

**ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ
В *MATTEUCCIA STRUTHIOPTERIS* (ONOCLEACEAE)
В ТЕЧЕНИЕ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА**

Г.И. Высочина, Т.А. Кукушкина, Э.А. Ершова

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

Определено содержание биологически активных веществ (флавонолов, катехинов, танинов, каротиноидов, аскорбиновой кислоты, пектиновых веществ, сапонинов) в вайях страусника обыкновенного (*Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod.), собранного в окрестностях г. Новосибирска в течение вегетационного периода. В проростках, используемых в пищу, по сравнению с взрослыми растениями, больше флавонолов, катехинов, танинов, пектиновых веществ, сапонинов и простых сахаров, однако меньше каротиноидов (провитамина А) и аскорбиновой кислоты (витамина С), пик содержания которых приходится на середину лета.

Ключевые слова: *Страусник обыкновенный, динамика, флавонолы, катехины, танины, каротиноиды, аскорбиновая кислота, пектиновые вещества, сапонины.*

**DYNAMICS OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES CONTENT
IN *MATTEUCCIA STRUTHIOPTERIS* (ONOCLEACEAE)
DURING THE VEGETATIVE PERIOD**

G.I. Vysochina, T.A. Kukushkina, E.A. Ershova

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

The maintenance of biologically active substances (flavonols, catechins, tannins, carotenoids, ascorbic acid, pectin substances, saponins) in leaves of *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod., collected in vicinities of Novosibirsk during the vegetative period is defined. In the sprouts used in food, in comparison with adult plants, it is more flavonols, catechins, tannins, pectin substances, saponins and simple sugars, however there are less carotenoids (provitamin A) and the ascorbic acid (vitamin C) which peak of the maintenance is established in the middle of summer.

Key words: *Matteuccia struthiopteris, dynamics, flavonols, catechins, tannins, carotenoids, ascorbic acid, pectin substances, saponins.*

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия повысился интерес к дикорастущим съедобным растениям как дополнительному резерву продуктов питания. Большинство съедобных дикоросов улучшает вкусовые качества пищи, обогащая ее микроэлементами, витаминами и другими физиологически активными веществами, имеет широкий спектр целебного действия и издавна используется в народной медицине. В нашей стране насчитывается более 200 видов пищевых растений, которые употребляют вместо овощей и зеленных культур (Кошечев, 1981; Берсон, 1991). В Сибири и на Дальнем Востоке большой популярностью пользуются папоротники – орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) и страусник обыкновенный (*Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod.), молодые вайи которых применяют как ценный пищевой продукт (Храпко, 2007). Очень большой спрос на папоротники в Японии, которая импортиру-

ет его из Китая, России, Кореи, Тайваня. Японская кухня располагает рецептами приготовления множества различных блюд из орляка и страусника. Особенно вкусным среди съедобных папоротников считается страусник, его можно употреблять в пищу не только в вареном, но и в свежем виде. Для приготовления блюд из его молодых вай достаточно пятиминутной обработки паром (Цапалова, 1991; Бакнина, 2007). В народной медицине страусник используется в качестве инсектицидного и противоглистного средства. Несмотря на широкое признание папоротников, научных данных об их пищевой ценности, достоинствах и недостатках немного, что препятствует реализации этого продукта в России (Цапалова, 1991; Храпко, 2007).

Цель настоящей работы – биохимическое исследование вай страусника обыкновенного в течение вегетационного периода.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объект исследования: *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod. – страусник обыкновенный, черная сарана (сем. *Oncleaceae* – оноклеевые). Евразийский вид, произрастает в пределах лесной зоны в сырых лесах, по влажным опушкам и каменистым россыпям, в зарослях прибрежных кустарников. Стерильные вайи страусника до 100 см длиной и 20 см шириной, продолговато-яйцевидные или продолговатые, к обоим концам суженные. Перья сидячие, продолговатые, до 35 пар и более. Пластинки спороносных вай бурые, кожистые, с цилиндрическими, косо вверх направленными перьями, до 70 см длиной и 7 см шириной. Сорусы расположены по всей нижней поверхности листа (Данилов, 1988).

