

DOI: 10.31676/0235-2591-2018-6-12-18

Сравнительный биохимический состав плодов яблони отечественных и зарубежных сортов

С. М. Мотылева, А. А. Борисова

ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства», г. Москва, Россия

Резюме. Целью исследования было сравнительное изучение биохимического состава плодов отечественных сортов и гибридов яблони, пригодных для ведения органического земледелия и не уступающих лучшим в мире по содержанию биологически активных соединений. Биохимический состав 13 сортов яблони различного географического происхождения изучен репрезентативными методами. Доказано, что антиоксидантная активность плодов яблони, произведённых в условиях Московской области, на 3-5 % выше, чем у импортных. Установлена взаимосвязь между антиоксидантной активностью водного экстракта, полученного из свежих плодов, титруемой кислотностью ($r = 0,58549$) и содержанием аскорбиновой кислоты ($r = 0,468335$). Сорта Голден Делишес, Гренни Смит и Роял Гала не превосходят по содержанию важнейших биологически активных веществ новые сорта и гибриды селекции Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства (ФГБНУ ВСТИСП). Галловой кислоты больше всего содержится в яблоках Гибрида 1 (0,075 мг/г) и сортов Антоновка Обыкновенная, Китайка Керр, Маяк Загорья, Подарок Графскому, Марат Бусурин, Лобо и Роял Гала (в среднем 0,063 мг/г). В яблоках Гренни Смит и Голден Делишес содержание галловой кислоты в 1,3-2 раза ниже по сравнению с Гибридом 1. Содержание хлорогеновой кислоты в плодах в среднем на 25-45 % выше, чем галловой. Установлен порядок накопления элементов в плодах и их общее содержание. Выявлены различия состава углеводов в исследуемых плодах.

Ключевые слова: яблоня, плод, антиоксидантная активность, аскорбиновая кислота, низкомолекулярные метаболиты.

Comparative biochemical composition of apple fruits of domestic and foreign varieties

S. M. Motyleva, A. A. Borisova

All-Russian Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

Abstract. The aim of the study was a comparative study of the biochemical composition of the apple fruits of domestic varieties and hybrids, suitable for organic farming, not inferior to the best in the world in terms of content of biologically active compounds. The biochemical composition of 13 apple varieties of different geographical origin was studied by representative methods. It is proved that the antioxidant activity of apples grown in the Moscow region is 3-5 % higher than the antioxidant activity of imported varieties. The relationship between the antioxidant activity of the aqueous extract obtained from fresh fruits, titratable acidity ($r = 0.58549$) and ascorbic acid content ($r = 0.468335$) was established. The varieties Golden delicious, Granny Smith and Royal Gala are not superior to the content of the most important biologically active substances the new varieties and hybrids of All-Russian Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nursery. Gallic acid was most found in apples hybrid 1 (0.075 mg/g) and varieties Antonovka Obyknovennaya, Chinese Kerr, Mayak Zagorya, Podarok Grafskomy, Marat Busurin, Lobo and

Адрес для переписки:

Мотылева Светлана Михайловна
ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства», 115598, Россия, г. Москва, ул. Загорьевская, д. 4
vstisp@vstisp.org

Address for correspondence:

Motyleva Svetlana M.
All-Russian Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nursery, 115598, Russia, Moscow, 4, Zagorevskaya, str.
vstisp@vstisp.org

Образец цитирования:

Мотылева С. М., Борисова А. А. Сравнительный биохимический состав плодов яблони отечественных и зарубежных сортов. Садоводство и виноградарство. 2018;6:12-18
doi: 10.31676/0235-2591-2018-6-12-18
© Мотылева С. М. и соавт., 2018

For citation:

Motyleva S. M., Borisova A. A. Comparative biochemical composition of apple fruits of domestic and foreign varieties. Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2018;6:12-18
doi: 10.31676/0235-2591-2018-6-12-18

Royal Gala (average 0.063 mg/g). In apple varieties Granny Smith and Golden delicious, the content of gallic acid was 1.3-2 times less compared to a hybrid 1. The content of chlorogenic acid in fruits was on average 25-45 % more than the gallic. The order of accumulation of elements in fruits and their total content was established. Differences in the composition of carbohydrates in the studied fruits were revealed.

Keywords: apple tree, biochemical composition of fruits, organic gardening, promising hybrids, physiologically active substances.

