СОПРЯЖЕННОСТЬ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОВ СУБТРОПИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ – ЗИЗИФУС, ГРАНАТ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИИ

А.А.РИХТЕР, кандидат биологических наук;
Л.Т.СИНЬКО, кандидат сельскохозяйственных наук
Никитский ботанический сад – Национальный научный центр

В помологической коллекции субтропических растений Никитского ботанического сада генофонд зизифуса представлен 140 образцами сортов и форм, а разнообразие культуры граната охарактеризовано 370 сортами [17].

Селекционная работа с зизифусом направлена на создание урожайных, морозостойких растений, устойчивых к болезням и вредителям, дающих рано созревающие крупные плоды высоких вкусовых качеств и с большим содержанием биологически активных веществ [15].

В связи с этим, учитывая агроклиматические условия произрастания растений зизифуса (*Zizyphus jujuba* Mill.), в Крыму проводилось исследование биологических особенностей (фертильность пыльцы, засухо- и морозоустойчивость) его различных сортов и форм для внедрения в производство [4, 10-12].

Основные задачи селекции граната (Punica granatum L.) заключаются в создании зимостойких, с длительным периодом зимнего покоя растений, имеющих плоды раннего срока созревания, с высокими вкусовыми качествами, продолжительной лежкостью и транспортабельностью; мягкими семенами и повышенным содержанием сока с устойчивой, интенсивной антоциановой окраской, пригодными для длительного хранения и консервирования [15].

При изучении особенностей плодоношения граната, произрастающего в коллекции Никитского ботанического сада, уделялось внимание оценке самофертильности, урожайности, засухо- и мороустойчивости в условиях Южного берега Крыма [1, 2, 8, 13, 14].

Цель настоящей работы – рассмотреть и обсудить взаимосвязь биохимических признаков плодов растений зизифуса, исследовать основные химические компоненты сока плодов различных сортов граната, их биологические и технологические особенности.

Материалы и методы

Работу проводили на различных образцах растений зизифуса обыкновенного (*Zizyphus jujuba* Mill.) и граната (*Punica granatum* L.), выращенных в коллекционных посадках Никитского ботанического сада на Южном берегу Крыма.

Отбор средних проб плодов, подготовку к анализу и определение их химического состава проводили общепринятыми методами [5, 9]. Содержание сухих веществ определяли гравиметрически, пектиновые вещества - фотоэлектроколориметрически с построением калибровочной кривой по галактуроновой кислоте, свободные органические кислоты - титрованием 0.1 н. NaOH с пересчетом по коэффициенту для яблочной кислоты (0,0067), количество сахаров определяли колориметрически по обесцвечиванию жидкости Фелинга, содержание аскорбиновой кислоты - иодометрически. Определение лейкоантоцианов (проантоцианидинов) осуществляли после их окисления в антоцианы. Экстракцию этих компонентов вели 1%-ной HCl в 96%-ном этаноле с последующим разведением кислым н-бутанолом (1:10). Статистическую обработку данных выполняли с помощью пакета программ Statistica – 5 [16].

Результаты и обсуждение

Зизифус

В таблице 1 приведены данные об изменении содержания основных химических компонентов плодов зизифуса в различные сезоны вегетации. Основываясь на представленных результатах, отметим, что для плодов этого растения характерно высокое

содержание сухих веществ (26,1–38,2%) и углеводов (20,8–36,6% от сырого вещества). В суммарном комплексе сахаров преобладают моносахариды (16,1–30,4%). Содержание титруемых органических кислот в разные годы достигало 0,44–1,80% и соответствовало типичным данным для плодов других косточковых растений (абрикос, алыча, нектарин, персик).

В плодах практически всех изученных сортов зизифуса отмечено высокое содержание аскорбиновой кислоты (235-689 мг / 100 г) и лейкоантоцианов (176-590 мг / 100 г сырой массы тканей). Известно, что флавоноиды (лейкоантоцианы) не токсичны и обладают Р-витаминной активностью [3]. Таким образом, в плодах зизифуса в довольно высоких концентрациях присутствуют витамины С и Р, которые в организме человека выполняют роль активных адаптогенов.