Образцы страусника для биохимических исследований отбирали в окрестностях г. Новосибирска (Академгородок) на территории Центрального сибирского ботанического сада СО РАН во влажном березово-сосновом лесу в течение периода вегетации – с 31 мая по 4 октября 2010 г. в 10 сроков с интервалом в 2–4 дня в начале вегетации, позднее – более редко.

При определении содержания веществ (флавонолы, катехины, танины, каротиноиды, пектиновые вещества, сапонины, аскорбиновая кислота, сахара) использовали свежесобранное сырье, влажность которого определяли сразу же для пересчета полученных данных на массу абсолютно сухого сырья.

В работе использовали следующие методики.

Количественное определение **флавонолов** проводили по методике, основанной на методе В.В. Беликова и М.С. Шрайбера (1970), в котором использована реакция комплексообразования флавонолов с хлоридом алюминия. Точную навеску измельченного сырья (около 0.5 г) помещали в колбу объемом 100 мл и проводили исчерпывающую экстракцию 70%-м этиловым спиртом, контролируя полноту экстракции реакцией с 5%-м раствором NaOH. Далее в мерную пробирку вносили 0.1 мл экстракта, приливали 0.2 мл 2%-го раствора $AlCl_3$ в 96%-м этиловом спирте и доводили объем до 5 мл этанолом такой же концентрации. В контрольном варианте к 0.1 мл экстракта приливали 1–2 капли 30%-й уксусной кислоты и далее доводили объем до 5 мл. Растворы перемешивали, и через 40 мин измеряли оптическую плотность с хлоридом алюминия на спектрофотометре СФ-26 при 415 нм в кювете с толщиной слоя 1 см, используя для сравнения раствор с кислотой.

Суммарное содержание флавоноидов (в % от массы абсолютно сухого сырья) определяли как $X (\%) = Y \cdot V_1 V_2 \cdot 100 / M \cdot V_3 \cdot 10^6$, где Y – содержание флавоноидов в 1 мл испытываемого раствора, найденное по калибровочному графику, построенному по рутину, мкг; V_1 – объем экстракта, мл; V_2 – объем разведения, мл; V_3 – объем экстракта, взятый для анализа, мл; M – масса абсолютно сухого сырья, г.

Сумму **каротиноидов** устанавливали в ацетоново-этанольном экстракте спектрофотометрическим методом при длине волны 450 и 550 нм (Кривенцов, 1982).

Катехины определяли спектрофотометрическим методом. В пробирки отбирали по 0.8 мл 80%-го спиртового экстракта, приливали 4 мл 1%-го раствора ванилина в концентрированной соляной кислоте, а в контрольные пробирки – 4 мл концентрированной соляной кислоты и доводили объемы до 5 мл. Через 5 мин появлялась розовая окраска в случае присутствия катехинов. Содержание катехинов в пробе вычисляли по калибровочной кривой, построенной по (\pm)-катехину “Sigma” (Кукушкина и др., 2003).

Содержание **танинов** (дубильных веществ) находили титрометрическим методом (Государственная фармакопея..., 1987). Точную навеску воздушно-сухого сырья (0.5–1 г) экстрагировали водой на кипящей водяной бане в течение 45 мин. 5–10 мл полученного экстракта оттитровывали 0.1 n раствором перманганата калия в стакане с 400 мл воды в присутствии индигокармина при постоянном перемешивании до золотисто-желтого цвета. Параллельно проводили контрольное титрование без исследуемого экстракта. 1 мл 0.1 n раствора перманганата калия эквивалентен 4.157 мг дубильных веществ в пересчете на танин.

Пектиновые вещества определяли карбазольным методом, основанным на получении специфического фиолетово-розового окрашивания уроновых кислот с карбазолом в сернокислой среде. Плотность окрашенных растворов измеряли на фотоэлектроколориметре (ФЭК-56М) при длине волны 535 нм в кювете с рабочей длиной 5 мм. Содержание пектиновых веществ рассчитывали по калибровочной кривой, построенной по галактуроновой кислоте (Ермаков и др., 1987).

