

УДК 634.739.2/.3:581.192 (571.14)

ДИНАМИКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЯГОД ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ СОРТОВ И ФОРМ КЛЮКВЫ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО СИБИРСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА СО РАН

© А.Б. Горбунов*, Т.А. Кукушкина

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, ул. Золотодолинская, 101, Новосибирск, 630090 (Россия), e-mail: gab_2002ru@ngs.ru

Целью работы явилось изучение изменчивости химического состава ягод интродуцированных в ЦСБС сортов и форм клюквы болотной – *Oxycoccus palustris* Pers. (2 образца) и к. крупноплодной – *O. macrocarpus* (Aiton) Pursh (6 образцов) в зависимости от условий года. Проведены биохимические исследования содержания сухого вещества, аскорбиновой кислоты, сахаров, титруемой кислотности, антоцианов, пектинов, протопектинов и катехинов в ягодах этих образцов. Анализы химического состава проводились по общепринятым методикам.

Клюква болотная превосходит к. крупноплодную по содержанию в ягодах аскорбиновой кислоты и титруемой кислотности, но уступает ей в накоплении антоцианов, пектинов и протопектинов. В сравнении с изученными образцами обоих видов аборигенная клюква болотная накапливает наибольшее количество аскорбиновой кислоты и наименьшее – сахаров. По содержанию аскорбиновой кислоты раннеспелые сорта клюквы крупноплодной превосходят средне-спелые сорта и близки к позднеспелым. Разница в накоплении в плодах остальных ингредиентов как у клюквы болотной, так и у к. крупноплодной статистически недостоверна.

Изменчивость показателей сухого вещества, аскорбиновой кислоты, сахаров, титруемой кислотности, пектинов, протопектинов и катехинов была выше у к. болотной, антоцианов – у к. крупноплодной. Наименее изменчивым признаком у обоих видов клюквы было сухое вещество, а наиболее изменчивыми – протопектины и пектины у клюквы болотной и антоцианы у к. крупноплодной.

По химическому составу ягод клюква болотная и к. крупноплодная перспективны для введения в культуру на юге Западной Сибири.

Ключевые слова: клюква болотная, к. крупноплодная, сухое вещество, аскорбиновая кислота, сахара, кислотность, антоцианы, катехины, протопектины и пектины.

Работа выполнена в рамках государственного задания Центрального сибирского ботанического сада СО РАН по проекту АААА-А17-117012610054-6 «Анализ внутривидовой структуры ресурсных растений Азиатской России, отбор и сохранение генофонда». При подготовке публикации использовались материалы биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН «Коллекция живых растений в открытом и закрытом грунте», УНУ № USU 440534.

Введение

В природе произрастают три вида клюквы: клюква крупноплодная – *Oxycoccus macrocarpus* (Aiton) Pursh, к. болотная – *O. palustris* Pers. и к. мелкоплодная – *O. microcarpus* Turcz. ex Rupr. (*Ericaceae* Juss.). Первые два введены культуру и у них наиболее полно изучен химический состав ягод [1–8]. В эффективных для человека количествах в ягодах накапливаются Р-активные полифенолы, витамины С, К₁ и β-каротин, калий, железо, марганец, медь, кобальт и йод. Клюква крупноплодная содержит в плодах больше сахаров,

Горбунов Алексей Борисович – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории интродукции пищевых растений, e-mail: gab_2002ru@ngs.ru

Кукушкина Татьяна Абдулхаировна – старший научный сотрудник, e-mail: kukushkina-phyto@yandex.ru

пектиновых веществ, аскорбиновой и бензойной кислот и ее ягоды менее кислые, чем у к. болотной. Химический состав плодов изменяется в зависимости от эколого-географических и погодных условий, внутривидового разнообразия и минерального питания.

* Автор, с которым следует вести переписку.

В Сибири изучение химического состава ягод дикорастущей клюквы впервые проведено В.С. Фёдоровой в 1938–1939 и 1944 гг. [9]. Ею установлено, что в районах массового распространения клюквы мелкоплодной в Западной и Средней Сибири с продвижением к северу содержание аскорбиновой кислоты в плодах увеличивается с 22 до 44 мг%. Севернее или южнее массового распространения клюквы как на равнине, так и в горах содержание витамина С уменьшается. В горно-лесном поясе Кузнецкого Алатау содержание витамина С в ягодах клюквы болотной колебалось от 4.25 до 30 мг%.

В.А. Руш и В.В. Лизунова [6, 7] показали, что в плодах клюквы болотной из Приангарья накапливается значительное количество пектиновых веществ (0.50%), аскорбиновой кислоты (61.0–76.8 мг%), каротина (0.64), катехинов (160) и калия (68.5 мг%).

Исследованиями, выполненными нами на юге и юго-востоке Васюганья (Западная Сибирь) [10], установлено, что в ягодах клюквы по мере созревания увеличивается содержание сахаров, кислот и витамина С. Причем на открытых местообитаниях накапливается кислот меньше, а витамина С больше, чем на защищенных. В плодах клюквы мелкоплодной сахаров (2.86–4.24%), кислот (3.71–4.09%) и витамина С (10.6–19.7 мг%) больше, чем в ягодах клюквы болотной (соответственно – 2.53–3.55, 3.33–3.84% и 11.6–15.8 мг%).

Е.В. Осмоловская [11], изучая содержание в ягодах молибдена, который является катализатором ферментов, а также способствует расщеплению некоторых аминокислот в организме человека, показала, что в плодах клюквы из Томской области содержится в среднем 0.45 мг/кг молибдена, причем в растениях из южных районов его больше, чем из северных.

