

УДК 634.11/124:632.52:581

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА БИОХИМИИ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ АЛТАЙСКИХ СОРТОВ КАК ИСТОЧНИКА ПИТАТЕЛЬНЫХ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

© С.А. Макаренко

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО
РАН, ул. Белинского, 112а, Екатеринбург, 620142 (Россия),
e-mail: sirius0775@mail.ru

Проведен сравнительный анализ сортовой изменчивости плодов 71 сорта яблони алтайской селекции по биохимическому составу по общепринятым методикам с использованием вариационного статистического анализа на основе многолетних исследований. Выявлены корреляции содержания химических элементов в зависимости от других характеристик плода и срока созревания. Содержание растворимых сухих веществ в плодах варьирует от среднего 15.5% у сортов летнего срока созревания до высокого 16.2–16.3% – у сортов осеннего и зимнего. В среднем содержание суммы сахаров в плодах высокое и изменяется незначительно (от 12.7 до 12.9%), титруемых кислот в плодах также высокое содержание (1,0%). Аскорбиновой кислоты выше в плодах сортов с летним сроком созревания и составляет 24.0 мг/100 г, с осенним – 19.6 мг/100 г, с зимним – 22.0 мг/100 г. В результате селекции на качественное улучшение плодов яблони на Алтае выявлена отрицательная корреляция биохимии плода в зависимости от его величины по всем показателям. Хороший вкус имеют плоды значительной части сортов, созданных на Алтае, из которых у 27 – высокий сахарокислотный индекс (15–25). В плодах сортов Алпек, Алтайское бархатное, Алтайское новогоднее, Алтайское румяное, Алтайское сладкое, Горноалтайское, Золотая тайга, Пепинка алтайская очень высокое содержание сахаров (более 15%), высокое значение суммы сахаров – в плодах 59 сортов (10.0–14.9%). Сорта с высокими биохимическими показателями являются источниками в селекции на улучшенный биохимический состав плодов.

Ключевые слова: яблоня, сорт, растворимые сухие вещества, кислоты, сахара, аскорбиновая кислота.

Введение

Яблоня – основная плодовая культура, возделываемая в умеренных широтах России и Сибири. Ее плоды являются распространенным продуктом сбалансированного питания в свежем виде и сырьем для производства продуктов переработки. Оценка физиолого-химических параметров плодовых растений в изучении сортового и селекционных фондов широко распространена в программах научных учреждений по селекции плодовых культур в России и за рубежом [1–5]. Необходимость включения биохимической составляющей в селекционный процесс обоснованы сотрудниками ВИРа и обобщены под руководством академика Н.И. Вавилова [6].

Современный сортимент яблони позволяет потреблять плоды в свежем виде от урожая до урожая и делает их незаменимым продуктом функционального питания человека, особенно в регионах с суровыми климатическими условиями. Исследователи отмечают ценность и важность употребления в пищу свежих плодов яблони с оптимальным соотношением витамина С и Р-активных веществ (катехины, лейкоантоцианы, флавоновые гликозиды и др.) для профилактики различных заболеваний, в том числе авитаминоза в зимне-весенний период [7–11]. Также плоды яблони являются источником фруктозы, глюкозы, сахарозы, органических кислот, микроэлементов, сырьем для производства соков, варенья, джемов, пектина, вина [12–16].

Антиоксидантную активность плодов яблони связывают с содержанием аскорбиновой кислоты и Р-активных веществ [17, 18], а также с глутатионом (около 20%) и салициантами [17, 19, 20]. Сибирские сорта яблони отличаются повышенным содержанием в плодах хлорогеновой (60 мг%/100 г) и фолиевой кислот (0.12 мг/100 г), легкоусвояемых высококачественных белков и свободных аминокислот [21].

Макаренко Сергей Александрович – доктор
сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник
Свердловской селекционной станции садоводства,
e-mail: sirius0775@mail.ru

Перед селекционерами Южной Сибири стоит задача по получению сортов с плодами рыночного типа десертного и универсального назначения с сохранением высокого содержания в них суммы сахаров 12–15%, титруемых кислот – 0.6–1.0%, витамина С – 25–30 мг/100 г, Р-активных соединений – 300–350 мг/100 г, пектиновых веществ – 0.5–1.0% (на сырую массу); для сортов сырьевого назначения с содержанием в плодах суммы сахаров 12–14%, титруемых кислот – 1.5%, витамина С – 30–35 мг/100 г, Р-активных соединений – 500 мг/100 г, пектиновых веществ – 0.4–1.0% (на сырую массу) [22, 23].

Цель работы – провести сравнительный анализ биохимического состава плодов алтайских сортов яблони, выявить сопряженности с другими хозяйственно-полезными признаками и перспективы его улучшения.

Материал и методы исследований

Проведена сравнительная оценка 71 сорта яблони алтайской селекции из двух экологических зон: лесостепь и низкогорье Алтая – отдел НИИСС им. М. А. Лисавенко ФГБНУ ФАНЦА и опытное поле Горно-Алтайское ФАНЦА, из которых 31 сорт летнего срока созревания плодов, 21 – осеннего и 19 – зимнего.

