соединений. Среди природных антиоксидантов наибольшую активность имеют соединения фенольной природы. Это полифенолы, фенольные оксикислоты, разные типы флавоноидов, витамины и др. Так, оценка антиоксидантной активности (АОА) различных природных флавоноидов показала, что наибольшей АОА после теафлавина обладают кверцетин и цианидин [1; 2]. Гликозиды кверцетина имеют более низкую антиоксидантную активность, например рутин; наименьшей АОА среди этой группы веществ характеризуются флавоны и флавоногликозиды. Поэтому по количественному содержанию фенольных веществ в растительном сырье можно судить об его антиоксидантных свойствах [1; 2].

Другим не менее важным свойством растительного сырья считается его Р-витаминная активность, обусловленная содержанием различных фенольных соединений. Р-активные вещества представлены флавонолами (рутин, кверцетин, изокверцетин), антоцианами, лейкоантоцианами и катехинами. У одних растений доминируют катехины, у других – лейкоантоцианы, высокое содержание рутина также выступает видовым признаком [11–14].



В таблице 1 представлены результаты количественного измерения содержания рутина в растительном лекарственном сырье.

Таблица 1

Содержание рутина в лекарственных растениях

Вид	Рутин, мг%	Вид	Рутин, мг%
<i>Podophyllum emodii</i> Wall.	199,6±17,8	<i>Scutellaria baicalensis</i> Georgi	35,8±3,4
<i>Rhodiola rosea</i> L.	163,2±16,1	<i>Salvia glutinosa</i> L.	35,6±3,4
<i>Rheum palmatum</i> L.	156,7±14,2	<i>Monarda didyma</i> L.	34,9±3,4
<i>Cynoglossum officinale</i> L.	146,9±13,5	<i>Levisticum officinale</i> W. D. J. Koch	34,9±3,4
<i>Allium nutans</i> L.	103,2±9,7	<i>Hypericum perforatum</i> L.	33,8±3,2
<i>Sedum maximum</i> (L.) Hoffm.	102,0±9,8	<i>Thalictrum flavum</i> L.	33,1±3,2
<i>Leonurus quinquelobatus</i> Gilib.	90,1±8,9	<i>Saponaria officinalis</i> L.	32,8±3,1
<i>Aralia cordata</i> Thunb.	74,9±7,1	<i>Genista tinctoria</i> L.	31,4±3,1
<i>Astrantia major</i> L.	69,3±7,0	<i>Myrrhis odorata</i> L.	31,1±3,1
<i>Melissa officinalis</i> L.	58,6±6,1	<i>Sambucus ebulus</i> L.	29,9±3,0
<i>Digitalis grandiflora</i> Mill.	58,1±5,9	<i>Thalictrum minus</i> L.	28,4±2,9
<i>Cichorium intybus</i> L.	57,8±5,7	<i>Convallaria majalis</i> L.	25,1±2,6
<i>Symphytum officinale</i> L.	57,1±5,3	<i>Bryonica dioica</i> Jacq.	24,9±2,5
<i>Artemisia scoparia</i> Waldst.	50,0±5,2	<i>Mentha piperita</i> L.	24,1±2,5
<i>Gentiana lutea</i> L.	48,7±4,9	<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	23,8±2,4
<i>Origanum vulgare</i> L.	47,2±4,6	<i>Thymus vulgaris</i> L.	23,7±2,2
<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	47,1±4,6	<i>Valeriana officinalis</i> L.	23,3±2,2
<i>Geranium sanguineum</i> L.	46,2±4,4	<i>Betonica officinalis</i> L.	22,4±2,2
<i>Silybum marianum</i> L.	44,5±4,3	<i>Tanacetum vulgare</i> L.	22,4±2,1
<i>Salvia officinalis</i> L.	44,4±4,3	<i>Trollius europaeus</i> L.	22,1±2,2
<i>Phytolacca americana</i> L.	44,4±4,3	<i>Aquilegia vulgaris</i> L.	20,9±2,1
<i>Asclepias syriaca</i> L.	43,4±4,3	<i>Pulmonaria officinalis</i> L.	19,7±1,9
<i>Anemone sylvestris</i> L.	43,1±4,3	<i>Inula helenium</i> L.	19,8±1,8
<i>Datura stramonium</i> L.	42,5±4,2	<i>Linum usitatissimum</i> L.	19,7±1,8
<i>Achillea millefolium</i> L.	40,7±4,1	<i>Agastache foeniculum</i> (Pursh) Kuntze	18,9±1,8
<i>Echinops sphaerocephalus</i> L.	40,4±3,9	<i>Asparagus officinalis</i> L.	18,9±1,8
<i>Polemonium coeruleum</i> L.	38,8±3,7	<i>Artemisia pontica</i> L.	17,8±1,7
<i>Rhaponticum carthamoides</i> (Willd.) Ilijin	38,1±3,7	<i>Thalictrum aquilegifolium</i> L.	16,0±1,6
<i>Ruta graveolens</i> L.	38,1±3,8	<i>Vinca minor</i> L.	15,6±1,5
<i>Galega officinalis</i> L.	37,7±3,7	<i>Artemisia absinthium</i> L.	14,2±1,4
<i>Veronica longifolia</i> L.	37,6±3,7	<i>Meum athamanticum</i> Jacq.	13,8±1,4
<i>Archangelica officinalis</i> (Moench) Hoffm.	37,2±3,6	<i>Althaea officinalis</i> L.	12,1±1,1
<i>Echinacea purpurea</i> (L.) Moench.	36,4±3,5	<i>Macleaya cordata</i> (Willd) R. Br.	10,4±1,0