Рядом авторов [12–15] изучалось содержание зольных элементов в ягодах клюквы болотной в пределах Сибири и Дальнего Востока. Наибольшая изменчивость в их содержании отмечена у железа, марганца, алюминия, магния и меди. Во время созревания плодов и в разные годы средняя концентрация элементов в плодах неодинакова.

Химический состав интродуцированной в Сибири клюквы болотной впервые изучен на Бакчарском опорном пункте северного садоводства в Томской области [16]. Установлено, что содержание в ягодах аскорбиновой кислоты у 34 форм находилось в пределах 20–30 мг% и снижалось после заморозков. Солнечная погода способствовала уменьшению кислотности и повышению содержания аскорбиновой кислоты.

Нами установлено [17], что в процессе длительного (5–6 месяцев) хранения ягод в холодильнике при температуре 5–8 °С у сортов интродуцированной клюквы крупноплодной происходит снижение количества сахаров, аскорбиновой кислоты и частично пектинов, но увеличивается содержание сухих веществ, кислот, протопектинов (в 1.2–2.9 раза) и антоцианов (в 1.7–5.0 раз). Выявлена возможность дозаривания плодов и продолжительность их хранения в свежем виде в холодильнике (не более полугода). Показана перспективность по химическому составу ягод ранних сортов клюквы крупноплодной для выращивания на юге Западной Сибири.

Таким образом, ягоды клюквы содержат богатый комплекс витаминов, кислот, углеводов, макро- и микроэлементов, содержание которых зависит от видовой принадлежности, формового разнообразия, эколого-географических, погодных и агротехнических условий.

Цель данной работы – изучение изменчивости химического состава ягод интродуцированных в ЦСБС сортов и форм клюквы болотной и к. крупноплодной в зависимости от условий года.

Экспериментальная часть

Объектом исследований были плоды интродуцированных клюквы болотной (форма Юрковская из южнотаежной подзоны лесной зоны Западной Сибири и сорт ‘Virussaare’ из Эстонии) и клюквы крупноплодной (американские сорта ‘Bergman’, ‘Ben Lear’, ‘Pilgrim’, ‘Stevens’, ‘Black Veil’ и ‘McFarlin’), выращенные на экспериментальном участке ЦСБС СО РАН (г. Новосибирск). В 2015–2017 гг. ягоды собраны 12–14 сентября, в фазе «начало массового созревания», а в 2018–2020 гг. – 21–25 сентября, в фазе «полного созревания». Масса пробы каждого образца составляла не менее 200 г. В пробах определяли содержание сухих веществ, аскорбиновой кислоты, сахаров, титруемой кислотности, антоцианов, катехинов, протопектинов и пектинов, повторность трехкратная. Все биохимические показатели рассчитаны на сырую массу сырья.

Анализ содержания сухого вещества, аскорбиновой кислоты и сахаров проводили по общепринятым методикам [18]. Содержание суммы кислот определяли путем титрования аликвоты водной вытяжки щелочью [18, 19].

Экстракцию антоцианов проводили в солянокислой среде, растирая образец в ступке в присутствии 1% соляной кислоты, нагревали на водяной бане (40–50 °С) в течение 20 мин, охлаждали и доводили до метки 250 мл соляной кислотой, отфильтровывали и измеряли на СФ-56 при длине волны 510 нм. Пересчетный коэффициент рассчитывали по цианидин-3,5-дигликозиду [20]. Количественное содержание катехинов определяли спектрофотометрическим методом, основанном на способности катехинов давать малиновое окрашивание с раствором ванилина в концентрированной соляной кислоте. В две мерные пробирки перенесли по 0.8 мл этанольного извлечения, в одну из них прибавляли 4 мл 1% раствора ванилина в концентрированной соляной кислоте. Объем обеих пробирок доводили до 5 мл концентрированной соляной кислотой. Вторая пробирка служила в качестве раствора сравнения. Оптическую плотность раствора измеряли на спектрофотометре СФ-56 при длине волны 502 нм. Пересчетный коэффициент определяли по (\pm)-катехину «Sigma» [21]. Пектины определяли бескарбазольным спектрофотометрическим методом, основанном на получении специфического желто-оранжевого окрашивания уроновых кислот с тимолом в сернохлорной среде. Для получения воспроизводимых результатов удаляли сахара из мелкоизмельченных проб (навеска 5–10 г) горячим этанолом (из расчета получения конечной концентрации 80–82%) на водяной бане с обратным холодильником в течение 20–30 мин трижды. Отфильтрованную пробу высушивали при 50 °С до исчезновения запаха спирта. Сначала водой при температуре 45 °С извлекали из пробы пектины, затем гидролизировали протопектины 0.3 н раствором соляной кислоты и 1% раствором лимоннокислого аммония по 30 мин на кипящей водяной бане с обратным холодильником. После демеоксилирования полученных экстрактов 0.05 н раствором соляной кислоты (при комнатной температуре в течение 30 мин.) и дальнейшей нейтрализации растворов брали аликвоту (0.5 мл) в пробирку и по каплям добавляли охлажденную концентрированную серную кислоту при температуре не выше 4 °С. Затем пробирки кипятили на водяной бане в течение 6 мин и после охлаждения добавляли 0.1 мл 0.2% раствора тимолола в этаноле. Плотность окрашенных растворов измеряли на спектрофотометре Agilent 8453 (США) при длине волны 480 нм в кювете с рабочей длиной 1 см. Количественное содержание пектиновых веществ определяли по калибровочной кривой, построенной по галактуроновой кислоте [22].