Сапонины. Качественный анализ сапонинов проводили двумя способами. Первый способ заключается в следующем: в две пробирки с 5 мл 0.1 n раствора соляной кислоты и 5 мл 0.1 n раствора гидроксида натрия добавляли по 2–3 капли экстракта, исследуемого на наличие сапонинов, и сильно встряхивали. При обнаружении тритерпеновых сапонинов в обеих пробирках образуется пена, равная по объему и стойкости. Если сапонины стероидной группы, то в щелочной среде образуется пена, в несколько раз большая по объему и стойкости. По второму способу к 2 мл водного настоя прибавляли 1 мл 10%-го раствора азотнокислого натрия и 1 каплю концентрированной серной кислоты. При наличии сапонинов появляется кроваво-красное окрашивание.

При обнаружении сапонинов их содержание находили весовым методом. Около 2 г воздушно-сухого материала экстрагировали хлороформом в аппарате Сокслета до полного обесцвечивания для удаления

липидов и смол. Затем экстрагировали последовательно 50, 60, 96%-м этанолом, дважды каждой концентрацией, по 30 мин при 70 °С. Объединенный экстракт упаривали до 5 мл и прибавляли 7-кратный объем ацетона. Через 18 ч образовавшийся осадок отфильтровывали, высушивали при 70 °С, взвешивали и вычисляли содержание “сырого сапонина” (Киселева и др., 1991).

Для определения **сахаров** использовали метод А.С. Швецова и Э.Х. Лукьяненко, основанный на восстановлении феррицианида калия редуцирующими сахарами в щелочной среде до ферроцианида. Последний в присутствии желатина образует с сернокислым железом устойчивую синюю окраску, интенсивность которой измеряли на СФ-26 при длине волны

690 нм. Количество сахаров устанавливали по калибровочному графику, построенному по глюкозе (Ермаков и др., 1987).

Метод определения **аскорбиновой кислоты** основан на ее редуцирующих свойствах. Экстракты растений, содержащие аскорбиновую кислоту, восстанавливают раствор 2,6-дихлорфенолиндофенола, при этом синее окрашивание исчезает (реакция Тильманса).

Влажность определяли высушиванием пробы до постоянной массы при температуре +105 °С в термостате. Все биохимические показатели рассчитаны на массу абсолютно сухого сырья. За результат принимали среднее из трех параллельных определений по каждому показателю.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Молодые побеги страусника обыкновенного пригодны в пищу только на ранней стадии развития – до периода развертывания листовой пластинки, когда верхушка листа только возникает над почвой и улиткообразно свернута, а длина черешка не превышает 3 см. В этот период их влажность находится на уровне наиболее сочных зеленых овощей. По нашим данным, вайи страусника имеют самую высокую влажность в начале июня – 91.41 %. По мере роста содержание влаги постепенно снижается – до 78.06 % в конце августа и 67.49 % в начале октября. Среди съедобных папоротников страусник выделяется наиболее активным ферментным комплексом, в заготовительной стадии развития обладает высокими пищевыми достоинствами, не уступая по количеству основных питательных и биологически активных веществ большинству овощных культур. Среди съедобных папоротников выделяется содержанием белков (до 30 % от сухой массы), токоферола, рибофлавина и благоприятным соотношением пищевых волокон (Цапалова, Плотникова, 1982). Отмечено, что исходя из состава аминокислот, белки страусника более полноценны по сравнению с белками орляка, осмунды и

грибов. По вкусу побеги страусника напоминают капусту. По количеству белков (33.0 %) они также сопоставимы с капустой. Сахаров в страуснике – 10.6 % (Цапалова, 1991).

По нашим данным в молодых вайях содержится до 17.00 % сахаров, т. е. достаточно большое количество (см. таблицу). В течение недели происходит резкий спад количества сахаров – до 7.19 %, затем некоторый подъем – до 12.49 % и стабилизация на уровне 11.00 % в течение последующего роста.

