

ПИТАТЕЛЬНЫЕ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА ЯГОД И ЛИСТЬЕВ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ (*RIBIS NIGRUM* L.) В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

С.А.Стрельцина, О.А. Тихонова

Изучено 82 образца черной смородины из коллекции ВИР им. Н.И.Вавилова по основным биохимическим признакам качества ягод. Выделены образцы с улучшенными показателями химического состава для использования в селекции. Выявлены корреляционные связи между содержанием отдельных химических веществ. Установлено, что листья черной смородины отличаются высоким содержанием Р-активных веществ, в десятки раз превышающим их содержание в ягодах.

Введение

Черная смородина (*Ribis nigrum* L.) – широко распространенная, урожайная ягодная культура, имеющая плоды, питательные и витаминные свойства которых трудно переоценить. Ягоды черной смородины являются источником благоприятно сбалансированных сахаров с высоким содержанием глюкозы и фруктозы и низким сахарозы. В них найдены органические кислоты, оказывающие стимулирующее действие на секреторную деятельность поджелудочной железы и перистальтику кишечника [1,2], каротин, витамины группы В, Д, Е, и К, пектиновые вещества, эфирные масла, минеральные соли и микроэлементы [3]. Важной особенностью химического состава ягод является наличие в них фенольных соединений (Р-активных веществ), имеющих самое разнообразное воздействие на целый ряд жизненно важных функций организма человека.

Главным и неоспоримым достоинством ягод черной смородины является высокое содержание в них аскорбиновой кислоты (АК) при низком содержании разрушающих ее ферментов [4]. Витамины С (АК) и Р являются синергистами. Благоприятное их сочетание является очень важным для человека, организм которого не способен синтезировать ни то ни другое соединения [5, 6].

Ягоды смородины способствуют выведению из организма радионуклидов и солей тяжелых металлов, снижают частоту вредных мутаций, подавляют активность свободных радикалов, повреждающих генетический аппарат человека и стимулирующих развитие многих опасных заболеваний [7].

Оценка ягод черной смородины по содержанию биологически активных веществ и, прежде всего, по содержанию АК, является важным направлением совершенствования сортимента этой культуры в XXI веке [8]. Следовательно, селекция черной смородины наряду с другими важнейшими требованиями, предъявляемыми к новым сортам, должна обеспечить также наличие высокого уровня накопления питательных и биологически активных веществ в плодах создаваемых сортов.

Задача наших исследований заключалась в оценке химического состава новых сортов черной смородины с целью выделения лучших из них как по отдельным показателям, так и по комплексу их для дальнейшего использования в селекции.

Материал и методы

Изучение химического состава ягод черной смородины проводили в лаборатории биохимии ГНЦ ВНИИ растениеводства им. Н.И.Вавилова (Санкт-Петербург). Объектами исследования служили образцы генофонда черной смородины Павловской опытной станции ВИР (г.Павловск, в 30 км южнее Санкт-Петербурга). Содержание питательных и биологически активных веществ определяли методами, принятыми в отделе биохимии ВИР. Массу сухих веществ – весовым методом, содержание моно- и суммы сахаров – по методу Бертрана, аскорбиновой кислоты – титрованием краской Тильманса, общую кислотность - титрованием экстракта раствором щелочи [9] у 82 образцов. Состав фенольных соединений определяли в спиртовых экстрактах ягод (23 сорта) и листьев (27 сортов). Содержание оксикоричных кислот и флавонолов определяли хроматографическим (двумерная бумажная хроматография) и спектрофотометрическими методами, катехинов и проантоцианидинов – методом быстрого фракционирования на колонках полиамида [10]. Пектиновые вещества определяли карбазольным методом [9] у 24 сортов.

В зависимости от генетического происхождения исследуемые сорта были сгруппированы следующим образом:

Таблица 1.

Группы сортов с учетом генетического происхождения

№ группы	Генетическая группа	Кол-во образцов в группе
I	<i>Ribes nigrum subsp. europaeum</i> Jancz.	5
II	<i>R. nigrum subsp. sibiricum</i> Wolf E.	1
III	<i>R. nigrum subsp. europaeum</i> x <i>R. nigrum subsp. sibiricum</i>	6
IV	<i>R. nigrum subsp. europaeum</i> x <i>R. nigrum subsp. sibiricum</i> x <i>R. dikuscha</i>	28
V	<i>R. nigrum subsp. europaeum</i> x <i>R. nigrum subsp. sibiricum</i> x <i>R. dikuscha</i> x скандинавский экотип <i>R. nigrum</i>	18
VI	<i>R. nigrum subsp. europaeum</i> x <i>R. dikuscha</i>	5
VII	<i>R. nigrum subsp. europaeum</i> x <i>R. dikuscha</i> x скандинавский экотип <i>R. nigrum</i>	3
VIII	<i>R. nigrum subsp. europaeum</i> x скандинавский экотип <i>R. nigrum</i>	4
IX	Скандинавский экотип <i>R. nigrum</i>	5
X	<i>R. nigrum subsp. europaeum</i> x <i>R. ussuriense</i>	2
XI	<i>R. nigrum</i> x <i>R. dikuscha</i> x <i>R. ussuriense</i>	1
XII	<i>R. nigrum</i> x <i>R. ussuriense</i> x скандинавский экотип <i>R. nigrum</i>	1
XIII	<i>R. nigrum subsp. europaeum</i> x <i>R. dikuscha</i> x <i>R. odoratum</i>	1
XIV	<i>Ribes</i> L. x <i>Grossularia</i> (Tourn.) Mill.	2

Результаты и обсуждение

Анализ общего химического состава ягод 82 образцов черной смородины позволил выявить существенные различия по содержанию в них сухих веществ, сахаров, кислот и витамина С.

Установлено, что в условиях Ленинградской области ягоды черной смородины накапливают в среднем 19,2% сухих веществ, с колебаниями в зависимости от сорта, от 13,7 до 24,8%. Повышенным содержанием сухих веществ отличались сорта Катерина (24,8%), Бирюлевская (24,6%), являющиеся представителями IV генетической группы, а также Тимирязевская (23,7%, группа I), образец 37-5 (23,7%, группа IX), Нежданчик (23,3%, группа V) и др. В ягодах сортов Ожебун, Сеянец Голубки, Бинар и Велой, служивших контролем (К) содержание сухих веществ составило 19,8%, 16,5%, 20,1%, 19,2% соответственно.