Статистическая обработка данных выполнена с использованием пакета Statistica 5.0.

Обсуждение результатов

Усредненные за 2015–2020 гг. показатели (табл. 1, 2) свидетельствуют о том, что в ягодах клюквы болотной накапливается достоверно больше аскорбиновой кислоты (соответственно 47.38 ± 5.33 и 31.43 ± 1.24 мг%) и кислот (3.35 ± 0.31 и $2.49 \pm 0.09\%$), а у к. крупноплодной – антоцианов (0.08 ± 0.01 и $0.05 \pm 0.005\%$), пектинов (0.20 ± 0.01 и $0.12 \pm 0.02\%$) и протопектинов (0.30 ± 0.01 и $0.15 \pm 0.03\%$). Катехинов в плодах обоих видов содержится одинаковое количество ($0.08 \pm 0.01\%$). Разница в содержании сухого вещества и сахаров статистически недостоверна.

Форма аборигенной клюквы болотной Юрковская по сравнению с интродуцированным эстонским сортом 'Virussaage' накапливала в ягодах наибольшее количество аскорбиновой кислоты (61.38 ± 3.91 против 36.19 ± 4.77 мг%), но уступала по накоплению сахаров (соответственно 2.51 ± 0.27 и $4.72 \pm 0.60\%$). У образцов клюквы болотной разница в накоплении сухого вещества, кислот, антоцианов, пектинов, протопектинов и катехинов статистически не достоверна.

В ягодах раннеспелого сорта клюквы крупноплодной 'Bergman' статистически достоверно было больше аскорбиновой кислоты (36.37 ± 1.74 мг%), чем в плодах среднеспелых сортов 'Ben Lear' (29.18 ± 2.38 мг%) и 'Pilgrim' (29.48 ± 2.26 мг%). Раннеспелый сорт 'Black Veil', который изучен лишь в течение одного года, также отличался высоким содержанием аскорбиновой кислоты (35.63 мг%). Позднеспелые сорта 'Stevens' и 'McFarlin' накапливали аскорбиновой кислоты (31.19 ± 3.74 и 36.21 мг%) и сахаров (4.68 ± 0.23 и 6.25%) на уровне или несколько больше раннеспелых. В ягодах сорта 'Stevens' было достоверно больше сахаров, чем у сорта 'Pilgrim', соответственно, 4.68 ± 0.23 и $3.76 \pm 0.28\%$. У всех сортов клюквы крупноплодной разница в накоплении сухого вещества, кислот, антоцианов, пектинов, протопектинов и катехинов, в содержании аскорбиновой кислоты у средне- и позднеспелых сортов и сахаров (кроме случая, описанного выше) статистически недостоверна.

Таблица 1. Химический состав ягод клюквы в ЦСБС СО РАН в 2015-2020 гг., % на сырую массу*