Введение

Значение плодов яблони в питании человека трудно переоценить. Они обладают большим запасом биологически активных веществ, но, к сожалению, чтобы получить товарную продукцию большинства промышленных сортов, необходимо проводить химические обработки, применять минеральные удобрения, что снижает их диетические и лечебные свойства. В России, как и во всём мире в последние годы разработана терминология и стандарты на органическую продукцию, многие сельскохозяйственные предприятия переходят на её производство. В условиях жизни нового тысячелетия, наиболее важным для человека является употребление в пищу биологически-активных веществ, так как многие заболевания, характерные для текущего времени, более чем когда-либо связаны со снижением иммунитета. В яблоках содержатся вещества – антиоксиданты, такие как полифенолы (катехины, антоцианы, флавонолы), аскорбиновая кислота, микроэлементы, которые признаны как вещества, снижающие риск заболеваний и способствующие повышению защитных сил организма человека [1-3]. Биологическая роль антиоксидантов растений обусловлена наличием в них различных функциональных групп – гидроксильных, карбоксильных, карбонильных, метоксильных, которые способны нейтрализовать избыточные концентрации свободных радикалов, блокировать их вредное воздействие на организм, снижать окислительный стресс организма, вызванный различными негативными воздействиями: облучением, экологической обстановкой [4-6]. Минеральные вещества в плодах находятся в виде солей органических и минеральных кислот. Их доля в плодах колеблется от 0,2 до 2 %, но роль для организма человека незаменима. Минеральные вещества участвуют в обмене веществ практически в любых тканях человека. Среди минеральных веществ в плодах косточковых и семечковых культур преобладающими являются макроэлементы – калий, кальций, натрий, фосфор, железо. Микроэлементы (марганец, магний, кремний, хром, кобальт, цинк, железо) также выполняют жизненно важные функции – входят в состав ферментов [7-11]. Содержание сахаров, кислотность, сухие вещества характеризуют пищевую и вкусовую ценность плодов [12, 13].

Средняя полоса России становится всё более привлекательной для производства органической продукции, поскольку здесь возможна закладка

интенсивных насаждений на свободных от вредоносных вирусов семенных подвоях, обладающих мощной корневой системой, проникающей в глубокие слои почвы. В таких насаждениях возможно получение промышленных урожаев без минеральных удобрений (сады на вегетативно размножаемых подвоях требуют обязательного внесения минеральных удобрений и орошения).

Цель нашей работы заключалась в проведении сравнительного исследования биохимического состава плодов яблони зарубежных сортов, представленных в торговой сети, и некоторых отечественных сортов и гибридов.

Материал и методика исследований

Исследования выполнены в лаборатории физиологии и биохимии ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства» (далее ФГБНУ ВСТИСП) в 2016-2018 гг. Изучали плоды 13 сортов яблони вида *Malus domestica* Borkh: 3 сорта народной селекции (стародавние сорта) – Антоновка Обыкновенная, Анис, Коричное Полосатое; 5 генотипов селекции ФГБНУ ВСТИСП – Гибрид 1 и сорта: Маяк Загорья, Подарок Графскому, Марат Бусурин, Легенда; 4 сорта зарубежной селекции – Лобо выращен в Подмоскowie, Голден Делишес, Гренни Смит, Роял Гала (из торговой сети) и 1 сорт яблони Китайка Керр (сливолистная) *Malus prunifolia* (Willd.) Borkh. Для проведения биохимических исследований образцы плодов измельчали на гомогенизаторе и далее готовили в соответствии с методиками для каждого вида исследований. Все измерения проводили в трех повторностях. Рефрактометрическим методом в соответствии с ГОСТ 28562-90 определяли общее количество растворимых сухих веществ (PCB, %), титруемую кислотность – в соответствии с требованиями ГОСТ ISO 750-2013. Извлечение аскорбиновой кислоты из измельченных плодов проводили 6 % метафосфорной кислотой с последующим центрифугированием при 9 тыс. об./мин. в течение 5 минут. Содержание аскорбиновой кислоты определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на жидкостном хроматографе KNAUER в соответствии с ГОСТ 31643-2012. Суммарную антиоксидантную активность водных и спиртовых экстрактов (карбинол) определяли методом DPPH, в соответствии с официальным методом анализа на спектрофотометре Helios Y в видимой области спектра ($\lambda = 517\text{nm}$) [14, 15, 16]. Метод основан на взаимодействии веществ-антиоксидантов со стабильным хромоген-радикалом