Биохимическая оценка сортов яблони проведена в лаборатории ФГБНУ ФАНЦА согласно общепринятым методикам [24, 25]. В плодах определяли содержание сухих растворимых веществ (СРВ) по рефрактометру, сахаров – по методу Бертрана, органических (титруемых) кислот – титрованием децинормальной щелочью, аскорбиновой кислоты (АК) – индофенольным титрованием, Р-активных веществ.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания по направлению 150 Программы ФНИ государственных академий наук 2021–2030 гг.

Обсуждение результатов

Содержание сухих растворимых веществ в плодах всех сортов среднее и варьирует от среднего (15.5%) до высокого (16.3%) в зависимости от сроков созревания (табл. 1).

Высокое содержание сухих растворимых веществ от 19.5 до 20.7% в плодах сортов Северянка, Алтайское сладкое, Золотая тайга со средней массой плодов 9–33 г; минимальное – в плодах, в зависимости от срока их созревания, сортов Алтайская скороспелка, Павлуша, Чупинское, Алтайское юбилейное. Вариация признака средняя и составляет от 11 до 15%. Установлено, что в результате селекции с увеличением массы плодов прослеживается тенденция уменьшения содержания сухих растворимых веществ (табл. 2).

Оптимальным содержанием сахаров в плодах яблони считают 11–12% [1]. Средняя сумма сахаров в плодах алтайских сортов является стабильным признаком независимо от срока их созревания от 12.7 до 12.9%. Коэффициент вариации имеет низкое и среднее значение до 19%. Очень высокое содержание сахаров в плодах сортов разных групп созревания 15.9–16.4%. Среднее содержание сахаров в плодах высокое (более 10%) и сравнительно выровненное независимо от срока созревания и массы плода.

Вкус плодов алтайских сортов существенно зависит от среднего содержания в них органических кислот. Признак в зависимости от срока созревания плодов не вариабельный и составляет 1.0%, но имеет высокую степень изменчивости в зависимости от сорта. В результате селекционного процесса прослеживается снижение содержания титруемых кислот с увеличением массы плодов у сортообразцов летнего и осеннего срока созревания. Содержание титруемой кислоты в плодах у сортов с зимним сроком созревания – 0.9–1.2%.

На юге Западной Сибири в зависимости от срока созревания содержание аскорбиновой кислоты в плодах сортов яблони среднее и высокое (от 19.6 до 24.0 мг/100 г). Изменчивость витамина С в плодах высокая, коэффициент вариации – от 38 до 78% и зависит от сорта. Сравнительно выровнены по содержанию витамина С в плодах сортов с летним сроком созревания, независимо от их массы.

У сортов с осенним и зимним сроком созревания с увеличением массы плода снижается содержание аскорбиновой кислоты.

Содержание Р-активных соединений в плодах в зависимости от срока созревания – от 285.1 до 322.3 мг/100 г. Немного снижено их содержание в плодах алтайских сортов в зависимости от срока созревания, хотя в плодах ранеток со средней массой до 33 г оно высоко по всем срокам созревания. Среднее содержание Р-активных веществ является сортоспецифичным.

По результатам корреляционного анализа выявлены связи между биохимической характеристикой плодов сортов яблони, полученных на Алтае, и другими признаками (рис.), которые доказываются на 1% уровне.

Положительная корреляция установлена между содержанием в плодах растворимых сухих веществ и содержанием сахаров ($r = +0.64$); между содержанием сахаров и содержанием аскорбиновой кислоты ($r = +0.32$); между титруемой кислотностью плодов и содержанием аскорбиновой кислоты ($r = +0.42$).

Выявлена отрицательная корреляция между средней массой плодов и содержанием сухих растворимых веществ ($r = -0.41$), содержанием сахаров ($r = -0.38$) и титруемой кислотностью плодов ($r = -0.31$).

Очень высокое содержание растворимых сухих веществ до 20,7% в плодах сортов Алтайское сладкое и Северянка, высокое от 16.1 (Алтайское раннее) до 19.5% (Алтайское багряное и Зимний шафран) – у 32 сортов, среднее от 12.1 (Павлуша, Чупинское) до 14.7 (Алтайская боровинка, Алтайское десертное, Барнаульское раннее, Заветное) – у 34 сортов, менее 12% – у сортов Алтайская скороспелка и Алтайское юбилейное (табл. 3).

Алтайские сорта в плодах накапливают достаточное количество сахаров, несмотря на короткий период вегетации. Очень высокое их количество (более 15%) – в плодах сортов Алпек, Алтайское бархатное, Алтайское новогоднее, Алтайское румяное, Алтайское сладкое, Горноалтайское, Золотая тайга, Пепинка алтайская. От 10.0 до 14.9% сахаров содержится в плодах 59 сортов. В селекции яблони на улучшенный биохимический состав, а в частности на высокое содержание сахаров в плодах, источником являются 67 (94%) сортов.