Суммарное содержание пектиновых веществ достигало 0,78 (‘Китайский 48’) - 2,21% (‘Вахшский 45-2’) и варьировало в разные годы у сорта Вахшский 40-5 в пределах 0,79-1,13% для водорастворимого пектина и 0,60-0,94% – для протопектина.

Ранее было показано [9], что корреляционные зависимости между основными биохимическими признаками позволяют прогнозировать изменение содержания химических компонентов в плодах в результате селекции косточковых плодовых растений. Например, для плодов сортов зизифуса наблюдается прямая зависимость между накоплением сухих веществ, с одной стороны, и содержанием сахарозы (r = 0,07-0,69**) или суммы углеводов (r = 0,44-0,73**) - с другой. Таким образом, создавая сорта с повышенным содержанием углеводов можно получить образцы, характеризующиеся высоким содержанием сухих веществ, перспективные для переработки на сухофрукты или цукаты.

Таблица 1

Химический состав плодов зизифуса в разные годы вегетации

Признак	Сорт								
	Вахшский 40-5			Вахшский 45-2			Китайский 48		
	1979	1980	1984	1979	1980	1984	1980	1981	1983
масса плода, г	13,1	11,6	18,7	37,0	37,6	83,2	48,4	27,2	26,8
сухое вещество, %	28,0	26,1	30,1	37,4	34,4	38,2	30,0	34,2	37,1
моносахариды, %	16,1	17,8	22,4	23,0	23,5	30,4	21,2	17,7	26,0
сумма сахаров, %	21,0	20,8	26,0	29,6	26,3	36,6	23,7	27,2	30,6
титруемые кислоты, %	1,62	1,80	1,39	0,82	0,72	0,44	0,49	1,00	1,14
аскорбиновая кислота, мг/100г	593	655	440	465	235	510	444	445	507
лейкоантоцианы, мг/100г	339	354	200	432	590	176	194	405	200
водорастворимый пектин, %	1,13	0,79	0,87	1,41	0,59	0,61	0,52	0,39	0,70
протопектин, %	0,64	0,94	0,60	0,80	0,99	0,92	0,60	0,39	0,68

Для плодов зизифуса характерно высокое содержание аскорбиновой кислоты и лейкоантоцианов, что обусловливает их поливитаминные свойства. В связи с этим отметим, что между содержанием сухих веществ в плодах и количеством лейкоантоцианов (Р-активных веществ) в течение ряда лет прослеживается положительная зависимость (r = 0,05-0,66**), тогда как связь с уровнем содержания аскорбиновой кислоты (витамин С) в разные годы исследований имела противоречивую направленность и в течение 3-х из 5 лет была недостоверной.

Для плодов зизифуса типично высокое содержание моносахаридов и их преобладание над сахарозой [7]. Аналогичная тенденция выявлена и в наших опытах (табл. 1). Наряду с этим отметим, что содержание моносахаридов и сахарозы в плодах изученных сортов

зизифуса связано отрицательной зависимостью (r = -0,38 - -0,66**), тогда как связь с суммарным количеством сахаров была, как правило, положительной (r = 0,26-0,74**). Прямая корреляция между содержанием моносахаридов и сахарокислотным индексом (r = 0,33-0,78**) (-0,21) и обратная с отношением сахароза/моносахариды (r = -0,53* - -0,86**) отличают сахарокислотный комплекс плодов зизифуса от такового в плодах персика, алычи и других косточковых растений.

Содержание сахарозы положительно коррелирует с общей сахаристостью плодов (r = 0,10-0,80**) и с отношением сахароза/моносахариды (r = 0,74** - 0,98**). В то же время корреляция между суммой сахаров и сахарокислотным индексом, хоть и была положительной в течение ряда лет, но имела достоверно значимый уровень лишь за 2 года из 5 (r = 0,08 - 0,66**).

В плодах зизифуса наблюдается прямая корреляция между содержанием аскорбиновой кислоты и органическими кислотами (r = 0,25 - 0,68**) (-0,13). Кроме того, содержание аскорбиновой кислоты положительно связано с суммарным количеством пектинов (r = 0,06 - 0,62**) (-0,44). Эти зависимости имели положительную направленность в течение 4-х из 5 лет и их, вероятно, следует учитывать в селекции этой культуры.