Содержание сахаров, по нашим данным, варьировало в пределах 4,4 (Hedda) – 14,2% (Бирюлевская). Более 10% сахаров содержали ягоды 39 сортов (47,6% от числа изученных образцов). Повышенной сахаристостью отличались ягоды сортов Бирюлевская (14,2%, группа IV); Нежданчик (14,1%), Дружба (13,9, группа V), Тимирязевская (13,8, группа I). В ягодах контрольных сортов эта величина находилась в пределах 9,9-10,6%.

Высоким содержанием в плодах сухих веществ и сахаров характеризовались сорта Александрина, Тимирязевская (группа I), Белорусская Сладкая, Бирюлевская, Катерина, Памяти Веры Хоружей, Сартай (IV), Бурая Дальневосточная (III), Деликатес, Дружба, Зеленая Дымка, Изборская, Петербурженка (V) и другие.

Содержание свободных кислот (титруемая кислотность) у ягод изучаемых сортов варьировало в пределах от 0,8% у сорта Hedda до 4,3% (Краса Алтая). Наименьшая кислотность отмечена в ягодах сортов Вечерняя Заря (1,2%), Церера (2,1%, группа IV), Загадка (1,2%, группа III), Маленький Принц (1,8%, группа V), Vertti (1,9%), 37-5 (2,4%, группа IX), Тимирязевская (2,3%, группа I).

Содержание АК в ягодах изучаемых сортов составило в среднем 151,5 мг/100г и варьировало в широких пределах - от 99,5 мг/100г (Кастичай) до 242,7 мг/100г (Славута). В ягодах смородинно-крыжовниковых гибридов Josta и Krota витамина С содержалось лишь 80,8 мг/100г. Более 200мг/100г АК содержали ягоды 7 сортов: Славута (242,7 мг/100г, группа III), 32-123 (233,7 мг/100г, IX); Катерина (241,8 мг/100г), Белорусская Сладкая (232,7 мг/100г), Медведица (215,6 мг/100г, IV); Аконитолестная (226,4) мг/100г, I), Сакалай (210,8 мг/100г, VI). Относительно высокое содержание аскорбиновой кислоты (180,8 – 200 мг/100 г) отмечено в ягодах сортов, относящихся к разным генетическим группам: Бирюлевская и Сюита Киевская, несущих гены европейского, сибирского подвидов смородины черной и смородины дикуши (IV); Дружба и Нежданчик, отнесенных к генетической группе V; представителя европейского

подвида сорта Кировчанка (I); сортов, являющихся производными европейского подвида смородины черной и смородины уссурийской – Ben Lomond и Ben Nevis (X); а также сорта Витаминная Ранняя, полученного с участием R.odoratum (XIII). Уровень накопления АК в ягодах контрольных сортов находился в пределах 139,9 – 147,9 мг/100 г. По сочетанию высокого содержания аскорбиновой кислоты и сахаров выделились Белорусская Сладкая, Катерина, Медведица (IV); Изборская (V), Славута (III), 32-123 (IX).

Гармоничность вкуса во многом определяется соотношением в плодах сахара и кислоты. Сахаро-кислотный индекс, служащий основным показателем вкусовых качеств, относительно высок у сортов, относящихся к разным генетическим группам - Изборская (индекс 4,8), Трилена (4,8), Нежданчик (4,7), Деликатес (4,7) – группа V; Церера (4,9), Бирюлевская (4,7), Белорусская Сладкая (4,2), Сартай (4,1) - группа IV; Ben Nevis (4,8 - X). Наиболее высок этот показатель у сортов Дружба (5,8 – группа V), Маленькая (5,2 – VI), Катерина (5,3 – IV), 32-123 (5,1 – I). Низкий сахаро-кислотный индекс имеют сорта Краса Алтая (1,6), Плодородная ЛСХИ (2,2 – IV); Сакалай (2,1 – VI), Володинка (2,5 – VII).

Таблица 2.

Химический состав ягод черной смородины основных генетических групп
Павловская опытная станция ВИР, 1986-1998, 2002-2006 гг.

Генетическая группа	Кол-во образцов в группе	Сухое вещество, % <u>среднее</u> min.-max.	Сахара, %		АК, мг на 100 г <u>среднее</u> min.-max.	Титруемая кислотность, % <u>среднее</u> min.-max.
			Σ <u>среднее</u> min.-max.	в т.ч. сахара <u>среднее</u> min.-max.		
1	2	3	4	5	6	7
I	5	20,5 16,2-25,0	11,2 7,5-15,2	1,3 0,1-1,8	183,7 76,8-255,0	2,8 1,9-3,9
III	6	19,1 15,6-25,5	9,9 7,4-14,0	0,9 0,1-2,1	159,7 105,5-297,5	3,0 1,0-3,5
IV	28	18,9 13,5-25,3	10,0 5,7-14,9	0,9 0,0-3,2	158,1 89,1-293,6	2,9 0,7-4,8
V	18	20,2 13,4-28,1	11,6 7,0-16,4	1,6 0,0-2,7	155,2 50,9-264,9	2,7 1,4-4,1
VI	5	18,6 14,2-24,8	9,8 7,6-13,8	0,5 0,0-1,4	128,2 40,6-246,9	3,2 2,0-3,9
VII	3	18,2 14,2-24,0	8,6 5,1-11,9	0,7 0,0-2,3	159,7 63,5-228,2	2,9 2,2-4,0
VIII	4	18,8 16,0-24,5	8,9 5,3-14,0	1,8 0,8-3,6	143,6 99,1-215,6	2,8 2,0-3,6

1	2	3	4	5	6	7
IX	5	20,7	9,7	2,1	162,2	2,0
		18,5-26,9	4,4-16,9	0,8-6,9	112,0-260,0	0,8-3,0
X	2	21,8	10,8	1,4	191,9	2,8
		20,7-23,9	9,8-13,2	0,0-2,8	155,4-238,4	2,8-3,7
XIY	2	16,3	8,65	0,5	80,8	2,9
		13,6-17,7	8,6-8,7	0,3-0,7	59,8-126,9	2,9-3,0