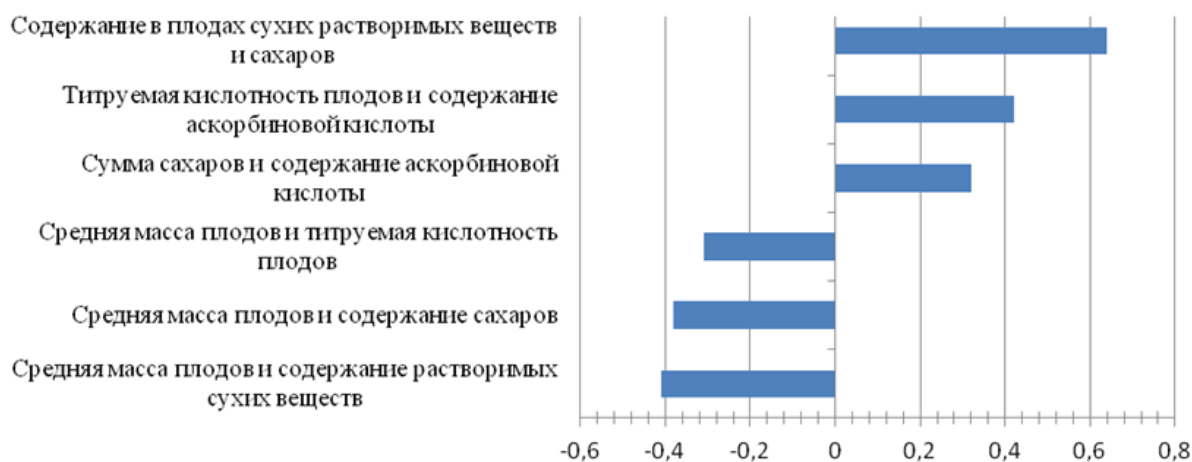
Значительная доля алтайских сортов соответствует технологическим требованиям, предъявляемым к сырью для переработки, которое должно содержать сахаров не менее 11%.

Таблица 1. Биохимические показатели плодов яблони алтайской селекции в зависимости от срока созревания [22]

Показатель	Изучено сортов, шт.	Значение признака		Сорт с низким значением	Сорт с высоким значением	V, %
		среднее	лимиты			
сорта летнего срока созревания						
Сухие растворимые вещества, %	31	15.5	11.9–20.5	Алтайская скороспелка	Северянка	11
Сумма сахаров, %		12.9	10.3–16.4	Алтайская скороспелка	Алтайское бархатное	12
Титруемая кислотность, %		1.0	0.32–1.45	Алтайское раннее	Барнаулочка, Жар птица	26
Сахаро-кислотный индекс		15.5	6.1–56.7	Алтайское янтарное	Алтайское раннее	59
Витамин С, мг/100 г		24.0	5.2–50.0	Северянка	Алтайское румяное	51
Р-активные вещества, мг/100 г		25	285.1	82–720	Бельфлер алтайский	Жебровское
Дубильные вещества, %	18	0.157	0.034–0.64	Алтайское десертное	Барнаулочка	–
сорта осеннего срока созревания						
Сухие растворимые вещества, %	21	16.3	12.1–20.7	Павлуша, Чупинское	Алтайское сладкое	15
Сумма сахаров, %		12.7	9.2–15.9	Поклон Шукшину	Пепинка алтайская	19
Титруемая кислотность, %		1.0	0.29–2.38	Алтайское сладкое	Пепинка алтайская	52
Сахаро-кислотный индекс		16.3	5.8–43.7	Ранетка плодородная	Алтайское сладкое	78
Витамин С, мг/100 г		19.6	3.2–61.5	Лучистое	Пепинка алтайская	58
Р-активные вещества, мг/100 г		15	322.3	64–754	Алтайское золотое	Пепинка алтайская
Дубильные вещества, %	9	0.153	0.074–0.283	Осенняя радость Алтая	Ранетка плодородная	–
сорта зимнего срока созревания						
Сухие растворимые вещества, %	19	16.2	10.5–19.5	Алтайское юбилейное	Золотая тайга	15
Сумма сахаров, %		12.9	9.2–16.1	Алтайское юбилейное	Алтайское новогоднее	14
Титруемая кислотность, %		1.0	0.64–1.51	Сувенир Алтая	Алтайское новогоднее	25
Сахаро-кислотный индекс		16.2	8.8–28.3	Алтайское юбилейное	Сувенир Алтая	38
Витамин С, мг/100 г		22.0	7.0–39.0	Алтайская красавица	Зимний шафран	48
Р-активные вещества, мг/100 г		15	313.7	134–960	Новость Алтая	Ранетка целинная
Дубильные вещества, %	13	0.151	0.041–0.332	Сувенир Алтая	Ранетка целинная	–

Таблица 2. Биохимия плодов яблони алтайской селекции в зависимости от средней массы плодов