Большой интерес представляют полисахариды страусника, в связи с чем их активно изучают в Китае. В состав полисахаридов входят глюкоза, манноза, галактоза, ксилоза, арабиноза и сорбоза (Xiao et al., 2000). Установлено их защитное действие в опытах на мышцах с синдромом системной волчанки, вызванным *Campylobacter jejuni* (Wang et al., 2010).

При исследовании сезонных изменений в содержании липидов установлено, что максимум их приходится на начало вегетации, далее количество липидов уменьшается. В полностью раскрывшихся листьях они исчезают совсем, а затем появляются вновь на поздних стадиях развития. Авторы связывают отме-

Содержание биологически активных веществ в вайях страусника *Matteuccia struthiopteris* в течение вегетационного периода (2010 г.)

Дата сбора	Флавонолы, %	Катехины, %	Танины, %	Каротиноиды, мг%	Пектины, %	Протопектины, %	Сапонины, %	Аскорбиновая к-та, мг%	Сахара, %
31.05	1.22	2.61	6.61	55.55	0.42	3.90	1.92	29.24	16.26
04.06	1.13	0.40	6.03	58.90	0.37	2.75	8.69	29.34	17.00
08.06	1.59	0.87	3.38	52.66	0.36	4.65	6.15	19.26	15.95
11.06	3.87	0.74	1.71	154.64	0.40	3.21	4.82	41.77	7.19
16.06	0.84	1.44	3.13	155.55	0.15	4.79	8.09	47.05	9.83
23.06	0.28	0.97	2.13	174.40	0.20	4.12	3.92	58.50	12.49
02.07	0.28	0.74	3.58	207.77	0.07	3.35	4.10	41.90	11.03
14.07	0.41	1.28	3.83	236.61	0.23	5.07	2.70	54.43	11.98
31.08	1.05	1.79	2.96	128.67	0.46	6.35	7.03	22.74	11.49
04.10	Нет	Нет	2.34	3.67	0.30	1.71	0.50	18.21	10.95

ченные изменения со специфической ролью липидов в функционировании растительных мембран (Rozentsvet et al., 2001; Розенцвет и др., 2002).

Вторичные метаболиты страусника изучены слабо. В настоящее время проводится детальное исследование химических и токсикологических свойств страусника. В молодых вайях обнаружены астрагалин и алканы, жирные кислоты, стеролы и фенолокислоты (Сырчина и др., 1993). Из листьев выделен L-О-каффеилхромосерил, соединение, способное улавливать свободные радикалы (Kimura et al., 2004). Изучен состав эфирного масла листьев. Обнаружено 103 летучих компонента, из них главными являются (Е)-фитол (24.8 %), нонанал (15.1 %) и деканал (7.6 %), и два альдегида (Miyazawa et al., 2007). Впервые в фотосинтезирующих тканях листа страусника были обнаружены долихолы, полиизопреноидные спирты – 0.004 % от массы сырого сырья (Wojtas et al., 2005). Показано, что во время развития гаметофита и спорофита страусника происходит сдвиг синтеза кофейной и других коричных кислот в сторону образования флаванонов, флавонов, флавонолов и процианидинов, т. е. происходит переход от коричневого к халконовому пути синтеза (Araki, Cooper-Driver, 1993). В молодых вайях обнаружен экдистерон – вещество, которое обладает адаптогенным и стимулирующим свойствами, проявляет анаболическую активность (Ревина, Гуреева, 1985).

Ученые изучают как надземную часть растений, так и корневища. Из корневищ выделены пиносильвин, маттеуцинол и его производные, рибофлавин, апигенин и другие вещества, некоторые впервые (Yang et al., 2004; Zhang et al., 2008).

В наших исследованиях фенольные соединения *M. struthiopteris* представлены флавонолами, катехинами и танинами. К середине июня содержание флавонолов составляет 3.87 %, затем постепенно их количество снижается до 0.28 % в начале июля. Некоторый подъем наблюдается к концу вегетации (см. таблицу).

Катехинов достаточно много в проростках – 2.61 %. Через 4 дня происходит резкое падение, а затем увеличение их содержания до 1.44 % к середине июня. Третий пик накопления катехинов зафиксирован в конце августа – 1.79 %.