В таблице 2 приведены данные по химическому составу ягод основных генетических групп черной смородины. В пределах всех рассматриваемых групп существуют сорта с разным уровнем накопления химических веществ. Однако в группе сортов – производных европейского подвида смородины черной (I) подавляющее большинство изученных сортов характеризуется повышенным содержанием сахаров, сухих веществ и относительно высоким уровнем накопления АК. Близкие к ним концентрации указанных веществ наблюдаются в группе производных *R.nigrum subsp.europaeum* x *R.ussuriense*, в которую вошли Ben Nevis и Ben Lomond. Представители наиболее многочисленных групп IV и V имеют близкие значения по уровню накопления АК (158,1 и 155,2 мг/100г соответственно) и незначительно различаются по содержанию сахаров и сухих веществ. Группа сортов, являющихся производными скандинавского подвида (IX), характеризуется повышенным содержанием сухих веществ и средним - сахаров и АК.

В пределах всех рассматриваемых генетических групп не выявлено значительной вариабельности по содержанию сухих веществ. Коэффициент вариации изменялся от незначительных ($V=0,9-9,9\%$) до средних значений ($V=10,1-19,5\%$). Варьирование содержания сахаров в зависимости от года у большинства изученных сортов также было незначительным и составило 2,6 (Дочка) – 18,4% (Бурая Дальневосточная). Для большинства изученных сортов была характерна умеренная изменчивость признака ($V = 11,2 - 18,8\%$). Самые низкие значения коэффициента вариации (2,6-5,4) имели сорта Бинар, Арамильская, Тимирязевская, Церера, Черный Жемчуг, Сакалай, Зеленая Дымка, Боровчанка, Лама. Наибольшая вариабельность ($V = 23,8-28,3\%$) отмечена у сортов Загадка, Володинка, Федоровская, Минай Шмырев, Triton.

Содержание свободных кислот также характеризовалось незначительными (0,88 – 8,8%) или умеренными (10,2 – 19,7%) колебаниями. Значительная вариабельность признака ($V = > 30\%$) отмечена у единичного числа сортов – Медведица, Церера (IV), Маленький Принц, Чернавка (V).

Уровень накопления АК отличался значительной вариабельностью. У большинства изученных сортов коэффициент вариации составил: $V = 22,2-50,7\%$. Незначительными изменениями содержания витамина С по годам характеризовались лишь единичные сорта - Багира, Добрая, Памяти Веры Хоружей, Свиряй. Умеренные колебания ($V = < 20\%$) отмечены у

сортов Длиннокистная Поздняя, Боровчанка, Вера, Сакалай, Белорусская Сладкая, Федоровская, Катюша, Несравненная ЦГЛ, Минай Шмырев, Трилена, Петербурженка, Памяти Бардова, Поэзия, Черный Жемчуг, Лентяй, Витаминная Ранняя.

Наибольшей стабильностью всех изученных химических веществ по годам характеризовались сорта Боровчанка (группа VIII); Славута, Вера, Бинар (III); Сакалай (VI); Лазурь (VII); Белорусская Сладкая, Свиряй, Плодородная ЛСХИ, Памяти Веры Хоружей, Катюша, Наследница (IV); Трилена (V).

Ягоды черной смородины являются богатым источником фенольных соединений, в значительной степени определяющим их вкусовые, пищевые и лечебные достоинства [11]. Изучение качественного состава Р-активных веществ в ягодах черной смородины показало наличие в них флаванов (свободных и конденсированных катехинов, проантоцианидинов), фенолкарбоновых кислот (хлорогеновая и пара-кумароилхинные кислоты). Кроме того, обнаружены пять минорных производных кофейной и четыре пара-кумаровой кислоты, а также флавонолы, представленные в основном гликозидами кверцетина (рутином, гиперинном, изокверцитрином). У некоторых сортов найдены гликозиды кемпферола и мирицетина. Во всех сортах присутствовал неидентифицированный гликозид флавоноида, характерного для крыжовника. В ягодах смородинно-крыжовниковых гибридов Josta и Kroma найден неидентифицированный гликозид халкона [12].

При исследовании количественного состава биофлавоноидов ягод выявлено, что содержание флавонолов в ягодах черной смородины относительно невелико – 6,9 – 32,1 мг/100г (табл.3). По уровню накопления этих веществ выделились сорта Вечерняя Заря (32,1 мг/100г), Маленький Принц (27,9), Володинка (25,0), Бурая ДВ (24,9), Чернавка (24,6), Черный Жемчуг (21,1), Поэзия (21,0), Дочка (20,5). В ягодах контрольного сорта Бинар флавонолов содержалось 19,3 мг/100 г.

Таблица 3.

Биофлавоноиды ягод черной смородины
Павловская опытная станция ВИР (1995-1996, 1998, 2002-2006 гг.)

Сорт	∑ флавонолов мг/100г	∑ ОКК, мг/100 г	Флаваны, мг/100 г				∑ биофлавоноидов
			свободные катехины	проантоцианидины	конденсированные катехины	∑ флаванов	
1	2	3	4	5	6	7	8
Вечерняя Заря	32,1	77,8	80,1	198,0	80,1	358,2	468,1
Володинка	25,0	36,6	101,3	102,5	164,5	368,3	429,9
Бинар (К)	19,3	37,0	78,0	107,7	142,6	328,3	384,6
Чернавка	24,6	43,3	71,1	166,2	77,8	315,1	383,0
Лазурь	17,8	29,3	77,6	74,1	179,3	331,3	378,1
Маленький Принц	27,9	30,0	72,8	129,7	99,0	301,5	359,4