Полученные данные показывают, что максимальное содержание рутина было характерно для листьев растений подофилла Эмоди (*Podophyllum emodii*), родиолы розовой (*Rhodiola rosea*), ревеня дланевидного (*Rheum palmatum*), чернокорня лекарственного (*Cynoglossum officinale*), лука поникающего (*Allium nutans*), очитка большого (*Sedum maximum*), пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus*), аралии сердцевидной (*Aralia cordata*), астранции крупной (*Astrantia major*), Melissa лекарствен-



ной (*Melissa officinalis*), наперстянки крупноцветковой (*Digitalis grandiflora*), цикория обыкновенного (*Cichorium intybus*), окопника лекарственного (*Symphytum officinale*) и полыни метельчатой (*Artemisia scoparia*). Уровень рутина в этих растениях составил 50–200 мг% (табл. 1). Из 14 видов с высоким содержанием рутина только три семейства представлены двумя видами: губоцветные (*Lamiaceae*), толстянковые (*Crassulaceae*) и бурачниковые (*Boraginaceae*). В листьях 43 видов растений содержание рутина в среднем составило – 20–48 мг%. У растений многоколосника фенхельного, спаржи лекарственной, полыни понтийской, василистника водосборолистного, барвинка малого, полыни горькой, меума атамантового, алтея лекарственного, маклейи сердцевидной уровень накопления рутина был минимальным.

Данные по содержанию катехинов, также обладающих высокой антиоксидантной и Р-витаминной активностью, в лекарственных растениях представлены в таблице 2.