Танинов в вайях *M. struthiopteris* немного. Прослеживается тенденция к снижению количества танинов в течение исследованных сроков. Считают, что дубильные вещества играют в растениях защитную роль, губительно действуя на насекомых. Кроме того, они формируют цвет, вкус и аромат потребляемого продукта (Цапалова, 1991).

Молодые папоротники могут быть источником витамина Р и натуральных антиоксидантов. Известно, что флавонолы, катехины и дубильные вещества обладают Р-витаминной и антиоксидантной активностью. Они укрепляют стенки кровеносных сосудов,

активно действуют против инфекций, способствуют усвоению аскорбиновой кислоты (Бахтенко, Курапов, 2008). Витаминный комплекс папоротников представлен, кроме витамина Р, аскорбиновой кислотой и провитамином А (каротиноидами). Аскорбиновая кислота в сочетании с витамином Р оказывает положительное влияние на выработку иммунных тел, обеспечивает антиоксидантный эффект, предохраняя окисление гормона адреналина, участвует в образовании эритроцитов и функционировании лейкоцитов крови. Наиболее высокое содержание аскорбиновой кислоты в вайях *M. struthiopteris* отмечено для середины вегетационного периода. В образцах, собранных 23 июня, самый высокий показатель – 58.50 мг%. По данным И.Э. Цапаловой (1991), страусник превосходит орляк по содержанию α -токоферола, рибофлавина и витамина РР, но уступает по каротину. Каротиноиды попадают в организм человека и животных с пищей, где превращаются в витамин А (ретинол). По нашим данным, количество каротиноидов в вайях *M. struthiopteris* возрастает до середины июля – с 55.55 до 236.61 мг%, далее снижается (см. таблицу).

Пектиновые вещества (пектин и протопектин) очень важны для здоровья человека. Они осуществляют его детоксикацию, связывая и удаляя токсины, яды и, что особенно важно, радиоактивные изотопы. Содержание пектиновых веществ в *M. struthiopteris* высокое, причем основную долю в сумме веществ занимают протопектины, являющиеся резервом в образовании пектинов. В молодых листьях пектинов до 0.40 %, к началу июля происходит снижение до 0.07 % и далее, к концу августа, подъем до 0.46 %. Количество протопектинов к этому сроку также повышается. Таким образом, самое высокое содержание пектиновых веществ (сумма пектинов и протопектинов) приходится на начало июня (5.01 %) и конец августа (6.81 %) (см. таблицу).

В динамике накопления сапонинов отмечены три срока их наибольшего содержания – начало июня (8.69 %), середина июня (8.09 %) и конец августа (7.03 %). Известно, что сапонинсодержащие растения используются в медицине как бронхолегочные, мочегонные, общеукрепляющие и тонизирующие средства. Многие из них эффективны при заболеваниях сердечно-сосудистой системы, атеросклерозе, гипертонической болезни и злокачественных новообразованиях (Анисимов, Чирва, 1980).

В связи с увеличивающимся потребительским спросом на страусник появляется все больше работ, касающихся технологических параметров его заготовки и хранения. Примером тому может быть проведенное исследование по замораживанию и сушке сырья (Zhang et al., 2004) и по состоянию ферментов при хранении (Цапалова и др., 1993). Имеются сведения о технологии замораживания, возможностях использования страусника в жареном, маринованном виде, а также при производстве пива (Aderkas, 1984). Иссле-

дователи приходят к мнению, что страусник как пищевой продукт совершенно безопасен в употреблении (Печурина, Цапалова, 2005), тогда как орляк необходимо использовать с большой осторожностью. Причиной тому являются обнаруженные в нем токсические вещества, в том числе алкалоиды (Мартынюк,