2,2-дифенил-1-пикрилгидразилом, имеющим сине-фиолетовый цвет. В процессе реакции (взаимодействия DPPH с водным и спиртовым экстрактами плодов) цвет становится слабо-фиолетовым или желтым. Это связано с присоединением протона водорода к молекуле DPPH с образованием DPPH-H. В качестве фонового раствора использовали 0,0025 % раствор DPPH. Антиоксидантная активность рассчитывается как относительная величина и определяется соотношением экстинкции при определенном времени протекания реакции (10 мин.). Вычисляли процент ингибирования DPPH-радикала карбинольными и водными растворами по формуле:

$$AA = A_0 - A_{10} / A_0 \times 100,$$

где: A_0 – оптическая плотность раствора радикала,

A_{10} – оптическая плотность раствора радикала с образцом через 10 минут. Количество хлорогеновой и галловой кислот в плодах определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на жидкостном хроматографе KNAUER [16]. Использовали обращено-фазную колонку длиной 150 mm, заполненную сорбентом Диасфер 110-C18, зернение 5 мкм. Элюент состава 0,03 % трифторуксусная кислота: ацетонитрил (70:30). Идентификацию осуществляли по времени удерживания, содержание индивидуальных веществ определяли методом градуировки. Подготовку проб для определения минерального (зольного) состава осуществляли по ГОСТ 26929-86. Поскольку элементы неравномерно распределены в тканях плодов, перед проведением ЭДС-анализа золу тщательно растирали в ступке и распределяли на столике анализатора ровным слоем. Массовую долю элементов в золе плодов определяли методом энергодисперсионной спектроскопии на ЭДС-анализаторе, совмещенном со сканирующим электронным микроскопом JEOL JSM 6090 LA (Япония). Разрешение микроскопа 4 нм при ускоряющем напряжении 20 кВ (изображение во вторичных электронах), увеличение — от $\times 10$ до $\times 300\,000$, ток пучка до 200 нА, элементный анализ — от В до U. Рабочее расстояние при проведении элементного анализа (WD) 10 мм. ЭДС-анализ спектра и распределения элементов может быть легко выполнен. Данные спектра и распределения элементов определяются вместе с получением изображения на растровом электронном микроскопе. Элементный состав оценивали по массовой доле 13 элементов – Na, Mg, Si, P, S, K, Ca, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, Se, которые надежно диагностировались. Результаты рассчитаны, исходя из проведения анализов в пяти повторностях ($n=5$). Среднее квадратическое отклонение не превышало 1,2-6,9 %. Образцы плодов для анализа были собраны на стадии съемной зрелости, тщательно промыты деионизованной водой. Среднюю навеску сегментов плодов массой 50 г высушивали в сушильном шкафу при температуре 80 °C до воздушно-сухого состояния.

Высушенные образцы минерализовали в муфельной печи Naberterm (Germany) при $T = 400\,^{\circ}\text{C}$. Полученную золу 15 минут диспергировали ультразвуком с частотой 18 кГц. Диспергат ровным слоем наносили на предметный столик микроскопа, покрытый углеродным скотчем. Энергодисперсионный спектрометр позволяет выполнять количественный рентгеновский микроанализ с выбором анализируемой области: в точке или по площади, получать карты распределения элементов. Система выполняет качественный и количественный анализы существующих элементов по полученным рентгеновским спектрам путем сканирования электронного луча на наблюдаемом изображении. Данные микрорентгеноспектрального анализа оформляются в виде стандартных протоколов, состоящих из снимка микроструктуры исследуемой области образца, таблицы данных в весовом или атомарном соотношении, спектров и гистограмм. Пример спектра проиллюстрирован на рис. 1.

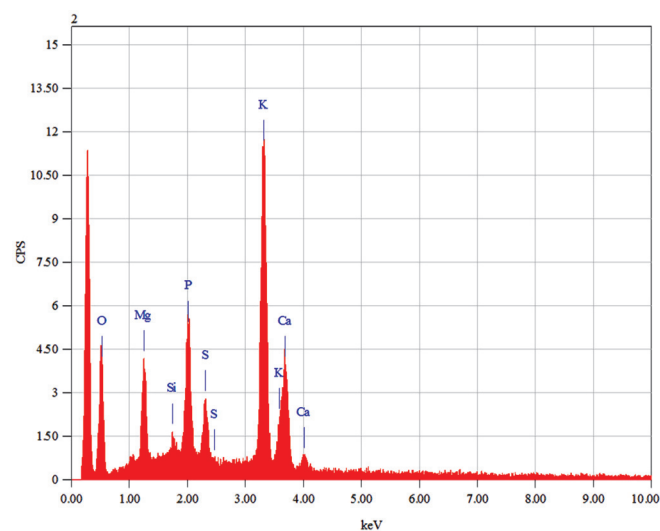


Рис. 1. Общий вид линий рентгеновского спектра, показывающих наличие элементов в исследуемой области