1	2	3	4	5	6	7	8
Татьянин День	17,7	37,1	73,0	123,2	82,2	278,4	333,2
Ажурная	13,3	35,8	63,8	131,2	88,4	283,4	332,5
Ben Sarek	10,7	24,6	64,6	178,8	53,6	297,0	332,3
Дубровская	18,8	54,2	66,6	63,1	126,3	256,0	329,0
Бурая ДВ	24,9	38,4	63,9	68,1	110,6	242,6	305,9
Александрина	17,7	43,5	73,7	97,6	76,5	247,8	309,0
Багира	19,3	49,5	57,5	44,1	121,0	222,6	291,4
Велой	19,1	37,8	44,0	62,9	124,7	231,6	288,5
Черный Жемчуг	21,1	45,8	54,6	71,3	94,3	220,2	287,1
Пилот А.Мамкин	14,4	50,3	56,7	36,6	121,9	215,2	279,9
Церера	16,4	41,1	54,1	65,6	94,8	214,5	272,0
Тамерлан	9,1	29,6	67,7	121,8	40,2	229,7	268,4
Клуссоновская	16,9	23,7	60,7	47,9	99,5	208,1	248,7
Поэзия	21,0	51,3	45,9	49,4	58,2	153,5	225,8
Лентяй	10,1	30,5	37,9	43,9	77,6	159,4	200,0
Josta	6,9	29,5	17,7	7,9	67,0	92,6	129,0
Kroma	8,4	24,6	12,3	18,1	30,7	61,1	94,1
Среднее	17,9±1,3	39,2±2,6	60,7±4,1	87,4±10,6	96,1±7,7	244,2±16,2	301,3±18,1
Min. – max.	6,9-32,1	23,7-77,8	12,3-101,3	7,9-198,0	30,7-179,3	61,1-368,3	94,1- 468,1

Оксикоричных кислот (ОКК) в ягодах смородины накапливается умеренное количество – 23,7-77,8 мг/100г. Однако известно, что минорные компоненты ОКК могут обладать высокой биологической активностью даже при невысокой концентрации [13]. По наибольшему суммарному содержанию ОКК (49,5-77,8 мг/100г) выделились сорта Багира, Пилот Александр Мамкин, Поэзия, Дубровская, Вечерняя Заря (табл. 3).

Среди изученных Р-активных веществ в ягодах черной смородины преобладала группа флаванов (табл.3). Суммарное их количество находилось в пределах 61,1-368,3 мг/100 г, составляя в среднем 244,2 мг/100г. Больше всего этих веществ найдено в ягодах сортов Володинка (368,3 мг/100г), Вечерняя Заря (358,2), Лазурь (331,3), Бинар (328,3), Чернавка (315,1), Маленький Принц (301,5), Ben Sarek (297,0). Среди веществ этой группы преобладают конденсированные катехины. В зависимости от сорта содержание их составляет 30,7 мг/100г (Крома) - 179,3 мг/100г (Лазурь). Высоким уровнем накопления этих веществ характеризовались сорта Лазурь (179,3), Володинка (164,5), Бинар (К) (142,6 мг/100г), Дубровская (126,3), Велой (124,7), Пилот Александр Мамкин (121,9), Багира (121,0), Буря Дальневосточная (110,6).

Содержание проантоцианидинов варьирует от 7,9 мг/100г (Josta) до 198,0 мг/100г (Вечерняя Заря); свободных катехинов - от 12,3 (Крома) до 101,3 мг/100г (Володинка).

Суммарное содержание Р-активных веществ в ягодах черной смородины составляет в среднем 301,3 мг/100г с диапазоном варьирования от 94,1 до 468,1 мг/100г. Наиболее богаты биофлавоноидами ягоды сортов Вечерняя Заря (468,1), Володинка (429,9), Бинар (384,6),

Чернавка (383,0), Лазурь (378,1), Маленький Принц (359,4), Татьянин День (333,2), Ажурная (332,5), Ben Sarek (332,3). Минимальное их количество накапливают ягоды смородинно-крыжовниковых гибридов Kroma и Josta (94,1 и 129,0 мг/100г соответственно).

Проведенный корреляционный анализ компонентов химического состава позволил выявить положительные и отрицательные корреляционные связи между отдельными компонентами (рис.1). Наиболее существенные положительные взаимосвязи найдены между следующими веществами: сумма флаванов положительно коррелирует с содержанием АК ($r = 0,52$) и суммой флавонолов ($r=0,6$); содержание сахаров находится в тесной взаимосвязи с количеством сухих веществ ($r = 0,66$) и суммой ОКК ($r = 0,5$). Положительные корреляционные