1956) и цианогенные гликозиды (Cooper-Driver, 1976). Есть указания на то, что страусник ядовит для скота (Растительные ресурсы России..., 1996), однако в Норвегии его использовали в качестве корма для коз (Aderkas, 1984). Разрабатываются условия культуры тканей страусника (Thakur et al., 1998).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В вайях страусника обыкновенного *Matteuccia struthiopteris* содержится комплекс биологически активных веществ, состоящий из фенольных соединений (флавонолов, катехинов и танинов), каротиноидов, аскорбиновой кислоты, пектиновых веществ и сапонинов. Проростки страусника, используемые в пищу, отличаются достаточно высоким содержанием флавонолов (3.87 %), катехинов (2.61 %), танинов

(6.61 %), пектиновых веществ (5.01 %), сапонинов (8.69 %) и простых сахаров (17.00 %). Каротиноидов (провитамина А) и аскорбиновой кислоты (витамина С) в проростках меньше, чем в листьях взрослых растений. В течение вегетационного периода происходит постепенное нарастание их количества – каротиноидов до 236.61 % (в середине июля), аскорбиновой кислоты до 58.50 % (в конце июня).

ЛИТЕРАТУРА

- Анисимов М.М., Чирва В.Я.** О биологической роли три-терпеновых гликозидов // Успехи современной биологии. 1980. Т. 6, № 3. С. 351–364.
- Бакнина О.Н.** Пищевые достоинства папоротника-орляка и побегов лопуха войлочного, произрастающих на Камчатке // Хранение и переработка сельхозсырья. 2007. № 10. С. 35–36.
- Бахтенко Е.Ю., Курапов П.Б.** Многообразие вторичных метаболитов высших растений: Учеб. пособие. Вологда, 2008. 266 с.
- Беликов В.В., Шрайбер М.С.** Методы анализа флавоноидных соединений // Фармация. 1970. № 1. С. 66–72.
- Берсон Г.З.** Дикорастущие съедобные растения. Л., 1991. 72 с.
- Государственная фармакопея СССР.** 11-е изд. Вып. 1. М., 1987. С. 286–287.
- Данилов М.П.** Семейство 7. *Onocleaceae* – оноклеевые. 2. *Matteuccia* Tod. – страусник. *M. struthiopteris* (L.) Tod. – страусник обыкновенный, черная сарана // Флора Сибири. Новосибирск, 1988. Т. 1. С. 52–54.
- Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П., Перуанский Ю.В., Луковникова Г.А., Иконникова М.И.** Методы биохимического исследования растений. Л., 1987. 430 с.
- Киселева А.В., Волхонская Т.А., Киселев В.Е.** Биологически активные вещества лекарственных растений Южной Сибири. Новосибирск, 1991. 136 с.
- Кощев А.К.** Дикорастущие съедобные растения в нашем питании. М., 1981. 256 с.
- Кривенцов В.И.** Методические рекомендации по анализу плодов на биохимический состав. Ялта, 1982. 22 с.
- Кукушкина Т.А., Зыков А.А., Обухова Л.А.** Манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris* L.) как источник лекарственных средств // Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения. СПб., 2003. С. 64–69.
- Мартынюк Д.Ф.** Ядовитые растения Дальнего Востока. Благовещенск, 1956. 196 с.
- Печурина Н.Н., Цапалова И.Э.** Исследование соответствия папоротника страусника обыкновенного гигиеническим требованиям безопасности // Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов. Кемерово, 2005. Вып. 9. С. 83–85.
- Растительные ресурсы России и сопредельных государств.** Ч. 1. Семейства *Lycopodiaceae–Ephedraceae*; ч. II. Доп. к 1–7 томам. СПб., 1996. 571 с.
- Ревина Т.А., Гуреева И.И.** Содержание экдистерона в папоротниках горных районов Южной Сибири // Раст. ресурсы. 1985. Т. 21, № 1. С. 75–78.
- Розенцвет О.А., Филин В.Р., Саксонов С.В., Мещеряков В.В.** Сезонная динамика полярных липидов в листьях папоротников *Dryopteris filix-max* и *Matteuccia struthiopteris* // Биохимия. 2002. Т. 67, № 9. С. 1215–1221.
- Сырчина А.И., Печурина Н.Н., Верещагин А.Л., Горшков А.Г., Цапалова И.Э., Семенов А.А.** Химическое исследование *Matteuccia struthiopteris* // Химия природ. соединений. 1993. № 4. Р. 608–609.
- Храпко О.В.** Дальневосточные папоротники: возможности использования // Бюл. Ботанического сада. Института ДВО РАН. 2007. Вып. 1 (1). С. 81–87.
- Цапалова И.Э.** Съедобные папоротники и их рациональное использование. Новосибирск, 1991. 112 с.
- Цапалова И.Э., Плотникова Т.В.** Биохимический состав съедобных папоротников Сахалина // Раст. ресурсы. 1982. Т. 18, вып. 1. С. 76–79.
- Цапалова И.Э., Плотникова Н.И., Печурина Н.Н.** Изменение активности ферментов в молодых побегах папоротников при хранении // Сиб. биол. журн. 1993. Вып. 1. С. 68–69.
- Aderkas von P.** Economic history of ostrich fern *Matteuccia struthiopteris*, the edible fiddlehead // Econ. Botanica. 1984. V. 38, No. 1. P. 14–23.
- Araki Y., Cooper-Driver G.** Changes during gametophyte development in *Matteuccia struthiopteris* from the cinnamate to the chalcone synthase pathway // Phytochemistry. 1993. V. 34, No. 1. P. 83–84.
- Cooper-Driver G.** Chemotaxonomy and phytochemical ecology of bracken // Bot. J. Linn. Soc. 1976. V. 73, No. 1–3. P. 35–46.