Характеризуя вкусовые особенности плодов зизифуса отметим, что содержание органических кислот в них прямо связано с содержанием лейкоантоцианов (r = 0,18 - 0,54*) (-0,49), водорастворимого пектина (r = 0,01 - 0,74**), протопектина (r = 0,26 - 0,66**) и их суммы (r = 0.16 - 0,66**), тогда как с сахарокислотным индексом прослеживается четкая отрицательная зависимость (r = -0,78** - -0,92**).

Содержание водорастворимого пектина положительно коррелирует с содержанием протопектина (r = 0,21 - 0,86**), суммы пектинов (r = 0,64** - 0,96**) и отрицательно - с сахарокислотным показателем (r = -0,09 - -0,72**). Между уровнем протопектина и суммой пектиновых веществ отмечена достоверная прямая связь (r = 0,57* - 0,97**), тогда как общее содержание пектинов с сахарокислотным индексом взаимосвязано отрицательно (r = -0,26 - -0,67**) (0,50**).

Рассматривая взаимосвязь признака «масса плода» с изученными биохимическими признаками, отметим её отрицательную корреляцию с сахарозой (r = -0,10 - -0,56*), с отношением сахароза/моносахариды (r = -0,08 - -0,67**) и положительную с сахарокислотным показателем (r = 0,17 – 0,62**).

Принимая во внимание то, что отмеченные зависимости имеют отношение к формированию вкусовых оттенков плодов и достигают достоверных значений в течение 3-4 лет из 5, то, очевидно, что их целесообразно учитывать в дальнейшей селекции этой культуры.

Например, если вести селекцию на крупноплодность, то среди гибридных форм можно получить образцы с плодами, обедненными содержанием органических кислот, но с повышенным сахарокислотным индексом, что, вероятно, положительно отразится на их вкусовых достоинствах.

Если селекцию вести на обогащение плодов суммарным содержанием углеводов, то в создаваемых образцах можно ожидать увеличение содержания сухих веществ, моносахаридов, сахарозы и сахарокислотного индекса, что также благоприятно отразится на вкусе плодов.

Ведя селекцию на повышенное содержание витамина С (аскорбиновой кислоты) в плодах, можно получить формы, обогащенные другими органическими кислотами, протопектином, но с пониженным сахарокислотным индексом, в связи с чем во вкусовой гамме оттенков будут преобладать кисло-сладкие тона.

В том случае, когда отбор будет вестись на повышенное содержание витамина Р (лейкоантоцианов), можно ожидать получение форм с повышенным содержанием сухих веществ, но обеднённых пектиновым комплексом компонентов.

Гранат

При сопоставлении данных о содержании биохимических компонентов в соке плодов граната в различные сезоны вегетации, прослеживается хорошая воспроизводимость результатов исследований (табл. 2).

Для светлоокрашенного сока плодов большинства сортов граната (табл. 3) при преобладании моносахаридов над дисахаридами характерно довольно низкое содержание органических кислот от 0,37% (Гей Ширин Нар) до 4,18% (Бумажный 2421). Содержание аскорбиновой кислоты достигало 1,4-12,3 мг / 100 г (сорта Дк-10 и Иран 29-3, соответственно), а содержание лейкоантоцианов было, как правило ниже чем антоцианов – 8 мг / 100 г и 308, 276, 167 мг / 100 г (‘Вургун’, ‘Дк-10’, ‘Агдамский 2’).

Для темноокрашенного сока плодов граната (табл. 3) характерно преобладание моносахаридов от 7,5 (‘Гюлоша 1680’) до 11,8% (‘Крымский Розовый’) над сахарозой, при общей сахаристости, достигающей 8,3 (‘Гюлоша 1680’) - 12,9% (‘Закатальский 5’, ‘Иран 3-7’, ‘Каим Нар’). Содержание органических кислот варьировало от 1,34 (‘Иран 3-7’) до 4,29% (‘Кармен Ширин’), а аскорбиновой кислоты от 1,5 (‘Афганский Мягкосемянный’) до 15,4 мг / 100 г (‘Кизил Атрекский 13-2’). Количество лейкоантоцианов колебалось от 2 у ряда сортов (Ал Ширин Нар, Калифорнийский Красный, Мелес, Осенний, Афганский 18-4, Гюлоша Армянская, Мелес 4, Нухинский Красный) до 160 мг / 100 г (Смородиновый 6/57), а антоцианов – от 352 (Нухинский Красный) до 748 мг / 100 г (Крымский Розовый).