Таблица 2

Содержание катехинов в лекарственных растениях

Вид	Катехины, мг%	Вид	Катехины, мг%
<i>Rheum palmatum</i> L.	5392,1±517,1	<i>Pulmonaria officinalis</i> L.	173,6±17,4
<i>Bryonica dioica</i> Jacq.	4442,9±406,2	<i>Aquilegia vulgaris</i> L.	165,2±16,2
<i>Hypericum perforatum</i> L.	3307,9±329,5	<i>Macleaya cordata</i> (Willd) R. Br.	164,5±15,8
<i>Rhodiola rosea</i> L.	1437,6±126,3	<i>Tanacetum vulgare</i> L.	162,7±15,6
<i>Silybum marianum</i> L.	1421,7±121,7	<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	158,1±15,3
<i>Sedum maximum</i> (L.) Hoffm.	637,2±59,4	<i>Asclepias syriaca</i> L.	154,3±15,4
<i>Leonurus quinquelobatus</i> Gilib.	582,9±56,2	<i>Cichorium intybus</i> L.	149,6±15,1
<i>Veronica longifolia</i> L.	441,3±41,7	<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	143,4±14,7
<i>Thalictrum flavum</i> L.	408,8±39,9	<i>Artemisia scoparia</i> Waldst.	135,7±13,9
<i>Artemisia absinthium</i> L.	401,5±39,6	<i>Rhaponticum carthamoides</i> (Willd.) Iljin	134,9±13,4
<i>Thalictrum aquilegifolium</i> L.	381,5±38,4	<i>Vinca minor</i> L.	125,0±12,3
<i>Galega officinalis</i> L.	381,2±37,9	<i>Podophyllum emodii</i> Wall.	118,8±10,7
<i>Salvia officinalis</i> L.	361,4±36,5	<i>Genista tinctoria</i> L.	116,1±11,3
<i>Saponaria officinalis</i> L.	360,2±36,4	<i>Convallaria majalis</i> L.	115,5±11,2
<i>Symphytum officinale</i> L.	330,4±32,9	<i>Anemone sylvestris</i> L.	114,9±11,6
<i>Echinacea purpurea</i> (L.) Moench.	321,9±33,1	<i>Salvia glutinosa</i> L.	111,9±11,7
<i>Archangelica officinalis</i> (Moench) Hoffm.	319,9±30,7	<i>Ruta graveolens</i> L.	111,1±11,2
<i>Datura stramonium</i> L.	316,2±30,6	<i>Meum athamanticum</i> Jacq.	108,5±9,8
<i>Allium nutans</i> L.	311,7±31,2	<i>Betonica officinalis</i> L.	107,5±9,8
<i>Inula helenium</i> L.	310,9±30,9	<i>Gentiana lutea</i> L.	103,4±9,7
<i>Polemonium coeruleum</i> L.	253,1±25,3	<i>Echinops sphaerocephalus</i> L.	102,3±9,9
<i>Mentha piperita</i> L.	238,0±22,9	<i>Myrrhis odorata</i> L.	98,3±9,5
<i>Monarda didyma</i> L.	231,9±23,4	<i>Phytolacca americana</i> L.	97,7±9,6
<i>Cynoglossum officinale</i> L.	227,4±21,6	<i>Digitalis grandiflora</i> Mill.	89,1±8,6
<i>Artemisia pontica</i> L.	223,4±22,1	<i>Althaea officinalis</i> L.	85,0±8,1
<i>Thymus vulgaris</i> L.	222,8±21,8	<i>Agastache foeniculum</i> (Pursh) Kuntze	84,9±7,8
<i>Astrantia major</i> L.	202,9±19,6	<i>Valeriana officinalis</i> L.	82,5±7,7



Окончание табл. 2

Вид	Катехины, мг%	Вид	Катехины, мг%
<i>Sambucus ebulus</i> L.	202,1±20,2	<i>Levisticum officinale</i> W.D.J. Koch	80,6±7,9
<i>Achillea millefolium</i> L.	198,6±19,3	<i>Geranium sanguineum</i> L.	80,3±7,9
<i>Aralia cordata</i> Thunb.	186,7±18,5	<i>Linum usitatissimum</i> L.	53,4±4,9
<i>Origanum vulgare</i> L.	182,6±18,1	<i>Asparagus officinalis</i> L.	48,0±4,4
<i>Trollius europaeus</i> L.	180,2±17,9	<i>Scutellaria baicalensis</i> Georgi	41,9±4,3
<i>Thalictrum minus</i> L.	178,8±17,7	<i>Melissa officinalis</i> L.	36,2±3,8