Средняя масса плода, г	Изучено сортов, шт.	СРВ, %	Сумма сахаров, %	Титруемая кислота, %	СКИ	Аскорбиновая кислота, мг/100 г
<i>сорта летнего срока созревания</i>						
до 20	2	19.4	12.9	1.3	9.6	25.5
20–30	6	16.0	14.4	1.1	13.6	22.4
31–50	17	15.0	12.5	1.0	12.2	24.6
51–70	4	14.7	12.3	0.8	14.5	24.5
71–90	2	15.4	12.6	0.8	15.3	21.4
<i>сорта осеннего срока созревания</i>						
до 20	1	17.3	11.9	2.06	5.8	21.0
20–30	7	17.4	13.7	1.2	11.7	22.0
31–50	4	17.8	14.0	0.9	16.5	22.0
51–70	7	13.6	10.4	0.8	13.4	14.5
71–90	2	15.6	12.0	0.7	17.4	16.7
<i>сорта зимнего срока созревания</i>						
до 20	2	18.9	14.9	0.9	16.1	26.3
20–30	2	18.8	13.0	1.2	10.7	33.8
30–50	3	15.6	12.6	1.1	11.2	27.0
51–70	7	15.9	12.3	0.9	13.9	17.3
71–90	3	15.3	12.2	1.1	16.7	21.0
более 90	2	14.2	11.3	1.1	10.5	11.1



Корреляция показателей биохимии плода с другими признаками сорта

В сравнении с сортами зарубежной и российской селекции плоды алтайских сортов имеют высокое содержание титруемых кислот. Очень высокое содержание титруемых кислот (более 1.0%) в плодах 35 сортов, высокое (0.5–1.0%) – 34 сортов и среднее (0.2–0.5%) – трех (Алтайское раннее, Алтайское сладкое, Осеннее солнышко). В оценке кислотности плодов яблони необходимо пересмотреть и расширить градацию оценки по содержанию титруемых кислот с добавлением «очень низкое содержание» до 0.3%, изменением границ показателя низкого содержания от 0.31 до 0.55 (0.6), среднего – 0.56–0.75%, высокого 0.76–1.1%, очень высокого – более 1.1%.

Содержание витамина С в плодах яблони зависит от многих факторов и является нестабильным биологически активным компонентом. На его варьирование влияет степень зрелости плода, продолжительность хранения, температурный и водный режимы созревания плода. Высокое содержание витамина С (мг/100 г) в плодах накапливают сорта Алтайская боровинка (41.6), Алтайский голубок (36.0), Алтайское лежкое (35.2), Алтайское новогоднее (32.3), Алтайское румяное (50.0), Алтайское янтарное (31.8), Алтайская скоропелка (36.0), Барнаулочка (45.8), Бельфлер алтайский (80.0), Горноалтайское (44.9), Ермаковское горное (39.6), Зимний шафран (39.0), Коллективное (35.0), Пепинка алтайская (61.5). В плодах 23 сортов содержание аскорбиновой кислоты высокое (21–30 мг/100 г), в плодах 23 сортов – среднее (10–20 мг/100 г).

Вкусовые качества плодов определяют содержанием в плодах сахаров, кислот, дубильных веществ. Гармоничный вкус имеют, как правило, плоды с сахарокислотным индексом 15–25, таких среди сортов, созданных на Алтае, – 27.

Таблица 3. Распределение алтайских сортов яблони по содержанию биохимических элементов в плодах