Fig 1. General view of the x-ray spectrum lines showing the presence of elements in the study area

Относительная погрешность химического анализа распределяется следующим образом: при содержании элемента от 1 до 5 % – составляет менее чем 10 %; при содержании от 5 до 10 % – погрешность менее чем 5 %; при содержании элемента более 10 % – погрешность менее 2 %. Исследовали 100 областей золы каждого образца. Локальный анализ 3 мм, область сканирования не менее 12 мкм. Анализ метаболитов выполняли методом газовой хромато-масс-спектрометрии (ГХ-МС) на хроматографе ГХ-МС JMS-Q1050GC, в трех аналитических повторностях. Использовали капиллярную колонку DB-5HT (Agilent, США). Газ-носитель – гелий. Температурный градиент

во время анализа от 40 до 280 °С, температура инжектора и интерфейса 250 °С, ионного источника – 200 °С. Поток газа в колонке 2,0 мл/мин., время анализа 45 мин., режим ввода с делением потока, объем вводимой пробы 1-2 мкл упаренного экстракта. Дериватизацию проводили с использованием силирующего агента – БСТФА, согласно методике [17]. Идентификацию веществ осуществляли по параметрам удерживания и

масс-спектрам библиотеки NIST-5. Диапазон сканирования 33-900 m/z.

Обработку экспериментальных данных проводили методом математической статистики в программе Office Excel 2003.

Результаты исследований

Результаты основных биохимических показателей в яблоках приведены в табл. 1.

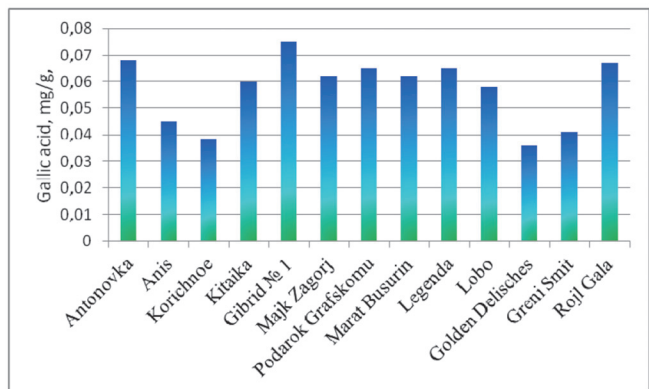
Таблица 1. Биохимическая характеристика исследуемых сортов яблок, X̄ (2016-2018 гг.)
Table 1. Biochemical characteristics of the studied apple varieties, X̄ (2016-2018)

Образцы	PCB, %	Титруемая кислотность, %	Антиоксидантная активность, EC ₅₀ %		Аскорбиновая кислота, мг/100 г
			водный экстракт	спиртовой экстракт	
Антоновка Обыкновенная	9,38	1,20	10,12	20,25	6,46
Анис	11,76	0,60	23,04	31,6	7,18
Коричное Полосатое	13,94	0,45	23,04	31,6	6,64
Китайка Керр	11,42	0,81	18,63	37,01	9,11
Гибрид 1	11,68	0,60	16,54	27,66	7,83
Маяк Загорья	10,81	0,65	16,17	24,95	6,83
Подарок Графскому	10,42	0,64	14,46	26,82	7,57
Марат Бусурин	11,82	0,62	16,15	28,98	6,61
Легенда	11,28	0,66	17,71	23,46	7,07
Лобо	12,72	0,60	22,75	23,85	7,38
Голден Делишес	12,68	0,41	17,02	26,51	5,77
Гренни Смит	14,00	0,74	14,84	27,75	5,94
Роял Гала	14,86	0,54	14,62	26,62	7,91