115

Антиоксидантные свойства многих растительных продуктов в значительной мере обусловлены именно содержанием флаван-3-олов, чья антиоксидантная активность в 50 раз превышает этот показатель у витамина Е и в 20 раз у витамина С [15]. Наибольшее количество катехинов было найдено (в порядке уменьшения их количества): в листьях ревеня дланевидного (*Rheum palmatum*), переступня двудомного (*Bryonica dioica*), зверобоя обыкновенного (*Hypericum perforatum*), родиолы розовой (*Rhodiola rosea*), расторопши пятнистой (*Silybum marianum*). Содержание катехинов в этих растениях составило 1422–5392 мг%. Из 5 видов лекарственных растений с максимальным содержанием флаван-3-олов, 3 вида входили в семейство астровые (*Asteraceae*) и по 2 вида — в семейства губоцветные (*Lamiaceae*) и лютиковые (*Ranunculaceae*). Достаточно высоким содержанием катехинов отличались листья очитка большого, пустырника пятилопастного, вероники длиннолистной, василистника желтого, полыни горькой, василистника водосборолистного, козлятника аптечного, шалфея лекарственного, мьяльнянки лекарственной, окопника лекарственного, эхинацеи пурпурной, дудника лекарственного, дурмана обыкновенного, лука поникающего, девясила высокого.

Содержание флаван-3-олов в листьях данных растений составило от 311 до 637 мг%. Для остальных исследованных видов (46) уровень катехинов был значительно ниже 300 мг%.

Имеются данные об эффективности использования растительных экстрактов, содержащих катехины, в пищевой промышленности. Катехины способны оказывать тормозящее действие на гидролитические и окислительные процессы в липидах, снижая скорость образования продуктов гидролиза, а также могут стабилизировать белковые системы [16].

Технология применения растительных компонентов, богатых антиоксидантами и обладающих антиокислительными свойствами, позволяет осуществлять производство мясных продуктов питания пролонгированного срока годности с более высокими качественными характеристиками. Поэтому исследуемые растения с высоким содержанием катехинов могут быть рекомендованы к использованию в пищевой промышленности в качестве ценного источника природного антиоксиданта для улучшения качества и вкуса готовой пищевой продукции.

В листьях семи видов лекарственных растений наблюдается высокий уровень лейкоантоцианов: зверобой обыкновенный (*Hypericum*



perforatum), ревеня дланевидный (*Rheum palmatum*), полынь метельчатая (*Artemisia scoparia*), переступень двудомный (*Bryonica dioica*), родиола розовая (*Rhodiola rosea*), цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus*), маклея сердцевидная (*Macleaya cordata*). Среди них лидирующее место занимает зверобой обыкновенный (табл. 3). Из 7 видов лекарственных растений с максимальным содержанием флаван-3,4-диолов 2 вида входили в семейство астровые (*Asteraceae*). Вторую группу лекарственных растений составляют 30 видов с высоким уровнем накопления лейкоантоцианов, средняя концентрация флаван-3,4-диолов в листьях этих растений составила 514–858 мг%. В листьях 21 вида лекарственных растений концентрация лейкоантоцианов составила 299–499 мг%. Минимальным содержанием лейкоантоцианов (223–499 мг%) характеризовались листья мяты перечной, льна обыкновенного, левзеи сафлоровидной, наперстянки крупноцветковой, любистока лекарственного, девясилы высокого, алтея лекарственного, спаржи лекарственной.