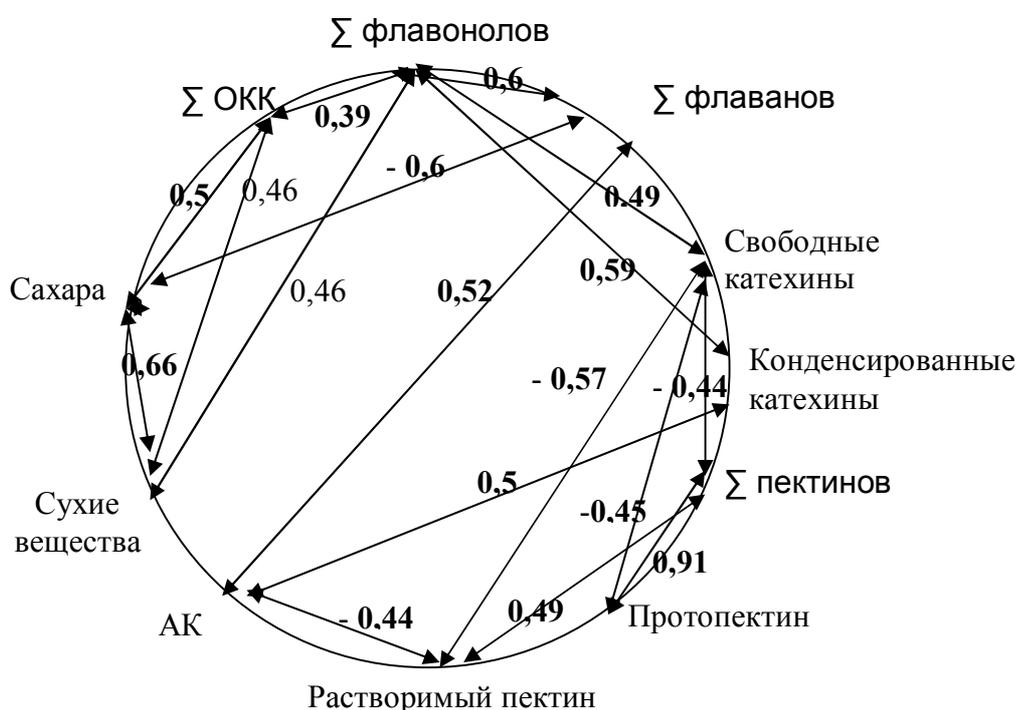


Рис.1. Корреляционные связи между компонентами химических веществ ягод смородины

связи найдены между содержанием конденсированных катехинов и суммарным количеством флавонолов ($r = 0,59$). Умеренная положительная корреляция существует между содержанием конденсированных катехинов и уровнем накопления АК ($r = 0,5$). Отрицательные корреляционные связи выявлены между суммарным содержанием флавонолов и суммой сахаров ($r = -0,6$), а также между количеством свободных катехинов и растворимым пектином ($r = -0,57$).

У черной смородины ценными являются не только ягоды, но практически все части растения, в особенности, листья. Благодаря богатству химического состава они могут служить

прекрасным сырьем для консервной, парфюмерной и фармацевтической промышленности. Исследование качественного состава и количественного содержания биофлавоноидов листьев показало, что они содержат большее число компонентов флавонолов (до 9), но меньшее – фенолкарбоновых кислот (до 4) по сравнению с ягодами.

По нашим данным, Р-активные вещества листьев представлены гликозидами кемпферола, мирицетина, кверцетина, оксикоричными кислотами и флаванами. Среди флавонолов, содержащихся в листьях, в количественном отношении преобладают гликозиды изокверцитрина, за ними следуют гликозиды кемпферола. Мирицетин содержится в листьях в небольших количествах. Листья сортов Александрина, Черный Жемчуг содержат неидентифицированный флавоноид, не найденный в других сортах.

Таблица 4.

Основные биофлавоноиды листьев черной смородины.
Павловская опытная станция ВИР (1994-1995 гг.)

Название образца	∑флавонолов, мг/100 г	∑ОКК, мг/100 г	Флаваны, мг/100 г			∑биофлавоноидов, мг/100 г
			свободные катехины	проантоцианидины	конденс. катехины	
1	2	3	4	5	6	7
<i>R.ussuriense</i> Jancz.	472,6	0,0	941,2	1537,2	4414,5	7365,5
Богатая	968,3	385,9	728,1	786,9	3591,8	6461,0
Несравненная ЦГЛ	650,6	318,8	698,5	2174,0	2273,5	6115,4
Лазурь	763,9	416,8	695,9	944,3	3279,9	6100,8
Багира	826,9	53,1	739,5	658,8	3578,5	5856,8
Ожебун	654,2	0,0	469,9	541,7	3558,5	5224,3
Вродтог	474,4	52,9	717,1	936,9	3042,3	5223,6
П-ти Веры Хоружей	838,4	77,9	356,1	1459,1	2356,5	5088,0
Приморский Чемпион	233,7	318,5	683,5	1041,9	2538,9	4816,5
Московская	719,6	142,2	591,6	579,7	2741,1	4774,2
Александрина	894,5	346,2	786,0	706,3	1989,9	4722,9
Володинка	794,8	183,9	454,2	890,1	2296,6	4619,6
Зеленая Дымка	821,8	70,5	444,7	746,6	2522,1	4605,7
Дубровская	794,6	372,2	510,5	700,3	1939,8	4317,4
Triton	997,2	199,9	408,4	800,3	1876,6	4282,4
Голубка	811,3	135,4	313,7	614,9	1972,8	3848,1
Белорусская Сладкая	662,4	0,0	326,7	500,2	2299,5	3788,8
Витаминная Ранняя	537,8	0,0	341,6	956,5	1758,5	3594,4
Минай Шмырев	642,3	125,0	328,7	1368,8	1003,2	3468,0
Пилот А.Мамкин	667,1	0,0	255,5	500,7	1957,6	3380,9
Josta	614,8	46,7	268,9	1712,9	323,5	2966,8
Бинар (К)	517,2	54,2	199,2	1093,1	1101,6	2965,3
Церера	757,5	281,6	126,9	207,4	1574,6	2948,0
Буряя ДВ	669,1	0,0	160,6	734,4	1197,3	2761,4

1	2	3	4	5	6	7
Ленинградский Великан	628,9	381,8	243,0	297,7	1178,5	2729,9
Черный Жемчуг	695,3	15,4	124,8	162,9	1637,6	2636,0
Лентяй	705,9	0,0	117,3	574,6	553,9	1951,7
Среднее	696,9	147,4	445,6	860,3	2168,9	4319,0
Min.	233,7	0	117,3	162,9	323,5	1951,7
Max.	997,2	416,8	941,2	2174,0	4414,5	7365,5

Суммарное количество Р-активных веществ в листьях составляет в среднем 4319,0 мг/100г, изменяясь в зависимости от образца: от 1951,7 (Лентяй) до 7365,5 (*R.ussuriense*). По количественному содержанию в листьях черной смородины, как и в ягодах, преобладают флаванолы (табл.4). В среднем в листьях их накапливается 3474,8 мг/100г. Минимальное количество этих веществ содержится в листьях сорта Лентяй (1245,8), максимальное – 6892,9 мг/100г найдено в листьях видового образца *R. ussuriense*. Среди флаванолов листьев преобладают конденсированные катехины. Содержание их в листьях в 10-27 раз выше, чем в ягодах (табл. 3, 4). Наибольшее количество конденсированных катехинов обнаружено в листьях сортов Лазурь (3279,9 мг /100г), Ожебун (3558,5), Богатая (3591,8), Багира (3578,5), *R. ussuriense* (4414,5).

Количество свободных катехинов листьев колеблется от 117,3 мг/100 г (Лентяй) до 786 (Александрина); проантоцианидинов – от 162,9 (Черный Жемчуг) до 2174 (Несравненная ЦГЛ). Содержание указанных веществ в листьях ряда сортов (Богатая, Александрина, Багира, Московская, Черный Жемчуг, Ленинградский Великан) имеют близкие значения.