Значение показателя	Сорт
сухие растворимые вещества, %	
очень высокое ≥ 20	Алтайское сладкое, Северянка
высокое 16.0–19.9	Алпек, Алтайская красавица, Алтайское багряное, Алтайское бархатное, Алтайское золотое, Алтайское лежкое, Алтайское новогоднее, Алтайское пурпуровое, Алтайское раннее, Алтайское румяное, Алые паруса, Барнаулочка, Баяна, Бельфлер алтайский, Горноалтайское, Зарево, Зимний шафран, Золотая тайга, Коллективное, Космическое, Лучистое, Осеннее солнышко, Осенняя радость Алтая, Пепинка алтайская, Ранетка плодородная, Ранетка целинная, Сочное, Сувенир Алтая, Сюрприз, Толунай, Урожайное, Феникс алтайский
среднее 12.0–15.9	Алтайский голубок, Алтайское десертное, Алтайское зимнее, Алтайское крапчатое, Алтайское нарядное, Алтайское янтарное, Алтынай, Барнаульское раннее, Горный синап, Доктор Куновский, Ермаковское горное, Жар птица, Жебровское, Заветное, Комаровское, Красная горка, Кузнецовское, Мулатка, Неженка, Новость Алтая, Павлуша, Подарок садоводам, Поклон Шукшину, Смугляночка, Соловьевское, Стройное, Сурхурай, Татанаковское, Чупинское, Шафран алтайский, Шушенское, Юбилейное Калининой, Юнга
низкое менее 12.0	Алтайская скороспелка, Алтайское юбилейное
сумма сахаров, %	
очень высокое содержание более 15	Алпек, Алтайское бархатное, Алтайское новогоднее, Алтайское румяное, Алтайское сладкое, Горноалтайское, Золотая тайга, Пепинка алтайская
высокое содержание 10.0–14.9	Алтайская боровинка, Алтайская красавица, Алтайская скороспелка, Алтайский голубок, Алтайское багряное, Алтайское десертное, Алтайское зимнее, Алтайское золотое, Алтайское крапчатое, Алтайское лежкое, Алтайское нарядное, Алтайское пурпуровое, Алтайское раннее, Алтайское юбилейное, Алтайское янтарное, Алтынай, Алые паруса, Барнаулочка, Барнаульское раннее, Баяна, Бельфлер алтайский, Горный синап, Доктор Куновский, Ермаковское горное, Жар птица, Жебровское, Заветное, Зарево, Зимний шафран, Коллективное, Комаровское, Космическое, Красная горка, Кузнецовское, Лучистое, Мулатка, Неженка, Новость Алтая, Осеннее солнышко, Осенняя радость Алтая, Павлуша, Подарок садоводам, Ранетка плодородная, Ранетка целинная, Северянка, Смугляночка, Соловьевское, Сочное, Стройное, Сувенир Алтая, Сурхурай, Сюрприз, Татанаковское, Толунай, Урожайное, Феникс алтайский, Чупинское, Шафран алтайский, Шушенское, Юбилейное Калининой, Юнга
среднее содержание менее 10	Поклон Шукшину
титруемая кислотность, %	
очень высокая более 1.0	Алтайская скороспелка, Алтайский голубок, Алтайское багряное, Алтайское десертное, Алтайское золотое, Алтайское крапчатое, Алтайское нарядное, Алтайское новогоднее, Алтайское румяное, Алтайское юбилейное, Барнаулочка, Барнаульское раннее, Бельфлер алтайский, Горноалтайское, Горный синап, Доктор Куновский, Жар птица, Жебровское, Заветное, Зарево, Зимний шафран, Комаровское, Кузнецовское, Новость Алтая, Осенняя радость Алтая, Павлуша, Пепинка алтайская, Ранетка плодородная, Ранетка целинная, Северянка, Урожайное, Феникс алтайский, Шафран алтайский, Шушенское, Юбилейное Калининой
высокая 0.5–1.0	Алпек, Алтайская боровинка, Алтайская красавица, Алтайское бархатное, Алтайское зимнее, Алтайское лежкое, Алтайское пурпуровое, Алтайское янтарное, Алые паруса, Алтынай, Баяна, Ермаковское горное, Золотая тайга, Коллективное, Космическое, Красная горка, Лучистое, Мулатка, Неженка, Осеннее солнышко, Подарок садоводам, Поклон Шукшину, Соловьевское, Сочное, Смугляночка, Стройное, Сувенир Алтая, Сурхурай, Сюрприз, Татанаковское, Толунай, Чупинское, Юнга
средняя 0.2–0.5	Алтайское раннее, Алтайское сладкое
аскорбиновая кислота, мг/100 г	
очень высокое более 30	Алтайская боровинка, Алтайское лежкое, Алтайское новогоднее, Алтайское румяное, Алтайская скороспелка, Алтайское янтарное, Барнаулочка, Бельфлер алтайский, Горноалтайское, Ермаковское горное, Зимний шафран, Коллективное, Пепинка алтайская
высокое 20.1–29.9	Алтайский голубок, Алтайское багряное, Алтайское золотое, Алтайское крапчатое, Алтайское нарядное, Алтайское пурпуровое, Алтайское сладкое, Алтайское юбилейное, Баяна, Доктор Куновский, Жар птица, Жебровское, Заветное, Золотая тайга, Осенняя радость Алтая, Осеннее солнышко, Подарок садоводам, Поклон Шукшину, Ранетка плодородная, Ранетка целинная, Смугляночка, Сюрприз, Татанаковское, Урожайное, Феникс алтайский, Шушенское
среднее 10.1–19.9	Алпек, Алтайское бархатное, Алтайское десертное, Алтайское раннее, Алые паруса, Алтынай, Барнаульское раннее, Горный синап, Зарево, Комаровское, Космическое, Красная горка, Кузнецовское, Мулатка, Сочное, Стройное, Сувенир Алтая, Сурхурай, Толунай, Чупинское, Юбилейное Калининой, Юнга
низкое менее 10	Алтайская красавица, Алтайское зимнее, Лучистое, Неженка, Новость Алтая, Павлуша, Северянка, Соловьевское, Шафран алтайский

В соответствии с «Методическими указаниями по химико-технологическому сортоиспытанию овощных, плодовых и ягодных культур для консервной промышленности» [25] по показаниям биохимии плодов большая часть сортов пригодна для технологической переработки.

Заключение

Таким образом, кроме пищевой ценности плоды алтайских сортов яблони служат богатым источником сахаров, органических кислот и витаминов. Биохимия плодов является сортовым признаком. Очень высокое содержание растворимых сухих веществ (20.7–20.5%) в плодах 2 сортов, высокое – у 32 сортов (от 16.1 до 19.5%), среднее – у 35 сортов (от 12.1 до 14.7%). Содержание сахаров более 15% – в плодах 8 сортов, высокое – в плодах 59 сортов от 10.0 до 14.9%. В плодах 62 сортов содержание витамина С – от 10 до 80 мг/100 г. По сахарокислотному индексу гармоничный вкус имеют 27 сортов. По биохимии плодов большая часть сортов пригодна для технологической переработки. В селекции на улучшенный биохимический состав как источники перспективны сорта Алтайский голубок, Алтайское зимнее, Алтайское сладкое, Алпек, Алтайское багряное, Алтайское бархатное, Алтайское золотое, Алтайское лежкое, Алтайское новогоднее, Алтайское пурпуровое, Алтайское румяное, Алтайское янтарное, Алые паруса, Барнаулочка, Баяна, Бельфлер алтайский, Горный синап, Жар птица, Заветное, Зарево, Зимний шафран, Золотая тайга, Ермаковское горное, Осенняя радость Алтая, Пепинка алтайская, Сочное, Сюрприз, Сувенир Алтая, Толунай, Феникс алтайский, Чупинское, Юнга.