Таблица 3

Содержание лейкоантоцианов в лекарственных растениях

Вид	Лейкоантоцианы, мг%	Вид	Лейкоантоцианы, мг%
<i>Hypericum perforatum</i> L.	5598,7±524,3	<i>Myrrhis odorata</i> L.	525,4±50,9
<i>Rheum palmatum</i> L.	4283,9±403,7	<i>Meum athamanticum</i> Jacq.	516,1±51,6
<i>Artemisia scoparia</i> Waldst.	3449,0±365,2	<i>Leonurus quinquelobatus</i> Gilib.	514,5±50,8
<i>Bryonica dioica</i> Jacq.	3134,8±301,6	<i>Valeriana officinalis</i> L.	514,4±50,7
<i>Rhodiola rosea</i> L.	957,8±91,4	<i>Ruta graveolens</i> L.	499,4±49,2
<i>Cichorium intybus</i> L.	925,3±90,8	<i>Convallaria majalis</i> L.	493,2±49,4
<i>Macleaya cordata</i> (Willd) R. Br.	906,7±89,3	<i>Anemone sylvestris</i> L.	483,9±48,6
<i>Sedum maximum</i> (L.) Hoffm.	858,1±85,2	<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	481,6±48,2
<i>Veronica longifolia</i> L.	828,3±81,7	<i>Podophyllum emodii</i> Wall.	473,5±46,8
<i>Datura stramonium</i> L.	808,4±80,3	<i>Aquilegia vulgaris</i> L.	470,4±46,9
<i>Gentiana lutea</i> L.	778,8±78,6	<i>Origanum vulgare</i> L.	460,6±46,1
<i>Sambucus ebulus</i> L.	771,5±77,4	<i>Echinacea purpurea</i> (L.) Moench.	455,5±45,5
<i>Symphytum officinale</i> L.	747,9±73,6	<i>Galega officinalis</i> L.	449,5±44,2
<i>Pulmonaria officinalis</i> L.	724,6±72,3	<i>Agastache foeniculum</i> (Pursh) Kuntze	433,6±43,4
<i>Polemonium coeruleum</i> L.	717,8±71,5	<i>Melissa officinalis</i> L.	427,4±41,7
<i>Betonica officinalis</i> L.	703,9±70,9	<i>Aralia cordata</i> Thunb.	427,4±42,3
<i>Allium nutans</i> L.	699,6±68,7	<i>Vinca minor</i> L.	416,7±41,6
<i>Artemisia absinthium</i> L.	694,2±69,1	<i>Scutellaria baicalensis</i> Georgi	378,4±36,9
<i>Thalictrum minus</i> L.	654,3±64,7	<i>Silybum marianum</i> L.	372,7±36,5
<i>Salvia officinalis</i> L.	653,8±64,6	<i>Trollius europaeus</i> L.	352,2±34,3
<i>Thalictrum flavum</i> L.	634,6±62,4	<i>Monarda didyma</i> L.	348,8±34,3
<i>Astrantia major</i> L.	615,6±60,8	<i>Achillea millefolium</i> L.	337,5±33,1
<i>Genista tinctoria</i> L.	615,3±60,7	<i>Artemisia pontica</i> L.	336,1±32,7
<i>Saponaria officinalis</i> L.	608,4±60,5	<i>Echinops sphaerocephalus</i> L.	327,6±32,1
<i>Thalictrum aquilegifolium</i> L.	597,2±59,3	<i>Thymus vulgaris</i> L.	318,3±30,9
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	587,6±58,8	<i>Mentha piperita</i> L.	299,3±29,5



Вид	Лейко-антоцианы, мг%	Вид	Лейко-антоцианы, мг%
<i>Cynoglossum officinale</i> L.	577,1±57,6	<i>Linum usitatissimum</i> L.	292,9±29,3
<i>Asclepias syriaca</i> L.	575,0±57,6	<i>Rhaponticum carthamoides</i> (Willd.) Iljin	285,4±27,3
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	574,3±57,2	<i>Digitalis grandiflora</i> Mill.	259,5±26,1
<i>Geranium sanguineum</i> L.	568,8±56,4	<i>Levisticum officinale</i> W.D.J. Koch	247,2±23,6
<i>Archangelica officinalis</i> (Moench) Hoffm.	550,1±55,3	<i>Inula helenium</i> L.	238,6±23,4
<i>Phytolacca americana</i> L.	546,7±54,1	<i>Althaea officinalis</i> L.	236,2±22,3
<i>Salvia glutinosa</i> L.	535,6±53,2	<i>Asparagus officinalis</i> L.	223,2±21,7