Ранее было показано, что антоцианы сока плодов граната состоят из цианидин-3-глюкозида, цианидин-3,5-диглюкозида, дельфинидин-3-глюкозида и дельфинидин-3,5-диглюкозида. Наряду с этим было высказано мнение о том, что одной из основных причин выпадения осадка в соке является повышенное содержание в нем лейкоантоцианов [6].

Таблица 2

Содержание химических компонентов гранатового сока в разные годы вегетации

Сорт	Год	Моно-сахари-ды	Сумма саха-ров	Органи-ческие .кислоты	Аскор-биновая кислота	Лейко-анто-цианы	Анто-циа-ны
		%			мг/100 г		
Агдамский Красный	1987	8,5	9,1	2,68	10,4	91	576
Агдамский Красный	1989	9,3	9,9	3,.36	13,2	28	412
Алма Нар	1985	11,7	13,1	2,87	9,9	80	132
Алма Нар	1987	10,0	10,3	2,70	7,0	24	136
Бала Мюрсаль	1985	10,6	11,2	2,97	9,3	332	766
Бала Мюрсаль	1987	10,0	12,1	3,69	12,5	179	748
Бедана Дашнабадска	1985	11,7	12,3	2,52	9,5	26	149
Бедана Дашнабадска	1987	10,0	10,5	3,25	8,6	16	202
Вашингтонский	1984	13,9	14,2	0,45	5,4	47	119
Вашингтонский	1985	12,6	12,8	0,47	5,2	19	182
Калифорнийский	1985	9,8	10,4	3,59	13,3	51	176
Калифорнийский	1987	8,9	9,7	3,69	10,3	50	128
Кардаш	1987	11,4	12,7	2,49	8,1	25	528
Кардаш	1989	10,9	11,6	0,46	5,4	90	369
Крымский 5	1987	9,3	11,3	2,56	3,6	32	744
Крымский 5	1989	9,1	10,2	2,62	7,0	13	440
Мардакянский Красный	1985	8,0	8,5	2,42	3,5	147	440
Мардакянский Красный	1989	1,6	19,8	2,64	11,1	24	418

Милекеш 4457	1984	17,7	18,0	0,39	6,4	167	234
Милекеш 4457	1987	13,6	14,8	0,41	1,6	47	209
Сурх Анор Красный	1984	12,8	13,3	2,76	11,8	77	150
Сурх Анор Красный	1985	11,2	11,5	2,25	9,2	45	185
Шаартузский	1985	9,7	10,1	2,48	11,3	252	458
Шаартузский	1989	9,9	11,6	2,95	10,2	147	378

Для сока плодов различных сортов граната характерно существование тесных взаимосвязей между сахарами и кислотами. Например, содержание моносахаридов прямо связано с общей сахаристостью (r = 0,87**-0,96**) и сахарокислотным индексом (r = 0,38-0,65**), тогда как с количеством титруемых кислот зависимость отрицательная (r = -0,26 - -0,61**).

Сахароза прямо коррелирует с суммой сахаров (r = 0,30-0,97**) и отношением сахароза/монозы (r = 0,72**-0,99**). Общая сахаристость гранатового сока положительно связана как с сахарокислотным коэффициентом (r = 0,31–0,64**), так и с отношением сахароза/монозы (r = 0,03-0,95**). Содержание аскорбиновой кислоты положительно коррелирует с титруемой кислотностью (r = 0,22-0,75**) и отрицательно с сахарокислотным индексом (r = -0,12 - -0,77**). Количество титруемых органических кислот обратно пропорционально связано с отношением сахаров к кислотам (r = -0,84** - -0,90**) и положительно коррелирует с содержанием антоцианов (r = 0,34*-0,48**).

Таблица 3

Содержание химических компонентов гранатового сока в плодах различных сортов (1984-1989 гг.)