Образец	Годы	Сухое вещество	Аскорбиновая кислота, мг%	Сахара	Кислотность	Антоцианы	Пектины	Протопектины	Катехины
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Oxycoccus palustris</i>									
Форма Юрковская	2015	11.79	60.26	3.03	3.03	0.05	0.07	0.08	0.08
	2016	11.14	52.10	2.17	4.34	0.04	0.10	0.12	0.07
	2017	13.11	62.00	1.94	3.59	0.05	0.17	0.27	0.11
	2018	15.22	71.17	2.88	5.03	0.07	0.11	0.10	0.11
Форма Юрковская, в целом	2015–2018	12.82±0.90	61.38±3.91	2.51±0.27	4.00±0.44	0.05±0.01	0.11±0.02	0.14±0.04	0.09±0.01
Коэффициент вариации (V), %		12.20	11.0	18.6	19.1	34.6	31.5	49.5	19.2
Сорт 'Virussaare', 4-77	2015	12.68	49.47	5.81	2.65	0.04	0.12	0.13	0.08
	2017	11.25	29.85	5.04	2.69	0.05	0.06	0.08	0.07
	2018	11.50	22.36	3.24	3.70	0.06	0.09	0.13	0.10
То же, 1-22	2018	11.78	43.04	3.38	3.07	0.04	0.09	0.12	0.08
То же, 3-9	2020	12.00	36.21	6.12	2.04	0.02	0.27	0.29	0.06
Сорт 'Virussaare', в целом	2015–2020	11.84±0.24	36.19±4.74	4.72±0.60	2.83±0.27	0.04±0.01	0.13±0.04	0.15±0.04	0.08±0.01
Коэффициент вариации (V), %		4.1	26.2	25.4	19.1	50.0	61.5	53.3	25.0
<i>Oxycoccus palustris</i> , в целом	2015–2020	12.27±0.43	47.38±5.33	3.73±0.51	3.35±0.31	0.05±0.005	0.12±0.02	0.15±0.03	0.08±0.01
Коэффициент вариации (V), %		9.9	31.8	38.7	26.2	28.3	47.2	56.6	35.4
<i>Oxycoccus macrocarpus</i>									
Сорт 'Bergman', 4-71	2015	11.94	38.42	3.93	1.61	0.06	0.21	0.31	0.08
	2016	11.84	28.69	4.08	3.16	0.06	0.19	0.21	0.06
	2017	10.32	36.33	4.00	2.46	0.08	0.15	0.22	0.08
	2018	10.75	38.39	3.96	2.04	0.10	0.16	0.37	0.10
	2019	12.25	41.21	4.50	2.83	0.11	0.19	0.28	0.10
	2020	12.09	40.03	5.17	3.15	0.19	0.29	0.36	0.06
То же, 1-1	2020	13.53	31.53	4.92	2.09	0.12	0.22	0.40	0.05
Сорт 'Bergman', в целом	2015–2020	11.82±0.40	36.37±1.74	4.37±0.19	2.48±0.23	0.10±0.02	0.20±0.02	0.31±0.03	0.08±0.01
Коэффициент вариации (V), %		8.3	11.7	10.6	22.7	49.0	24.5	23.7	30.6
Сорт 'Ben Lear', 4-72	2015	11.33	27.83	3.09	2.18	0.04	0.17	0.27	0.09
	2016	11.48	22.64	3.79	3.47	0.03	0.24	0.23	0.06
	2017	10.06	31.26	3.65	1.72	0.05	0.16	0.18	0.10
	2018	11.03	22.54	4.51	2.71	0.07	0.12	0.32	0.13
	2019	12.06	43.82	5.07	2.39	0.10	0.24	0.36	0.09
	2020	11.89	26.36	4.40	3.31	0.12	0.25	0.31	0.07
То же, 3-16	2018	11.57	29.10	3.83	2.04	0.08	0.15	0.24	0.15
	2019	12.03	40.84	5.77	2.58	0.10	0.18	0.39	0.10
	2020	11.11	23.97	4.58	2.88	0.10	0.18	0.31	0.07
То же, 1-2	2020	10.91	23.45	4.26	2.39	0.09	0.18	0.26	0.06
Сорт 'Ben Lear', в целом	2015–2020	11.35±0.19	29.18±2.38	4.30±0.24	2.57±0.17	0.08±0.01	0.19±0.01	0.29±0.02	0.09±0.01
Коэффициент вариации (V), %		5.0	24.5	16.7	19.8	37.5	15.8	20.7	33.3
Сорт 'Pilgrim', 3-19	2015	10.59	29.67	4.69	2.17	0.05	0.20	0.30	0.09
	2016	10.37	16.00	3.87	3.00	0.03	0.25	0.25	0.07
	2017	10.17	35.34	3.77	1.78	0.06	0.16	0.27	0.09
	2018	11.27	23.60	3.43	2.79	0.09	0.15	0.28	0.14
	2020	12.65	32.97	4.37	1.91	0.07	0.19	0.32	0.06
То же, 1-11	2016	9.23	24.00	2.00	3.27	0.04	0.16	0.20	0.08
	2018	10.00	27.24	3.40	1.81	0.10	0.11	0.32	0.11
	2019	11.20	41.03	4.60	2.43	0.06	0.19	0.22	0.09
	2020	11.11	34.89	2.75	3.04	0.09	0.26	0.23	0.07
То же, 2-1	2020	11.66	30.09	4.42	2.28	0.13	0.27	0.33	0.05
Сорт 'Pilgrim', в целом	2015–2020	10.83±0.30	29.48±2.26	3.76±0.28	2.45±0.17	0.07±0.01	0.19±0.02	0.27±0.01	0.09±0.01
Коэффициент вариации (V), %		8.3	23.0	22.3	20.8	42.9	31.6	11.1	33.3

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сорт 'Stevens', 3-12	2015	11.90	31.16	4.75	1.81	0.04	0.17	0.29	0.09
	2016	9.26	19.50	3.82	3.06	0.03	0.19	0.20	0.06
	2018	11.97	26.37	4.20	3.01	0.07	0.14	0.52	0.11
	2020	12.14	28.89	5.15	2.51	0.09	0.19	0.41	0.06
То же, 1-12	2019	12.41	46.79	5.09	2.02	0.11	0.21	0.30	0.10
	2020	11.85	34.41	5.09	2.29	0.09	0.26	0.36	0.06
Сорт 'Stevens', в целом	2015–2020	11.59±0.47	31.19±3.74	4.68±0.23	2.45±0.21	0.07±0.01	0.19±0.02	0.35±0.05	0.08±0.01
Коэффициент вариации (V), %		9.1	26.8	11.0	19.2	31.9	23.6	32.0	28.0
Сорт, 'Black Veil', 3-17	2020	12.08	35.63	5.15	2.01	0.12	0.19	0.39	0.06
Сорт, 'McFarlin', 4-73	2020	12.79	36.21	6.25	3.07	0.09	0.27	0.43	0.07
<i>Oxycoccus macrocarpus</i> , в целом	2015–2020	11.40±0.16	31.43±1.24	4.30±0.14	2.49±0.09	0.08±0.01	0.20±0.01	0.30±0.01	0.08±0.004
Коэффициент вариации (V), %		8.3	23.3	19.3	21.4	74.0	29.6	19.7	29.6

* анализы выполнены в лаборатории фитохимии ЦСБС СО РАН.

Таблица 2. Достоверность различий показателей химического состава ягод клюквы, ЦСБС СО РАН, 2015–2020 гг.