Наибольшую ценность для фармакологической промышленности имеют те виды растений, которые обладают более широким спектром действующих веществ. Анализ полученных данных о содержании различных групп фенольных соединений в лекарственных растениях выявил наличие значимой корреляции между содержанием катехинов и лейкоантоцианов ($r = 0,89$) в растительных тканях 66 видов растений. Уровень лейкоантоцианов значительно превышал содержание флаван-3-олов в большинстве изученных растений (60 видов), и только в 6 видах наблюдалась обратная зависимость. Лейкоантоцианы, будучи предшественниками катехинов, напрямую влияют на концентрацию этих соединений в растениях [6]. Наряду с катехинами флаван-3,4-диолы также являются родоначальниками дубильных веществ конденсированного ряда. Стоит отметить, что данные конденсированные формы соединений способны к накоплению и более высокое содержание лейкоантоцианов и катехинов свидетельствует о низкой активности процессов образования дубильных веществ [6]. Между содержанием рутина и катехинов, рутина и лейкоантоцианов в лекарственных растениях такой зависимости не выявлено. В родиоле розовой, ревене дланевидном содержалось максимальное количество фенольных соединений всех трех изученных групп (рутин, катехины и лейкоантоцианы). Растения зверобоя обыкновенного, переступеня двудомного накапливали в своих тканях наибольшее количество лейкоантоцианов и катехинов. В листьях пустырника пятилопастного содержалось максимальное количество рутина и катехинов. В листьях очитка большого, окопника лекарственного, лука поникающего максимальный уровень накопления рутина сочетался с достаточно высоким содержанием лейкоантоцианов и катехинов. Листья вероники длиннолистной, дурмана обыкновенного, василистника желтого, полыни горькой, василистника водосборолистного, шалфея лекарственного, мыльнянки лекарственной, дудника лекарственного содержали достаточно высокий уровень катехинов и лейкоантоцианов.

Таким образом, анализ накопления биофлавоноидов в лекарственных растениях выявил среди них виды с высоким уровнем биосинтеза рутина, катехинов и лейкоантоцианов. Максимальное содержание биофлавоноидов в листьях растений отмечено:



— рутина — в листьях подофилла Эмоди, родиолы розовой, ревеня дланевидного, чернокорня лекарственного, лука поникающего, очитка большого, пустырника пятилопастного, аралии сердцевидной, астранции крупной, мелиссы лекарственной, наперстянки крупноцветковой, цикория обыкновенного, окопника лекарственного и полыни метельчатой;

— катехинов — в листьях ревеня дланевидного, переступня двудомного, зверобоя обыкновенного, родиолы розовой, расторопши пятнистой;

— лейкоантоцианов — в листьях зверобоя обыкновенного, ревеня дланевидного, полыни метельчатой, переступня двудомного, родиолы розовой, цикория обыкновенного, маклейи сердцевидной.

Полученные данные позволяют оценить антиоксидантные и Р-витаминные свойства лекарственных растений, а виды с высоким содержанием биофлавоноидов рекомендовать для сбора растительного сырья в качестве источников природных БАВ для создания функциональных пищевых продуктов с высоким антиоксидантным действием. Эффективные и малотоксичные природные полифенольные антиоксиданты могут найти применение для решения многих технологических задач и повышения качества выпускаемой продукции в пищевой, косметической и фармацевтической промышленности.

Важное направление в исследовании флавоноидов — создание комплексных препаратов на основе природных полифенолов и лекарственных средств различных групп и получение полусинтетических производных. Такие исследования открывают новые перспективы использования флавоноидов в медицине и фармакологии.

Использование лекарственных растений в качестве источника природных полифенолов актуально и для животноводства. Применение обогащенных природными полифенолами кормов позволяет поднять их эффективность, повысить резистентность и улучшить откормочную продуктивность животных, что, в свою очередь, приведет к снижению кормовых затрат и сокращению периода откорма.

Список литературы

1. Масленников П. В., Чупахина Г. Н., Скрытник Л. Н. и др. Содержание низкомолекулярных антиоксидантов в лекарственных растениях Калининградской области // Химия растительного сырья. 2012. №3. С. 127–133.