Список литературы

1. Седов Е.Н. Биохимическая и технологическая характеристика плодов генофонда яблони. Орел, 2007. 312 с.
2. Кичина В.В. Принципы улучшения садовых растений. М., 2011. 528 с.
3. Козловская З.А. Селекция яблони в Беларуси. Минск, 2015. 457 с.
4. Калинина И.П., Ящемская З.С., Макаренко С.А., Матвеева Е.Н., Муравьев Г.А., Киргизова Г.Т., Кузьмина А.А. Яблоня // Программа работ селекцентра Научно-исследовательского института садоводства Сибири имени М.А. Лисавенко до 2030 года. Новосибирск, 2011. С. 66–82.
5. Вавилов Н.И. Теоретические основы селекции растений. Т. 1. Общая селекция растений. М.; Л., 1935. С. 17–74.
6. Гончаровська І.В., Клименко С.В., Кузнецов В.В. Characteristics of the biochemical composition of fruits of *Malus domestica* Borkh. new varieties // Plant Varieties Studying and Protection. 2020. Vol. 16(1). Pp. 48–54. DOI: 10.21498/2518-1017.16.1.2020.201340.
7. Веткас И.А. Хозяйственно-биологическая характеристика районированных и новых сортов ранеток китаек лесостепной зоны Красноярского края: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Новосибирск, 1974. 30 с.
8. Савельев Н.И., Юшков А.Н., Акимов М.Ю., Борзых Н.В., Миронов А.М., Хожайнов А.В. Биохимический состав и антиоксидантная активность плодов яблони // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2010. №2. С. 12–15.
9. Братилова Н.П., Репях М.В., Моксина Н.В. Влияние сортовой принадлежности яблони на биохимический состав плодов в ботаническом саду В.М. Крутовского // Вестник КрасГАУ. 2011. №12. С. 237–239.
10. Ловкова М.Я., Рабинович А.М., Пономарева С.М., Бузук Г.Н., Соколова С.М. Почему растения лечат. М., 1990. 290 с.
11. Цапалова И.Э., Губина М.Д., Поздняковский В.М. Экспертиза дикорастущих плодов, ягод и травянистых растений: учебное пособие. Новосибирск, 2000. 180 с.
12. Чугунова О.В., Заворохина Н.В., Вяткин А.В. Исследование антиоксидантной активности и ее изменения при хранении плодово-ягодного сырья Свердловской области // Аграрный вестник Урала. 2019. №11. С. 59–65. DOI: 10.32417/article_5dcd861e8e0053.57240026.
13. Жбанова Е.В., Борзых Н.В., Попова О.Ю., Юшков А.Н. Выделение сортов яблони, вишни, сливы, земляники для технологической переработки. Мичуринск, 2015. 90 с.
14. Anastasiadi M., Mohareb F., Redfern S.P., Berry M., Simmonds M.S.J., Terry L.A. Biochemical profile of heritage and modern apple cultivars and application of machine learning methods to predict usage, age, and harvest season // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2017. Vol. 65(26). Pp. 5339–5356. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b00500.
15. Шелковская Н.К., Хабаров С.Н. Сибирские плоды и ягоды – перспективное сырье для виноделия // Пища. Экология. Качество. Новосибирск, 2004. С. 167–172.
16. Шелковская Н.К. Подбор и характеристика сырья для производства натуральных вин // Садоводство северных территорий итоги и перспективы. Барнаул, 2005. С. 180–185.
17. Eberhardt M.V., Lee C.Y., Liu R.H. Antioxidant and anticancer activities of fresh apples // Nature. 2000. Vol. 405. Pp. 903–904. DOI: 10.1038/35016151.
18. Раченко М.А., Шигарова А.М., Раченко Е.И. Антиоксидантная активность плодов рода *Malus* в условиях южного Предбайкалья // Химия растительного сырья. 2014. №4. С. 97–101.