Образцы, критерий Стьюдента	Сухое вещество, %	Аскорбиновая кислота, мг%	Сахара, %	Кислотность, %	Антоцианы, %	Пектины, %	Протопектины, %	Катехины, %
<i>Oxycoccus palustris</i>								
Форма Юрковская	12.82±0.90	61.38±3.91	2.51±0.27	4.00±0.44	0.05±0.01	0.11±0.02	0.14±0.04	0.09±0.01
'Virussaare'	11.84±0.24	36.19±4.77	4.72±0.60	2.83±0.27	0.04±0.01	0.13±0.04	0.15±0.04	0.08±0.01
Критерий Стьюдента	t _{факт.} =1.1 t _{геор.05} =2.4	t _{факт.} =4.1** t _{геор.01} =3.5	t _{факт.} =3.4* t _{геор.05} =2.4	t _{факт.} =2.3 t _{геор.05} =2.4	t _{факт.} =0.7 t _{геор.05} =2.4	t _{факт.} =0.4 t _{геор.05} =2.4	t _{факт.} =0.2 t _{геор.05} =2.4	t _{факт.} =0.7 t _{геор.05} =2.4
<i>Oxycoccus macrocarpus</i>								
'Bergman'	11.82±0.40	36.37±1.74	4.37±0.19	2.48±0.23	0.10±0.02	0.20±0.02	0.31±0.03	0.08±0.01
'Ben Lear'	11.35±0.19	29.18±2.38	4.30±0.24	2.57±0.17	0.08±0.01	0.19±0.01	0.29±0.02	0.09±0.01
Критерий Стьюдента	t _{факт.} =1.1 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =2.4* t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.2 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.3 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.9 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.4 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.6 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.7 t _{геор.05} =2.1
'Bergman'	11.82±0.40	36.37±1.74	4.37±0.19	2.48±0.23	0.10±0.02	0.20±0.02	0.31±0.03	0.08±0.01
'Pilgrim'	10.83±0.30	29.48±2.26	3.76±0.28	2.45±0.17	0.07±0.01	0.19±0.02	0.27±0.01	0.09±0.01
Критерий Стьюдента	t _{факт.} =2.0 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =2.4* t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =1.8 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.1 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =1.3 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.4 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =1.3 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.7 t _{геор.05} =2.1
'Bergman'	11.82±0.40	36.37±1.74	4.37±0.19	2.48±0.23	0.10±0.02	0.20±0.02	0.31±0.03	0.08±0.01
'Stevens'	11.59±0.47	31.19±3.74	4.68±0.23	2.45±0.21	0.07±0.01	0.19±0.02	0.35±0.05	0.08±0.01
Критерий Стьюдента	t _{факт.} =0.4 t _{геор.05} =2.2	t _{факт.} =1.3 t _{геор.05} =2.2	t _{факт.} =1.0 t _{геор.05} =2.2	t _{факт.} =0.1 t _{геор.05} =2.2	t _{факт.} =1.3 t _{геор.05} =2.2	t _{факт.} =0.5 t _{геор.05} =2.2	t _{факт.} =0.7 t _{геор.05} =2.2	t _{факт.} =0.0 t _{геор.05} =2.2
'Ben Lear'	11.35±0.19	29.18±2.38	4.30±0.24	2.57±0.17	0.08±0.01	0.19±0.01	0.29±0.02	0.09±0.01
'Pilgrim'	10.83±0.30	29.48±2.26	3.76±0.28	2.45±0.17	0.07±0.01	0.19±0.02	0.27±0.01	0.09±0.01
Критерий Стьюдента	t _{факт.} =1.5 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.1 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =1.5 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.5 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.7 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.0 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.9 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.0 t _{геор.05} =2.1
'Ben Lear'	11.35±0.19	29.18±2.38	4.30±0.24	2.57±0.17	0.08±0.01	0.19±0.01	0.29±0.02	0.09±0.01
'Stevens'	11.59±0.47	31.19±3.74	4.68±0.23	2.45±0.21	0.07±0.01	0.19±0.02	0.35±0.05	0.08±0.01
Критерий Стьюдента	t _{факт.} =0.5 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.5 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =1.1 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.4 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.7 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.0 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =1.0 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.7 t _{геор.05} =2.1
'Ben Lear'	11.35±0.19	29.18±2.38	4.30±0.24	2.57±0.17	0.08±0.01	0.19±0.01	0.29±0.02	0.09±0.01
'Pilgrim'	10.83±0.30	29.48±2.26	3.76±0.28	2.45±0.17	0.07±0.01	0.19±0.02	0.27±0.01	0.09±0.01
Критерий Стьюдента	t _{факт.} =1.4 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.4 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =2.5* t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.0 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.0 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.0 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.7 t _{геор.05} =2.1	t _{факт.} =0.7 t _{геор.05} =2.1
<i>Oxycoccus palustris</i>	12.27±0.43	47.38±5.33	3.73±0.51	3.35±0.31	0.05±0.005	0.12±0.02	0.15±0.03	0.08±0.01
<i>Oxycoccus macrocarpus</i>	11.40±0.16	31.43±1.24	4.30±0.14	2.49±0.09	0.08±0.01	0.20±0.01	0.30±0.01	0.08±0.004
Критерий Стьюдента	t _{факт.} =1.9 t _{геор.05} =2.0	t _{факт.} =2.9** t _{геор.01} =2.7	t _{факт.} =1.1 t _{геор.05} =2.0	t _{факт.} =2.7* t _{геор.05} =2.0	t _{факт.} =2.7* t _{геор.05} =2.0	t _{факт.} =3.6** t _{геор.01} =2.7	t _{факт.} =4.7*** t _{геор.001} =3.7	t _{факт.} =0.0 t _{геор.05} =2.0

У видов, сортов и форм клюквы отмечено сезонное колебание значений всех параметров химического состава ягод. Изменчивость показателей сухого вещества, аскорбиновой кислоты, сахаров, кислотности, пектинов, протопектинов и катехинов была выше у к. болотной (от $V=9.9$ до $V=56.6\%$), антоцианов – у к. крупноплодной ($V=74.0\%$). Высокий коэффициент вариации антоцианов у клюквы крупноплодной обусловлен незрелостью ягод в первые три года, когда плоды собирались в фазе «начало массового созревания». Наименее изменчивым признаком у обоих видов клюквы было сухое вещество ($V=8.3\%$ у клюквы крупноплодной и $V=9.9\%$ у клюквы болотной), а наиболее изменчивым – у клюквы болотной протопектины ($V=56.6\%$) и пектины (47.2%), а у к. крупноплодной антоцианы ($V=82.9\%$).