Сорт	Моно-сахариды	Сумма сахаров	Органи-ческие кислоты	Аскор-биновая кислота	Лейкоан-тоцианы	Анто-цианы
	%			мг/100г		
образцы со светлой окраской сока						
Агдамский 2	8,7	11,3	3,78	9,2	8	167
Ак-Дона	11,7	12,3	0,53	6,2	96	255
Бедана 12/3	9,9	10,3	0,65	3,6	112	290
Бумажный 2421	12,1	14,5	4,18	6,1	20	172
Вургун	9,5	10,8	4,07	11,2	8	308
Гей Ширин 10/8	10,6	13,4	0,37	1,5	92	184
Гей Ширин 667	11,4	12,4	0,41	1,8	32	163
Гей Ширин Нар	12,0	12,7	0,37	2,1	58	110
Гибрид 6	12,0	12,7	0,41	2,6	9	264
Гюлоша	10,0	11,3	3,17	9,6	30	220
Денаусский 176	9,8	10,4	2,75	8,5	44	145
Дк – 10	11,1	11,3	0,48	1,4	8	276
Зариф Нар	10,9	12,1	0,42	4,4	16	110
Зебейда	10,0	11,6	3,64	10,9	22	147
Иран 29-3	11,2	13,3	0,42	12,3	57	229
образцы с темной окраской сока						
Ал Ширин Нар	8,4	9,1	2,44	10,5	2	418
Афганский 18-4	10,7	11,2	2,72	12,0	2	581
Афганский Мягкосемян.	11,3	12,1	1,43	1,5	16	484
Гюлоша 1680	7,5	8,3	1,78	11,4	48	396
Гюлоша Армянская	9,6	9,9	2,82	7,9	2	422
Закатальский 5	11,7	12,9	2,90	6,6	24	660

Иран 3-7	11,7	12,9	1,34	6,2	31	493
Каим Нар	11,7	12,9	3,00	11,6	138	660
Калифорнийский	9,8	10,0	3,43	12,8	2	572
Кармен Ширин	7,8	9,7	4,29	12,4	70	704
Кзыл Пучак	8,8	9,1	2,88	3,6	85	378
Кизил Атрекский	10,2	11,2	2,47	15,4	83	383
Крымский Розовый	11,8	12,4	3,12	12,4	66	748
Мелес	9,5	10,3	3,14	10,0	2	528
Мелес 4	10,2	11,1	2,23	3,5	2	550
Миляси	10,2	11,2	2,74	11,1	32	374
Нухинский Красный	10,8	12,5	3,63	12,7	2	352
Осенний	9,3	10,0	3,00	8,4	2	616
Салаватский	10,6	11,3	2,50	10,5	45	616
Смородиновый 6/57	9,6	9,8	2,50	7,4	160	634

Признак «масса плода» с описываемыми биохимическими характеристиками устойчивых достоверных корреляционных зависимостей не проявляет. Следовательно, селекция крупноплодных форм и сортов граната может проводиться, независимо от уровня накопления сахаров, кислот и фенолов в них.

Ведя селекцию на обогащение плодов суммарным содержанием углеводов, можно ожидать получение образцов с повышенным содержанием сахарозы и сахарокислотного индекса сока плодов.

Обогащение сока плодов витамином С (аскорбиновой кислоты) приведет к увеличению содержания других органических кислот и снижению сахарокислотного коэффициента. В то же время ведя селекцию на повышенное содержание органических кислот, можно получить формы с яркой антоциановой окраской сока и пониженным сахарокислотным индексом.

Выводы

1. Селекция растений зизифуса на повышенное содержание сухих веществ в плодах приведет к увеличению их сахаристости и Р-витаминной активности за счет повышения содержания лейкоантоцианов. Отбор форм с повышенным содержанием органических кислот будет сочетаться с обогащением их пектинами и уменьшением сахарокислотного индекса.

2. Селекция растений граната на повышенную сахаристость сока плодов положительно связана с накоплением моносахаридов, сахарозы и сахарокислотным показателем. Обогащение плодов аскорбиновой кислотой приведет к накоплению других органических кислот и снижению сахарокислотного коэффициента. Увеличение титруемой кислотности сока плодов обусловит снижение сахарокислотного индекса и увеличение содержания антоцианов.