В зависимости от сорта содержание ОКК варьирует от 0,0 до 416,8 мг/100г. Наибольшее их количество содержат листья сортов Несравненная ЦГЛ (318,8 мг/100г), Дубровская (372,2), Александрина (346,2), Лазурь (416,8), Богатая (385,9), Ленинградский Великан (381,8). В листьях образцов Лентяй, Бурая Дальневосточная, Пилот А. Мамкин, Белорусская Сладкая, Витаминная Ранняя и *R. ussuriense* оксикоричных кислот не обнаружено. У всех исследованных образцов, за исключением сортов Багира и Бинар, суммарное количество ОКК листьев также превосходит таковое в ягодах (табл.3,4).

Суммарное количество флавонолов находится в пределах от 233,7 мг/100г (Приморский Чемпион) до 997,2 (Тритон). Больше всего их содержится в листьях сортов Богатая (968,3), Александрина (894,5), Памяти Веры Хоружей (838,4) и Багира (826,9).

Проведенный корреляционный анализ основных биофлавоноидов ягод и листьев черной смородины позволил выявить слабую обратную зависимость между суммарным содержанием флавонолов ягод и количеством проантоцианидинов листьев ($r = - 0,4$), а также суммарной концентрацией ОКК ягод с количеством проантоцианидинов листьев ($r = - 0,5$). Положительная корреляционная зависимость существует между суммарным количеством

флавонолов ягод и количеством конденсированных катехинов листьев ($r = 0,5$). Слабая положительная связь ($r = 0,52$) установлена между концентрациями свободных катехинов ягод и конденсированных катехинов листьев (рис. 2).

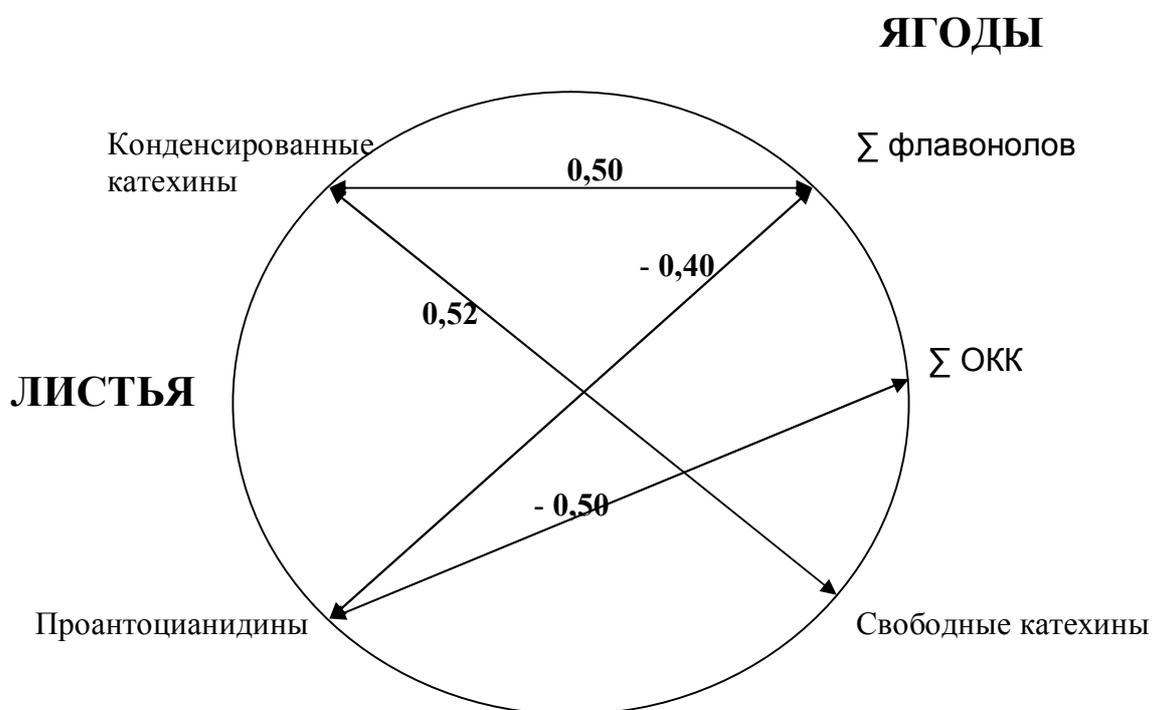


Рис. 2. Корреляционные связи между отдельными компонентами Р-активных веществ ягод и листьев смородины

Черная смородина отличается способностью синтезировать значительные количества пектиновых веществ [14]. Пектины ягод черной смородины обладают хорошей желирующей способностью, что позволяет использовать их в консервной и пищевой промышленности. Важным свойством пектинов является их способность адсорбировать бактериальные токсины, ионы тяжелых металлов, в том числе и радионуклиды [15]. Пектиновые вещества обладают также способностью связывать и выводить из организма холестерин [4], предупреждая развитие атеросклероза. Еще одним важным достоинством этих веществ является способность предотвращать окисление аскорбиновой кислоты и катехинов в свежих плодах [14].

Изучение содержания пектиновых веществ в ягодах 24-х сортов черной смородины показало, что в условиях Ленинградской области суммарное содержание пектинов в плодах составляет в среднем 0,90% с варьированием от 0,38 до 1,30% в зависимости от генотипа образца и внешних условий (табл.5).

Наибольшим уровнем накопления пектиновых веществ характеризовались сорта Mortti (1,30%), Vertti (1,29%), Дочка (1,16%), Зональная (1,15%), Бинар (К) (1,12%), Josta (1,09%),

Купалинка (1,06%), Зеленая Дымка (1,02%). Высокая стабильность накопления пектиновых веществ по годам отмечена у сортов Josta, Vertti, Володинка и Mortti. Коэффициент вариации (V) в этом случае был незначителен и составил 2,9-8,5%. В отличие от них сорта Зональная, Купалинка и Зеленая Дымка, также характеризующиеся высоким содержанием пектиновых веществ, имели значительный уровень изменчивости признака.