Изменчивость параметров химического состава ягод обусловлена также экологическими условиями, о чем свидетельствуют данные таблицы 1. Сорта, представленные под разными номерами, занимают разные местообитания. Полученные данные подтверждают выводы, сделанные нами ранее [17] о том, что одни и те же сорта к. крупноплодной в разных экологических условиях в один и тот же год сбора имеют разные показатели параметров химического состава.

Сравнение химических показателей ягод клюквы крупноплодной, выращенной на юге Западной Сибири (г. Новосибирск) и в более благоприятных южных (Белорусское Полесье) и северных (Белорусское Поозерье) районах Беларуси [23, 24], свидетельствует о том, что в Беларуси в плодах формируется больше аскорбиновой кислоты (соответственно, 53.36 и 56.34, против 31.43 ± 1.24 мг%), антоцианов (0.21, 0.15 и $0.08 \pm 0.01\%$), пектинов (0.37, 0.33 и $0.20 \pm 0.01\%$), протопектинов (0.59, 0.53 и $0.30 \pm 0.01\%$), катехинов (0.24, 0.17 и $0.08 \pm 0.004\%$), кислот (2.55, 3.11 и $2.49 \pm 0.09\%$) и сухих веществ (12.29, 11.65 и $11.40 \pm 0.16\%$). Это обусловлено более длинным вегетационным периодом в Беларуси, который позволяет ягодам максимально накопить полезные вещества. Однако в Сибири, вследствие более интенсивного солнечного излучения, в плодах накапливается в 3–4 раза больше сахаров (в среднем 4.30 ± 0.14 , максимум до 6.25, против 1.38 и 1.31%).

Выводы

Клюква болотная превосходит к. крупноплодную по содержанию в ягодах аскорбиновой кислоты и кислот, но уступает ей в накоплении антоцианов, пектинов и протопектинов. В сравнении с изученными образцами обоих видов, аборигенная клюква болотная накапливает наибольшее количество аскорбиновой кислоты и наименьшее – сахаров. По содержанию аскорбиновой кислоты раннеспелые сорта клюквы крупноплодной превосходят среднеспелые сорта и близки к позднеспелым. Разница в накоплении в плодах остальных ингредиентов как у клюквы болотной, так и у к. крупноплодной статистически недостоверна.

Изменчивость показателей сухого вещества, аскорбиновой кислоты, сахаров, кислотности, пектинов, протопектинов и катехинов была выше у к. болотной, антоцианов – у к. крупноплодной. Наименее изменчивым признаком у обоих видов клюквы было сухое вещество, а наиболее изменчивым – протопектины и пектины у клюквы болотной и антоцианы у к. крупноплодной.

По химическому составу ягод клюква болотная и к. крупноплодная перспективны для введения в культуру на юге Западной Сибири.

Выражаем благодарность старшему лаборанту лаборатории фитохимии ЦСБС СО РАН И.В. Шевцовой за оказанную помощь в проведении эксперимента.

Список литературы

1. Шапиро Д.К. Биохимический состав и лечебные свойства ягод // Клюква крупноплодная в Белоруссии. Минск, 1987. С. 188–199.
2. Буткус В.Ф., Горбунов А.Б., Черкасов А.Ф. Химический состав *Oxycoccus Hill*. Сообщение 2. *Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr. и *O. macrocarpus* (Ait.) Pers. // Растительные ресурсы. 1983. Т. 19, вып. 1. С. 125–129.
3. Рипа А.К. Интродукция североамериканской крупноплодной клюквы в Латвийской ССР // Состояние и перспективы развития редких садовых культур в СССР. Мичуринск, 1989. С. 76–81.
4. Буткус В.Ф., Горбунов А.Б., Черкасов А.Ф. Химический состав *Oxycoccus Hill*. Сообщение 1. *Oxycoccus palustris* Pers. // Растительные ресурсы. 1982. Т. 18, вып. 4. С. 561–573.
5. Черкасов А.Ф. Клюква на садовых участках. Кострома, 2001. 72 с.
6. Руш В.А., Лизунова В.В. Химический состав дикорастущих ягод Сибири // Продуктивность дикорастущих ягодников и их хозяйственное использование: материалы к Всесоюзному научно-производственному совещанию. Киров, 1972. С. 42–44.