- Kimura T., Suzuki M., Takenaka M., Yamagishi K., Shinmoto H.** L-O-Caffeoylthomo-serine from *Matteuccia struthiopteris* // *Phytochemistry*. 2004. V. 65, No. 4. P. 423–426.
- Miyazawa M., Horiuchi E., Kawata J.** Components of the essential oil from *Matteuccia struthiopteris* // *J. Oleo Sci.* 2007. V. 56, No. 9. P. 457–461.
- Rozentsvet O.A., Saksonov S.V., Filin V.R., Dembitsky V.M.** Seasonal changes of lipid content in the leaves of some ferns // *Physiologia Plantarum*. 2001. V. 113. P. 59–63.
- Thakur R.C., Hosoi Y., Ishii K.** Rapid *in vitro* propagation of *Matteuccia struthiopteris*. An edible fern // *Plant Cell Reports*. 1998. V. 18, No. 3–4. P. 203–208.
- Wang Zh., Xie J.-Y., Xu H., Cheng X.-Q., Yue X.-L., Li H., Zhang Y.-Y., Lu Y., Chen D.-F.** Effect of *Matteuccia struthiopteris* polysaccharides on systemic lupus erythematosus-like syndrome induced by *Campylobacter jejuni* in BALB/c mice // *Yao xue xue bao = Acta pharmaceutica Sinica*. 2010. V. 45, No. 6. P. 711–717.
- Wojtas M., Bienkowski T., Zelman-Femiak M., Tateyama S., Sagami H., Chojnacki T., Danikiewicz W., Swiezewska E.** Dolichols of the fern *Matteuccia struthiopteris* // *Acta Biochim. Pol.* 2005. V. 52, No. 1. P. 255–259.
- Xiao Zh., Ma M., Chen Sh., Yao J.** Analysis of polysaccharide in fiddlehead // *Huaxue Shijie*. 2000. V. 41, No. 12. P. 666–667.
- Yang L., Wang M., Zhao Y., Tu Y.** Studies on chemical constituents in rhizome of *Matteuccia struthiopteris* // *Zhongguo Zhongyao Zazhi*. 2004. V. 29, No. 7. P. 647–649.
- Zhang D., Yang L., Fu M., Tu Y.** Studies on chemical constituents of rhizome of *Matteuccia struthiopteris* // *Zhongguo Zhongyao Zazhi*. 2008. V. 33, No. 14. P. 1703–1705.
- Zhang J.-y., Xie Ch.-y., Du F.-h., Wen L.-k.** Analysis on physical and chemical characters of freeze-dried fiddlehead // *Jilin Nongye Daxue Xuebao*. 2004. V. 26, No. 6. P. 687–689.