19. Becker E.M., Nissen L.R., Skibsted L.H. Antioxidant evaluation protocols: food quality or health effects // European Food Research and Technology. 2004. Vol. 219. N6. Pp. 561–571. DOI: 10.1007/s00217-004-1012-4.
20. Villa-Rodriguez J.A., Palafox-Carlos H., Yahia E.M., Ayala-Zavala J.F., Gonzalez-Aguilar G.A. Maintaining antioxidant potential of fresh fruits and vegetables after harvest // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2015. Vol. 55 (6). Pp. 806–822. DOI: 10.1080/10408398.2012.685631.
21. Архипова Т.Н., Крылова Н.В. Пюре из мелкоплодных сибирских яблок и ирги // Садоводство и виноградарство. 2006. №5. С. 12–13.
22. Калинина И.П., Ящемская З.С., Макаренко С.А. Селекция яблоки на зимостойкость, высокую урожайность, устойчивость к парше и повышенное качество плодов на юге Западной Сибири. Новосибирск, 2010. 274 с.
23. Макаренко С.А. Адаптивная селекция яблоки в низкогорье Алтая: дис. ... доктора с.-х. наук. Горно-Алтайск, 2017. 353 с.
24. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. Л., 1987. 430 с.
25. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общ. ред. Е.Н. Седова. Орел, 1995. 501 с.
26. Методические указания по химико-технологическому сортоиспытанию овощных, плодовых и ягодных культур для консервной промышленности. М., 1993. 108 с.

Поступила в редакцию 2 февраля 2021 г.

После переработки 5 апреля 2021 г.

Принята к публикации 8 апреля 2021 г.

Для цитирования: Макаренко С.А. Сравнительная оценка биохимии плодов яблоки алтайских сортов как источника питательных и биологически активных веществ // Химия растительного сырья. 2021. №3. С. 245–252. DOI: 10.14258/jcrpm.2021039177.

Makarenko S.A. COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE BIOCHEMISTRY OF APPLE FRUITS OF ALTAI VARIETIES AS A SOURCE OF NUTRITIOUS AND BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

Ural Federal Agrarian Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Belinskogo, 112a, Ekaterinburg, 620142 (Russia), e-mail: sirius0775@mail.ru

A comparative analysis of the varietal variability of the fruits of 71 varieties of apple trees of Altai selection in terms of biochemical composition, according to generally accepted methods using statistical variation analysis based on long-term research, was carried out. Correlations were revealed between the content of chemical elements depending on other characteristics of the fruit and the period of ripening. The average content of soluble dry matter in fruits is from an average 15.5% in summer varieties to a high 16.2–16.3% in varieties with autumn and winter ripening. On average, the content of total sugars in fruits is high and varies insignificantly from 12.7 to 12.9%, the content of titratable acids in fruits is high – 1.0%. The content of ascorbic acid is higher in fruits of varieties with summer ripening and is 24.0 mg / 100 g, with autumn – 19.6 mg / 100 g, with winter – 22.0 mg / 100 g. As a result of selection for the qualitative improvement of fruits apple trees in Altai revealed a negative correlation of the biochemistry of the fetus, depending on its size for all indicators. Fruits of a significant part of varieties created in Altai have good taste, of which 27 have a sugar-acid index of 15–25. The fruits of the varieties Alpek, Altai Velvet, Altai New Year, Altai ruddy, Altai sweet, Gornoaltayskoe, Zolotaya taiga, Pepinka Altai have a very high sugar content of more than 15%, a high value of the sum of sugars – in fruits of 59 varieties from 10.0 to 14.9%. Varieties with high biochemical characteristics are their sources in breeding for improved biochemical composition of fruits.

Keywords: apple tree, variety, soluble solids, acids, sugars, ascorbic acid.