7. Руш В.А., Лизунова В.В. Макро- и микроэлементы дикорастущих ягод Сибири // Продуктивность дикорастущих ягодников и их хозяйственное использование: материалы к Всесоюзному научно-производственному совещанию. Киров, 1972. С. 44–47.
8. Горбунов А.Б. Клюква // Интродукция нетрадиционных плодовых, ягодных и овощных растений в Западной Сибири. Новосибирск, 2013. С. 86–108.
9. Фёдорова В.С. Влияние географических условий и внешней среды на накопление витамина С в некоторых дикорастущих растениях Сибири // ДАН СССР. 1946. Т. 53. №4. С. 365–368.
10. Горбунов А.Б. Биологические особенности клюквы на юге Васюганья (в связи с интродукцией): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск, 1973. 16 с.
11. Осмоловская Е.В. Содержание молибдена в дикорастущих растениях Томской области // Микроэлементы в почвах, растительности и водах южной части Западной Сибири. Новосибирск, 1971. С. 86–89.
12. Муратов Ю.М. Редуцирующие сахара и антоцианы в дикорастущих ягодах Сибири // Исследование биологических ресурсов средней тайги Сибири. Красноярск, 1973. С. 59–63.
13. Муратов Ю.М. Ягоды как источник физиологически важных минеральных веществ // Исследование компонентов лесных биогеоценозов Сибири. Красноярск, 1976. С. 11.
14. Митрофанов Д.П., Муратов Ю.М. Географическая изменчивость химического состава клюквы // Клюква: материалы к научно-производственному совещанию. Вильнюс, 1977. С. 47–48.
15. Митрофанов Д.П. Некоторые вопросы изучения химического элементного состава недревесных лесных растительных ресурсов // Принципы и методы рационального использования дикорастущих полезных растений. Петрозаводск, 1989. С. 105–112.
16. Самолова Л.П., Софронова Н.Е., Ткачёва А.Т. Некоторые вопросы интродукции клюквы // Состояние и перспективы развития редких садовых культур в СССР. Мичуринск, 1989. С. 67–70.
17. Горбунов А.Б., Кукушкина Т.А. Изменение химического состава ягод клюквы крупноплодной в процессе хранения // Химия растительного сырья. 2019. №3. С. 85–93. DOI: 10.14258/jcrpm.2019024017.
18. 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.
19. Кривенцов В.И. Методические рекомендации по анализу плодов на биохимический состав. Ялта, 1982. 21 с.
20. Муравьева Д.А., Бубенчикова В.Н., Беликов В.В. Спектрофотометрическое определение суммы антоцианов в цветках василька синего // Фармация. 1987. №5. С. 28–25.
21. 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: материалы VII Международного съезда. СПб, 2003. С. 64–69.
22. Кривенцов В.И. Бескарбазольный метод количественного спектрофотометрического определения пектиновых веществ // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 1989. Т. 109. С. 128–137.
23. Рупасова Ж.А., Решетников В.Н., Василевская Т.И., Яковлев А.П., Павловский Н.Б. Формирование биохимического состава плодов видов семейства *Ericaceae* (Вересковые) при интродукции в условиях Беларуси. Минск, 2011. 307 с.
24. Рупасова Ж.А., Яковлев А.П. Фиторекультивация выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений севера Беларуси на основе возделывания ягодных растений семейства *Ericaceae*. Минск, 2011. 282 с.

Поступила в редакцию 11 декабря 2020 г.

Принята к публикации 14 октября 2021 г.

Для цитирования: Горбунов А.Б., Кукушкина Т.А. Динамика химического состава ягод интродуцированных сортов и форм клюквы в условиях Центрального Сибирского ботанического сада СО РАН // Химия растительного сырья. 2021. №4. С. 241–249. DOI: 10.14258/jcrpm.2021048977.

Gorbunov A.B.*, Kukushkina T.A. DYNAMICS OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF BERRIES OF INTRODUCED CULTIVARS AND FORMS OF CRANBERRIES IN THE CONDITIONS OF CENTRAL SIBERIAN BOTANICAL GARDEN SB RAS

Central Siberian Botanical Garden SB RAS, ul. Zolotodolinskaya, 101, Novosibirsk, 630090 (Russia),
e-mail: gab_2002ru@ngs.ru

The aim of the work was study of the variability of fruit chemical composition of *O. palustris* (2 samples) and *O. macrocarpus* (6 samples) cultivars and forms introduced in CSBG depending on the conditions of the year. Biochemical research of the content of dry substance, ascorbic acid, sugars, titratable acidity, anthocyanins, pectins, protopectins and catechins in berries of these samples were conducted. The chemical composition was analyzed by conventional methods.

O. palustris surpasses *O. macrocarpus* in the content of ascorbic acid and titratable acidity, but is inferior to it in the accumulation of anthocyanins, pectins and protopectins. In comparison with the studied samples of both species, the native *O. palustris* accumulates the greatest amount of ascorbic acid and the least amount of sugars. The early cultivars of *O. macrocarpus* exceeds the mid-season cultivars and are close to late-maturing ones in terms of ascorbic acid content. The difference in the accumulation of other ingredients in the fruits of both *O. palustris* and *O. macrocarpus* is not statistically significant. According to the chemical composition of berries, *O. palustris* and *O. macrocarpus* are promising for introduction in the South of Western Siberia.

Keywords: *Oxycoccus palustris* Pers., *O. macrocarpus* (Aiton) Pursh, dry substance, ascorbic acid, sugars, acids, anthocyanins, pectins, protopectins and catechins.