2. Чупахина Г. Н., Масленников П. В., Скрытник Л. Н. и др. Оценка антиоксидантного статуса лекарственных растений из коллекции Ботанического сада БФУ им. И. Канта (Калининград) // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2012. №7. С. 17–23.

3. Чупахина Г. Н., Масленников П. В., Скрытник Л. Н. Природные антиоксиданты (экологический аспект) : монография. Калининград, 2011.

4. Масленников П. В. Экологические аспекты накопления антоциановых пигментов в растениях : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Калининград, 2003.

5. Кукушкина Т. А., Седельникова Л. Л. Динамика накопления запасных веществ в клубнелуковицах *Crocus Alatavicus* и *Gladiolus Hybridus* // Химия растительного сырья. 2010. №2. С. 123–126.

6. Масленников П. В., Чупахина Г. Н., Скрытник Л. Н. Содержание фенольных соединений в лекарственных растениях Ботанического сада // Известия Российской академии наук. Сер. биологическая. 2013. №5. С. 551–557.

7. Кривенцов В. И. Методические рекомендации по анализу плодов на биохимический состав. Ялта, 1982.



8. Чупахина Г.Н., Масленников П.В. Методы анализа витаминов : практикум. Калининград, 2004.
9. Губарева И.Ю., Дедков В.П., Напреенко М.Г. и др. Конспект сосудистых растений Калининградской области : справочное пособие. Калининград, 1999.
10. Соколов А.А. Лекарственные растения : учеб.-метод. пособие. Калининград, 2004.
11. Писарев Д.Н., Новиков О.О., Сорокопудов В.Н. и др. Химическое изучение биологически активных полифенолов некоторых сортов рябины обыкновенной — *Sorbus aucuparia* // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Медицина. Фармация. 2010. №22 (93), вып. 12/2. С. 123–128.
12. Чупахина Г.Н., Масленников П.В., Скрыпник Л.Н. и др. Оценка антиоксидантного статуса растений различных экологических групп Куршской косы // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. 2010. №7. С. 77–83.
13. Дедков В.П., Масленников П.В., Гребенев Н.Н. Содержание антоцианов как показатель нефтяного загрязнения растений и растительных сообществ дюн Куршской косы // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. 2006. №1. С. 102–108.
14. Чупахина Г.Н., Масленников П.В., Скрыпник Л.Н. и др. Реакция пигментной и антиоксидантной систем растений на загрязнение окружающей среды г. Калининграда выбросами автотранспорта // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2012. №2. С. 171–185.
15. Su X., Duan J., Jiang Y. et al. Polyphenolic profile and antioxidant activities of oolong tea infusion under various steeping conditions // Int. J. Mol. Sci. 2007. Vol. 8. P. 1196–1205.
16. Шарыгина Я.И., Байдалинова Л.С. Использование экстрактов розмарина как антиоксидантов в технологии мясных замороженных полуфабрикатов // Известия вузов. Пищевая технология. 2011. №2. С. 35–37.

Об авторах

Павел Владимирович Масленников — канд. биол. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: pashamaslennikov@mail.ru

Галина Николаевна Чупахина — д-р биол. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: tchoupakhina@mail.ru

Любовь Николаевна Скрыпник — канд. биол. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: skr_sun@mail.ru

Павел Владимирович Федураев — асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: pavelf15@mail.ru

Виктор Иванович Селедцов — д-р мед. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: Vseledtsov@kantiana.ru

About the authors

Dr. Pavel Maslennikov, Associate Professor, I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: pashamaslennikov@mail.ru



П. В. Масленников, Г. Н. Чупахина, Л. Н. Скрыпник, П. В. Федурев, В. И. Селедцов

Prof. Galina Chupakhina, I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.
E-mail: tchoupakhina@mail. ru

Dr. Lubov Skrypnik, Associate Professor, I. Kant Baltic Federal University.
E-mail: skr_sun@mail. ru

Pavel Feduraev, PhD Student, I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.
E-mail: pavelf15@mail. ru

Prof. Viktoe Seledtsov, I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.
E-mail: Vseledtsov@kantiana.ru