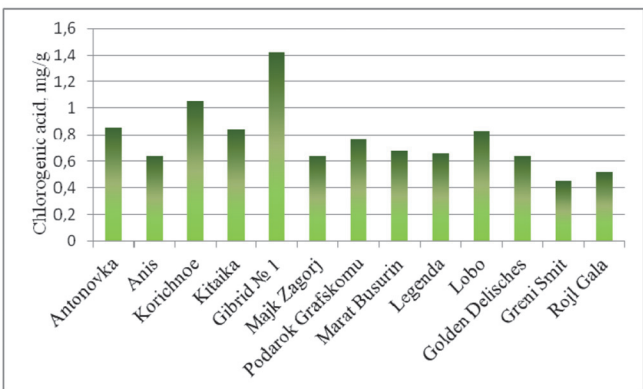
Массовая доля растворимых сухих веществ в стародавних сортах яблок колеблется от 9,38 (Антоновка Обыкновенная) до 13,94 % (Коричное). В яблоках сортов селекции ФГБНУ ВСТИСП (Гибрид 1, Маяк Загорья, Подарок Графскому, Марат Бусурин, Легенда) доля растворимых сухих веществ составляет 10,08-11,82 %. В яблоках сортов Лобо, Голден Делишес, Гренни Смит, Роял Гала растворимых сухих веществ содержится 12,68-14,86 %.

Зарегистрированные значения титруемой кислотности (суммы органических кислот, содержащихся в яблоках) составляли от 0,41-0,45 (Голден Делишес и Коричное Полосатое) до 1,20 % (Антоновка Обыкновенная) соответственно. Среднее значение титруемой кислотности яблок, выращенных в Московской области (Центральный регион России), находится в пределах 0,60-0,66 %.

Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии определено содержание фенольных соединений – галловой и хлорогеновой кислот (рис. 2).



1



2

Рис. 2. Содержание галловой (1) и хлорогеновой (2) кислот в яблоках
Fig. 2. The content of gallic (1) and chlorogenic (2) acids in apples

Антиоксидантная активность спиртового (карбинолом) экстракта яблок в среднем на 10 % выше водного, что свидетельствует о способности растворяться как в воде, так и в спирте. Высокой антиоксидантной активностью характеризуются плоды сорта Анис, Коричное (23,04 % водн. – 31,61 % спирт.) и Китайка-Керр (18,63 % водн. – 37,01 % спирт.). Антиоксидантная активность водного экстракта плодов яблони селекции ФГБНУ ВСТИСП варьировала от 11,46 до 16,54 %, спиртового от 23,46 до 28,98 %. Данный показатель плодов сорта Лобо, выращенных в условиях Московской области, был самым высоким. Высокой (24,75 % водного и 33,85 % спиртового экстракта) была и антиоксидантная активность яблок сортов Голден Делишес, Гренни Смит, Роял Гала (14,67-17,02 % водного и 26,51-29,75 % спиртового экстракта). Средняя антиоксидантная активность яблок, выращенных в условиях Московской области, выше антиоксидантной активности импортных сортов на 3-5 %.

Аскорбиновая кислота является признанным антиоксидантом. Её содержание в плодах сортов, выращенных в условиях Московской области, в среднем в 1,2 раза превосходит этот показатель в импортных сортах.

Установлена взаимосвязь между антиоксидантной активностью водного экстракта, титруемой кислотностью ($r = 0,58549$) и антиоксидантной активностью и содержанием аскорбиновой кислоты ($r = 0,468335$). Сорта Гольден Делишес, Гренни Смит и Роял Гала не превосходят по содержанию важнейших биологически активных веществ новые сорта и гибриды селекции института.

Галловой кислоты больше всего содержится в яблоках Гибрида 1 (0,075 мг/г) и сортов Антоновка Обыкновенная, Китайка Керр, Маяк Загорья, Подарок Графскому, Марат Бусурин, Лобо и Роял Гала (в среднем 0,063 мг/г).

В яблоках Гренни Смит и Голден Делишес содержание галловой кислоты в 1,3-2 раза меньше по сравнению с Гибридом 1. Содержание хлорогеновой кислоты в плодах в среднем на 25-45 % больше, чем галловой. Максимальное количество хлорогеновой кислоты – 1,4 мг/г содержится в яблоках Гибрида 1, сортов Антоновка Обыкновенная и Китайка Керр (0,82 мг/г), Подарок Графскому и Марат Бусурин (0,78-0,81 мг/г). В яблоках сортов Роял Гала и Гренни Смит содержание хлорогеновой кислоты в 2-3 раза меньше, чем у гибрида 1.

В зольном остатке плодов было проанализировано 13 элементов (табл. 2).

Таблица 2. Зольный состав плодов яблони, масс %, $\bar{X}$ (2016-2018 гг.)