Referenses

1. Shapiro D.K. *Klyukva krupnoplodnaya v Belorussii*. [Large-fruited cranberries in Belarus]. Minsk, 1987, pp. 188–199. (in Russ.).
2. Butkus V.F., Gorbunov A.B., Cherkasov A.F. *Rastitel'nyye resursy*, 1983, vol. 19, no. 1, pp. 125–129. (in Russ.).
3. Ripa A.K. *Sostoyaniye iperspektivy razvitiya redkikh sadovykh kul'tur v SSSR*. [State and prospects for the development of rare garden crops in the USSR]. Michurinsk, 1989, pp. 76–81. (in Russ.).
4. Butkus V.F., Gorbunov A.B., Cherkasov A.F. *Rastitel'nyye resursy*, 1982, vol. 18, no. 4, pp. 561–573. (in Russ.).
5. Cherkasov A.F. *Klyukva na sadovykh uchastkakh*. [Cranberries in garden plots]. Kostroma, 2001, 72 p. (in Russ.).
6. Rush V.A., Lizunova V.V. *Produktivnost' dikorastushchikh yagodnikov i ikh khozyaystvennoye ispol'zovaniye: materialy k Vsesoyuznomu nauchno-proizvodstvennomu soveshchaniyu*. [Productivity of wild berries and their economic use: materials for the All-Union Scientific and Production Conference]. Kirov, 1972, pp. 42–44. (in Russ.).
7. Rush V.A., Lizunova V.V. *Produktivnost' dikorastushchikh yagodnikov i ikh khozyaystvennoye ispol'zovaniye: materialy k Vsesoyuznomu nauchno-proizvodstvennomu soveshchaniyu*. [Productivity of wild berries and their economic use: materials for the All-Union Scientific and Production Conference]. Kirov, 1972, pp. 44–47. (in Russ.).
8. Gorbunov A.B. *Introduktsiya netraditsionnykh plodovykh, yagodnykh i ovoshchnykh rasteniy v Zapadnoy Sibiri*. [Introduction of non-traditional fruit, berry and vegetable plants in Western Siberia]. Novosibirsk, 2013, pp. 86–108. (in Russ.).
9. Fodorova V.S. *DAN SSSR*, 1946, vol. 53, no. 4, pp. 365–368. (in Russ.).
10. Gorbunov A.B. *Biologicheskiye osobennosti klyukvy na yuge Vasyugan'ya (v svyazi s introduktsiyey): avtoref. dis. ... kand. biol. nauk*. [Biological features of cranberries in the south of Vasyuganya (in connection with the introduction): author. dis. ... Cand. biol. sciences]. Tomsk, 1973, 16 p. (in Russ.).
11. Osmolovskaya Ye.V. *Mikroelementy v pochvakh, rastitel'nosti i vodakh yuzhnoy chasti Zapadnoy Sibiri*. [Trace elements in soils, vegetation and waters of the southern part of Western Siberia]. Novosibirsk, 1971, pp. 86–89. (in Russ.).
12. Muratov Yu.M. *Issledovaniye biologicheskikh resursov sredney taygi Sibiri*. [Research of biological resources of the middle taiga of Siberia]. Krasnoyarsk, 1973, pp. 59–63. (in Russ.).
13. Muratov Yu.M. *Issledovaniye komponentov lesnykh biogeotsenozov Sibiri*. [Investigation of the components of forest biogeocenoses in Siberia]. Krasnoyarsk, 1976, p. 11. (in Russ.).
14. Mitrofanov D.P., Muratov Yu.M. *Klyukva: materialy k nauchno-proizvodstvennomu soveshchaniyu*. [Cranberry: materials for a scientific and industrial meeting]. Vil'nyus, 1977, pp. 47–48. (in Russ.).
15. Mitrofanov D.P. *Printsipy i metody ratsional'nogo ispol'zovaniya dikorastushchikh poleznykh rasteniy*. [Principles and methods of rational use of wild-growing useful plants]. Petrozavodsk, 1989, pp. 105–112. (in Russ.).
16. Samolova L.P., Sofronova N.Ye., Tkachova A.T. *Sostoyaniye i perspektivy razvitiya redkikh sadovykh kul'tur v SSSR*. [State and prospects for the development of rare garden crops in the USSR]. Michurinsk, 1989, pp. 67–70. (in Russ.).
17. Gorbunov A.B., Kukushkina T.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 3, pp. 85–93. DOI: 10.14258/jcprm.2019024017. (in Russ.).
18. Yermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P., Peruanskiy Yu.V., Lukovnikova G.A., Ikonnikova M.I. *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy*. [Biochemical research methods of plants]. Leningrad, 1987, 430 p. (in Russ.).
19. Kriventsov V.I. *Metodicheskiye rekomendatsii po analizu plodov na biokhimicheskiy sostav*. [Methodical recommendations for the analysis of fruits for biochemical composition]. Yalta, 1982, 21 p. (in Russ.).
20. Murav'yeva D.A., Bubenchikova V.N., Belikov V.V. *Farmatsiya*, 1987, no. 5, pp. 28–25. (in Russ.).
21. Kukushkina T.A., Zykov A.A., Obukhova L.A. *Aktual'nyye problemy sozdaniya novykh lekarstvennykh preparatov prirodnoy proiskhozhdeniya: materialy VII Mezhdunarodnogo s'yezda*. [Actual problems of creating new medicines of natural origin: materials of the VII International Congress]. St.-Petersburg, 2003, pp. 64–69. (in Russ.).

* Corresponding author.

22. Kriventsov V.I. *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*, 1989, vol. 109, pp. 128–137. (in Russ.).
23. Rupasova Zh.A., Reshetnikov V.N., Vasilevskaya T.I., Yakovlev A.P., Pavlovskiy N.B. *Formirovaniye biokhimicheskogo sostava plodov vidov semeystva Ericaceae (Vereskovyye) pri introduktsii v usloviyakh Belarusi*. [Formation of the biochemical composition of fruits of the species of the family Ericaceae (Heathers) when introduced in Belarus]. Minsk, 2011, 307 p. (in Russ.).
24. Rupasova Zh.A., Yakovlev A.P. *Fitorekul'tivatsiya vybyvshikh iz promyshlennoy ekspluatatsii torfyanykh mestorozhdeniy severa Belarusi na osnove vozdeleyvaniya yagodnykh rasteniy semeystva Ericaceae*. [Phytoremediation of abandoned peat deposits in the north of Belarus based on the cultivation of berry plants of the Ericaceae family]. Minsk, 2011, 282 p. (in Russ.).

Received December 11, 2020

Accepted October 14, 2021

For citing: Gorbunov A.B., Kukushkina T.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 4, pp. 241–249. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2021048977.