Таблица 5.

Содержание пектиновых веществ в ягодах черной смородины.
Павловская опытная станция ВИР (1995-1996, 1999-2001, 2004, 2006 гг.)

Название образца	Растворимый пектин, %	Протопектин, %	Σ пектиновых веществ, %	V, %	Протопектин, % от суммы
1	2	3	4	5	6
Mortti	0,25 ± 0,03	1,05 ± 0,09	1,30 ± 0,07	8,5	80,6
Vertti	0,38 ± 0,11	0,91 ± 0,06	1,29 ± 0,04	5,4	70,8
Дочка	0,29 ± 0,08	0,87 ± 0,06	1,16 ± 0,02	2,9	75,1
Зональная	0,42 ± 0,8	0,73 ± 0,3	1,15 ± 0,22	27,9	63,4
Бинар (К)	0,32 ± 0,05	0,81 ± 0,08	1,12 ± 0,09	18,0	71,6
Josta	0,38 ± 0,03	0,71 ± 0,03	1,09 ± 0,03	3,7	65,4
Купалинка	0,18 ± 0,06	0,89 ± 0,16	1,06 ± 0,22	28,5	83,5
Зеленая Дымка	0,28 ± 0,07	0,74 ± 0,10	1,02 ± 0,17	28,7	72,8
Володинка	0,34 ± 0,02	0,62 ± 0,06	0,96 ± 0,04	5,8	64,6
Вологда	0,27 ± 0,06	0,66 ± 0,09	0,93 ± 0,12	22,6	70,5
Велой	0,29 ± 0,03	0,59 ± 0,04	0,87 ± 0,04	7,6	67,2
Бурая Дальневосточная	0,43 ± 0,02	0,43 ± 0,09	0,87 ± 0,10	20,8	50,0
Болеро	0,17 ± 0,0	0,67 ± 0,09	0,84 ± 0,09	16,5	79,8
Багира	0,31 ± 0,06	0,53 ± 0,03	0,84 ± 0,08	16,7	63,2
Тамерлан	0,17 ± 0,04	0,67 ± 0,08	0,84 ± 0,11	20,3	79,9
Дубровская	0,23 ± 0,02	0,61 ± 0,09	0,84 ± 0,08	16,8	72,9
Лентяй	0,36 ± 0,07	0,46 ± 0,00	0,82 ± 0,09	11,0	56,4
Клуссоновская	0,30 ± 0,02	0,49 ± 0,01	0,79 ± 0,03	6,0	61,9
Пилот А.Мамкин	0,26 ± 0,06	0,51 ± 0,001	0,77 ± 0,07	12,2	66,1
Ben Sarek	0,11 ± 0,05	0,64 ± 0,26	0,74 ± 0,20	39,0	85,6
Ажурная	0,11 ± 0,05	0,53 ± 0,01	0,65 ± 0,04	9,3	82,5
Церера	0,24 ± 0,05	0,36 ± 0,10	0,60 ± 0,20	43,5	59,7
Черный Жемчуг	0,21 ± 0,04	0,39 ± 0,02	0,59 ± 0,06	15,2	65,3
Лазурь	0,19 ± 0,01	0,18 ± 0,08	0,38 ± 0,09	40,0	48,3
Среднее	0,27 ± 0,08	0,63 ± 0,08	0,90 ± 0,09		

Коэффициент вариации этих сортов составил 27,9; 28,5 и 28,7% соответственно (табл.5). Средним, но стабильным содержанием пектинов по годам характеризовались сорта Велой и Клуссоновская (V = 7,6% и 6,0 соответственно). У сортов Лентяй, Пилот А.Мамкин, Черный Жемчуг, Болеро, Багира, Дубровская и Бинар отмечен средний уровень изменчивости количества пектинов. Коэффициент вариации признака составил 11,0-18,0%. Низкое

содержание пектинов и наибольшая изменчивость по годам была присуща сортам Лазурь ($V = 40,0\%$) и Церера ($V = 43,5\%$).

Доля растворимого пектина в ягодах варьировала в зависимости от сорта от 0,11% до 0,43%, а протопектина – от 0,18% до 1,05%. Уровень протопектина в общей сумме пектиновых веществ составил от 48,3% (Лазурь) до 85,6% (Ben Sarek). Содержание его наиболее высоко в ягодах сортов Купалинка (83,5%), Ажурная (82,5), Mortti (80,6), Тамерлан (79,9), Болеро (79,8), Дочка (75,1), Дубровская (72,9), Зеленая Дымка (72,8), Vertti (70,8), Вологда (70,5). Ягоды контрольного сорта Бинар содержали 71,6% протопектина от общей суммы пектиновых веществ (табл. 5).

Проведенный корреляционный анализ между показателями химического состава ягод и массой плода позволил установить, что существует отрицательная корреляционная зависимость между суммарным количеством флавонолов ($r = - 0,69$), содержанием катехинов ($r = - 0,73$), суммой сахаров ($r = - 0,52$), концентрацией АК ($r = - 0,60$), общей кислотностью ($r = - 0,64$) и массой ягод. Отмечена умеренная положительная связь между массой ягоды и количеством протопектинов в ней ($r = 0,44$).

Заключение

Проведенное исследование питательных и биологически активных веществ ягод черной смородины позволило установить, что возделываемые в условиях Ленинградской области сорта существенно различаются по своему химическому составу. Они содержат в среднем: 19,2% сухих веществ, 9,9% сахаров, 2,8 % кислот, 151,5мг/100г АК, 301,3 мг/100г Р-активных веществ и 0,896% пектиновых веществ.

В пределах всех рассматриваемых генетических групп существуют сорта как с низким, так и высоким содержанием изученных веществ. В группе сортов европейского подвида смородины черной подавляющее большинство изученных сортов характеризуется высоким содержанием сахаров, растворимых сухих веществ и относительно высоким уровнем накопления АК.