References

1. Sedov Ye.N. *Biokhimicheskaya i tekhnologicheskaya kharakteristika plodov genofonda yabloni*. [Biochemical and technological characteristics of the fruits of the apple tree gene pool]. Orel, 2007, 312 p. (in Russ.).
2. Kichina V.V. *Printsipy uluchsheniya sadovykh rasteniy*. [The principles of improving garden plants]. Moscow, 2011, 528 p. (in Russ.).
3. Kozlovskaya Z.A. *Selektsiya yabloni v Belarusi*. [Apple breeding in Belarus]. Minsk, 2015, 457 p. (in Russ.).
4. Kalinina I.P., Yashchemskaya Z.S., Makarenko S.A., Matveyeva Ye.N., Murav'yev G.A., Kirgizova G.T., Kuz'mina A.A. *Programma rabot selektsentra Nauchno-issledovatel'skogo instituta sadovodstva Sibiri imeni M.A. Lisavenko do 2030 goda*. [Work program of the selection center of the Scientific Research Institute of Horticulture of Siberia named after M.A. Lisavenko until 2030]. Novosibirsk, 2011, pp. 66–82. (in Russ.).
5. Vavilov N.I. *Teoreticheskiye osnovy selektsii rasteniy. T. 1. Obshchaya selektsiya rasteniy*. [Theoretical Foundations of Plant Breeding. Vol. 1. General plant breeding]. Moscow; Leningrad, 1935, pp. 17–74. (in Russ.).
6. Honcharov'ska I.V., Klymenko S.V., Kuznetsov V.V. *Plant Varieties Studying and Protection*, 2020, vol. 16(1), pp. 48–54. DOI: 10.21498/2518-1017.16.1.2020.201340. (in Ukr.).
7. Vetkas I.A. *Khozyaystvenno-biologicheskaya kharakteristika rayonirovannykh i novykh sortov ranetok kitayek lesostepnoy zony Krasnoyarskogo kraya: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk*. [Economic and biological characteristics of zoned and new varieties of Chinese ranetae in the forest-steppe zone of the Krasnoyarsk Territory: author. dis. ... cand. agricultural sciences]. Novosibirsk, 1974, 30 p. (in Russ.).
8. Savel'yev N.I., Yushkov A.N., Akimov M.Yu., Borzykh N.V., Mironov A.M., Khozhaynov A.V. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2010, no. 2, pp. 12–15. (in Russ.).
9. Bratilova N.P., Repyakh M.V., Moksina N.V. *Vestnik KrasGAU*, 2011, no. 12, pp. 237–239. (in Russ.).
10. Lovkova M.Ya., Rabinovich A.M., Ponomareva S.M., Buzuk G.N., Sokolova S.M. *Pochemu rasteniya lechat*. [Why do plants heal?]. Moscow, 1990, 290 p. (in Russ.).
11. Tsapalova I.E., Gubina M.D., Pozdnyakovskiy V.M. *Ekspertiza dikorastushchikh plodov, yagod i travyanistykh rasteniy: uchebnoye posobiye*. [Examination of wild fruits, berries and herbaceous plants: a tutorial]. Novosibirsk, 2000, 180 p. (in Russ.).
12. Chugunova O.V., Zavorokhina N.V., Vyatkin A.V. *Agrarnyy vestnik Urala*, 2019, no. 11, pp. 59–65. DOI: 10.32417/article_5dcd861e8e0053.57240026. (in Russ.).
13. Zhanova Ye.V., Borzykh N.V., Popova O.Yu., Yushkov A.N. *Vydeleniye sortov yabloni, vishni, slivy, zemlyaniki dlya tekhnologicheskoy pererabotki*. [Selection of varieties of apple, cherry, plum, strawberry for technological processing]. Michurinsk, 2015, 90 p. (in Russ.).
14. Anastasiadi M., Mohareb F., Redfern S.P., Berry M., Simmonds M.S.J., Terry L.A. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2017, vol. 65(26), pp. 5339–5356. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b00500.
15. Shelkovskaya N.K., Khabarov S.N. *Pishcha. Ekologiya. Kachestvo*. [Food. Ecology. Quality]. Novosibirsk, 2004, pp. 167–172. (in Russ.).
16. Shelkovskaya N.K. *Sadovodstvo severnykh territoriy itogi i perspektivy*. [Gardening of the northern territories results and prospects]. Barnaul, 2005, pp. 180–185. (in Russ.).
17. Eberhardt M.V., Lee C.Y., Liu R.H. *Nature*, 2000, vol. 405, pp. 903–904. DOI: 10.1038/35016151.
18. Rachenko M.A., Shigarova A.M., Rachenko Ye.I. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2014, no. 4, pp. 97–101. (in Russ.).
19. Becker E.M., Nissen L.R., Skibsted L.H. *European Food Research and Technology*, 2004, vol. 219, no. 6, pp. 561–571. DOI: 10.1007/s00217-004-1012-4.
20. Villa-Rodriguez J.A., Palafox-Carlos H., Yahia E.M., Ayala-Zavala J.F., Gonzalez-Aguilar G.A. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2015, vol. 55 (6), pp. 806–822. DOI: 10.1080/10408398.2012.685631.
21. Arkhipova T.N., Krylova N.V. *Sadovodstvo i vinogradarstvo*, 2006, no. 5, pp. 12–13. (in Russ.).
22. Kalinina I.P., Yashchemskaya Z.S., Makarenko S.A. *Selektsiya yabloni na zimostoykost', vysokuyu urozhaynost', ustoychivost' k parshe i povyshennoye kachestvo plodov na yuge Zapadnoy Sibiri*. [Apple breeding for winter hardiness, high yield, scab resistance and increased fruit quality in the south of Western Siberia]. Novosibirsk, 2010, 274 p. (in Russ.).
23. Makarenko S.A. *Adaptivnaya selektsiya yabloni v nizkogor'ye Altaya: dis. ... doktora s.-kh. nauk*. [Adaptive selection of apple trees in the low mountains of Altai: dis. ... doctors of agricultural sciences]. Gorno-Altaysk, 2017, 353 p. (in Russ.).
24. *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy* [Methods of biochemical research of plants], ed. A.I. Yermakov. Leningrad, 1987, 430 p. (in Russ.).
25. *Programma i metodika selektsii plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur* [Program and methodology for the selection of fruit, berry and nut crops], ed. Ye.N. Sedov. Orel, 1995, 501 p. (in Russ.).
26. *Metodicheskiye ukazaniya po khimiko-tekhnologicheskomu sortoispytaniyu ovoshchnykh, plodovykh i yagodnykh kul'tur dlya konservnoy promyshlennosti*. [Guidelines for chemical and technological variety testing of vegetable, fruit and berry crops for the canning industry]. Moscow, 1993, 108 p. (in Russ.).

Received February 2, 2021

Revised April 5, 2021

Accepted April 8, 2021

For citing: Makarenko S.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 3, pp. 245–252. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2021039177.