Список литературы

1. Арендт Н.К. Особенности биологии плодоношения граната // Бюл. Никит. ботан. сада. – 1968. – Вып. 1 (7). – С. 32-36.

2. Арендт Н.К. Фертильность генеративных органов у сортов граната в Крыму // Труды Никит. ботан. сада. – 1980. – Т. 80. – С. 82-109.

3. Бриттон Г. Биохимия природных пигментов: Пер. с англ. - М.: Мир, 1986. – 422 с.

4. Вильде Э.И. Использование агроклиматических показателей при изучении и районировании сортов субтропическтих плодовых и орехоплодных культур // Труды Никит. ботан. сада. – 1983. – Т. 90. – С. 91-96.

5. Кривенцов В.И. Методические рекомендации по анализу плодов на биохимический состав. – Ялта, 1982. – 22 с.

6. Кривенцов В.И., Арендт Н.К. Антоцианы сока плодов граната // Труды Никит. ботан. сада. – 1981. – Т. 83. – С. 110-116.

7. Кругляков Г.Н. Состав сахаров плодов унаби // Известия Вузов СССР. Пищевая технология. – 1973. – № 5. – С. 143-145.

8. Кучерова Т.П., Синько Л.Т. Основные процессы жизнедеятельности некоторых сортов граната в связи с их устойчивостью к экстремальным условиям года // Труды Никит. ботан. сада. – 1983. – Т. 90. – С. 68-75.

9. Рихтер А.А. Использование в селекции взаимосвязей биохимических признаков // Труды Никит. ботан. сада. – 1999. – Т. 118. – С. 121-130.

10. Романова Г.С., Синько Л.Т., Литвинова Т.В. Характеристика пыльцы различных сортов зизифуса // Бюл. Никит. ботан. сада. – 1985. – Вып. 58. – С. 54-60.

11. Синько Л.Т. Зизифус – одна из ценнейших субтропических плодовых пород на юге Советского Союза // Труды Никит. ботан. сада. – 1971. – Т. 52. – С. 31-53.

12. Синько Л.Т. Агробиологическая характеристика зизифуса в Крыму // Труды Гос. Никит. ботан. сада. – 1977. – Т. 73. – С. 98-125.

13. Синько Л.Т. Особенности плодоношения различных сортов граната в Крыму // Труды Никит. ботан. сада. – 1983. – Т. 90. – С. 51-58.

14. Синько Л.Т., Кучерова Т.П. Устойчивость различных сортов граната к зимним неблагоприятным условиям // Труды Никит. ботан. сада. – 1980. – Т. 80. – С. 56-81.

15. Шолохова В.А., Синько Л.Т., Казас А.Н. Селекция субтропических плодовых культур // Садоводство. – 1983. – № 4. – С. 25-27.

16. Электронный учебник по статистике. М.: StatSoft, Inc. (1999). WEB: http: // www.statsoft.ru/textbook/default.htm.

17. Yezhov V.N., Smykov A.V., Smykov V.K., Khokhlov S.Y., Saurov D.E., Mehlenbacher S.A., Molnar T.J., Goffreda J.C., Funk C.R. Genetic resources of temperate and subtropical fruits and nut species at the Nikita botanical gardens // HortScience. – 2005. – Vol. 40, N 1. – P. 5-9.

Biochemical characters of subtropical fruits - zhizhiphus, pomogranate and their use in selection

Richter A.A., Sinko L.T.

The links of biochemical characters in zhizhiphus and pomogranate fruits have been discussed. It is shown, that the selection of these plants on the increasing of dry substances in fruits leads to the increasing of sugar (r = 0.44–0.73**) and vitamin P (r = 0.53**–0.66**). The selection of forms with high content of titratable organic acids will combine with increasing pectines (r = 0.45–0.66**) and decreasing of sugar-acid index. The selection of pomogranate on high content of sugar in juice is positively connected with accumulation of monosaccharides (r = 0.87**--0.92**), saccharose (r = 0.30–0.97**) and attitude of sugar to acid (r = 0.31–0.64**). The increasing of vitamine C in fruits directly correlates with content of titratable organic acids (r = 0.22–0.75**), but leads to the decreasing of sugar-acid index (r = -0.84**--0.90**), and can limit the increasing of anthocyanins content (r = 0.34**-0.62**).