На основании проведенного изучения в качестве источников ценных для селекции признаков выделены сорта:

- с повышенным содержанием сухих веществ ($>20\%$) – Катерина, Бирюлевская, Тимирязевская, 37-5, Нежданчик;

- с повышенным накоплением сахаров ($>10\%$) – Бирюлевская, Дружба, Нежданчик, Тимирязевская, Изборская;

- с низким содержанием кислот – Церера, Тимирязевская, 37-5, Памяти Бардова, Катерина, Дружба, Петербурженка, Деликатес, Дубровская;

- с повышенным содержанием АК (>200 мг/100г) – Славута, Катерина, 32-123, Белорусская Сладкая, Аконитолестная, Медведица, Сакалай;

- с высоким содержанием АК и сахаров - Белорусская Сладкая, Изборская, 32-123, Славута;

- с высоким содержанием Р-активных веществ в ягодах (> 400 мг/100г) - Вечерняя Заря, Володинка.

- с высоким содержанием пектиновых веществ (>1%) - Mortti, Vertti, Дочка, Зональная, Бинар, Josta, Купалинка, Зеленая Дымка.

Установлено наличие корреляционных связей между содержанием ряда компонентов химического состава ягод, а также связи некоторых из них с массой ягоды. Кроме того выявлены корреляционные связи между содержанием отдельных компонентов биофлавоноидов ягод и листьев.

Листья черной смородины отличаются высоким содержанием Р-активных веществ, в десятки раз превышающим содержание биофлавоноидов в ягодах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барабой В.А. Основные проявления фармакологической активности растительных фенольных соединений // *Биологически активные вещества плодов и ягод: Мат-лы V Всесоюзного семинара.* — М., 1976. — С. 19-22.
2. Петровский К.С. Плоды и ягоды в профилактике атеросклероза // *Биологически активные вещества плодов и ягод: Мат-лы V Всесоюзного семинара.* — М., 1976. — С. 12-19.
3. Петрова В.П. Дикорастущие плоды и ягоды. — М., 1987. — 247 с.
4. Соколов С.Я., Замотаев И.П. Справочник по лекарственным растениям. — М., 1988. — 462с.
5. Гавришева И.Ф., Степанова Т.И., Самородова-Бианки Г.Б. Особенности химического состава плодов черной смородины в Нижнем Поволжье на орошении // *Тр. по прикл. бот., ген. и сел.* — 1980. — Т.66, Вып. 3. — С.106-112.
6. Самородова-Бианки Г.Б., Стрельцина С.А., Володина Е.В. Фенольные соединения ягод некоторых видов *Ribes L.* // *Научно-техн. Бюлл. ВИР.* — 1988. — Вып. 180. — С.79-81.
7. Казаков И.В., Сазонов Ф.Ф. Оценка и создание исходного материала смородины черной для приоритетных направлений селекции // *Современное состояние культур смородины и крыжовника: Сб. научн. тр.* — Мичуринск – Научоград, 2007. — С. 81-90.
8. Титова Л.В. Сорты европейского, сибирского, скандинавского подвида смородины черной, смородины дикуши – основа селекции высоковитаминных форм // *Современное состояние*

- культур смородины и крыжовника : Сб. научн. тр. Мичуринск - Наукоград, 2007. — С. 312-319.
9. Методы биохимического исследования растений / Под ред. Ермакова А.И. Л.: Агропромиздат, 1987. — 429 с.
10. Исследование биологически активных веществ плодовых культур. *Методические указания* / Под ред. Самородовой-Бианки Г.Б. — Л.:ВНИИР, 1989. — 80с.
- 11.Ширко Т.С., Ярошевич И.В. Смородина черная // *Биохимия и качество плодов*. — Минск, 1991. — С.158-180.
- 12.Стрельцина С.А., Сабитов А.Ш., Самородова-Бианки Г.Б. Фенольные соединения ягод некоторых видов смородины (род *Ribes L.*). // *Научно-техн. Бюлл. ВИР*. — 1992. — Вып.221. — С.64 - 68.
- 13.Стрельцина С.А., Плеханова М.Н., Тихонова О.А. и др. Сравнительная оценка дикорастущих видов и сортов ягодных культур по составу и содержанию биологически активных фенольных соединений / *Тр. по прикл. бот., ген. и сел.* — 2007. — Т.161. — С. 155-162.
14. Ширко Т.С., Радюк А.Ф., Бачило А.И., Максименко Н.Г. Качество ягод черной смородины сортов коллекции БНИИП // *Плодоводство* : Научн. тр. — Минск, 1993. — Т.8. — С.158-180.
- 15.Астахов А.И. Смородина черная – состояние и перспективы селекции // *Современное состояние культур смородины и крыжовник: Сб. научн. тр.* — Мичуринск - Наукоград, 2007. — С. 21-31.

Стрельцина С.А., канд.биол. наук;

Тихонова О.А., канд. с.-х. наук;

Всероссийский НИИ растениеводства им. Н.И.Вавилова

ПИТАТЕЛЬНЫЕ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА ЯГОД И ЛИСТЬЕВ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ (*RIBIS NIGRUM L.*) В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

С.А.Стрельцина, О.А. Тихонова

Изучено 82 образца черной смородины из коллекции ВИР им. Н.И.Вавилова по основным биохимическим признакам качества ягод. Выделены образцы с улучшенными показателями химического состава для использования в селекции. Выявлены корреляционные связи между содержанием отдельных химических веществ. Установлено, что листья черной смородины отличаются высоким содержанием Р-активных веществ, в десятки раз превышающим их содержание в ягодах.

Key words: black currant, nutritious and biologically active substances

Ключевые слова: черная смородина, питательные и биологически активные вещества

NUTRITIOUS AND BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF BERRIES AND LEAVES OF A BLACK CURRANT (*RIBIS NIGRUM L.*) IN CONDITIONS OF NORTHWEST OF RUSSIA

S.A.Streltsina, O.A.Tikhonova
All-Russian N.I.Vavilov Institute of Plant Industry

82 samples of a black currant from collection N.I.Vavilov Institute (VIR) on the basic biochemical attributes of berries quality were studied. Samples with the improved parameters of a chemical compound for use in selection are allocated. Correlation between contents of separate chemical substances is revealed. It is established, that leaves of a black have the high contents of P-active substances, in tens times exceeding its contents in berries.