Table 2. Ash composition of apple fruit, mass %, $\bar{X}$ (2016-2018)

Элемент	Исследуемые сорта						Коэффициент вариации, %
	Антоновка Обыкновенная	Гибрид 1	Маяк Загорья	Гренни Смит	Голден Делишес	Роял Гала	
Na	0,12	0,17	0,13	0,15	0,11	0,11	18,24
Mg	2,34	2,04	2,53	3,73	3,39	3,04	22,894
Si	0,14	0,32	0,11	0,15	0,18	0,11	46,84
P	4,32	5,91	3,64	5,46	5,28	1,18	40,39
S	0,36	0,49	0,38	1,04	1,07	0,34	56,44
K	21,36	25,42	22,81	23,27	25,59	23,56	6,81
Ca	0,39	0,45	0,87	0,45	0,31	0,43	40,68
Cr	0,01	0,02	0,04	0,03	0,01	0,01	63,25
Mn	0,02	0,01	0,15	0,002	0,04	0,01	145,07
Fe	0,03	0,07	0,05	0,04	0,04	0,02	41,34
Cu	0,09	0,25	0,11	0,02	0,01	0,01	113,93
Zn	0,08	0,31	0,05	0,04	0,02	0,05	118,59
Se	0,04	0,105	0,05	0,05	0,085	0,066	37,549
$\Sigma_{\text{элементов}}$	29,28	35,51	30,89	34,43	36,14	28,94	

Основную долю зольных элементов составляет К, содержание которого в плодах от 21,36 до 25,59, масс % (Голден Делишес). Содержание Р колеблется от 1,18 до 5,91 (Гибрид 1), масс % в золе плодов. Доля Са в золе плодов яблони составляет от 0,01 до 0,25 (Маяк Загорья), масс %. Mg в золе плодов содержится от 2,04 до 3,73 (Гренни Смит), масс %. Доля Na в плодах не велика и составляет от 0,11 до 0,17 % (Гибрид 1), масс %. Содержание S колеблется от 0,34 до 1,07, масс %. По сумме элементов Гибрид 1 превосходит все исследуемые сорта

и незначительно уступает всемирно признанному сорту Голден Делишес. Сорт Маяк Загорья характеризуется более, чем в 2 раза высоким содержанием кальция. Гибрид 1 выделяется высоким содержанием группы элементов: натрия, кремния (в 2,5-3 раза больше), фосфора, калия, меди, цинка и особенно селена (на 20 % больше, чем в импортных сортах).

Элементы образуют ряд, характерный для всех сортов: $K > P > Ca > Mg > S > Si > Na > Cu > Zn > Fe \approx Se > Mn > Cr$.

Максимальным содержанием S в плодах выделяется сорт Голден Делишес. Содержание Fe в плодах составляет от 0,02 до 0,07 (Гибрид 1), масс %. Zn и Cu по содержанию в плодах не превышает 0,5 %. Максимальное содержание Zn (0,21) и Cu (0,31), масс % зарегистрировано в плодах Гибрида 1. Доля марганца от 0,01 до 0,15 (Маяк Загорья), масс %. Максимальное содержание селена (0,105 масс %) обнаружено в минеральной части плодов гибрида 1. Высокий коэффициент варьирования, характерный для содержания в золе элементов S, Cr, и особенно Cu, Zn и Mn свидетельствует о том, что их накопление связано, с одной стороны с условиями внешней среды, с другой стороны, с адаптивными свойствами конкретного вида или сорта. Средний коэффициент варьирования в плодах яблони (от 28,2 до 46,8 %) характерен для биологически-значимых элементов Na, Si, Fe, Si, Ca, а пределы их накопления обусловлены сортовыми особенностями. Низкий коэффициент варьирования калия – 6,81 % – свидетельствует о стабильности накопления этого элемента культурой и мало зависит от сорта. Выявлены корреляции между элементами: высокая корреляция между Ca и Mg ($r = 0,75$); средняя – между накоплением Ca и Cu ($r = 0,62$). Полученные данные минерального состава плодов подтверждают их высокую пищевую ценность [5].

Важную биологическую активность имеют вещества, находящиеся в яблоках в свободном, не связанном с другими веществами состоянии, свободные вещества доступны для быстрого всасывания (использования) организмом. Методом газовой хромато-масс-спектрометрии изучен композиционный состав углеводов, липидов и органических кислот в исследуемых сортах яблок. Установлено, что каждый сорт яблок имеет свой уникальный набор веществ, обладающих разной биологической активностью. Наибольшим набором биологически активных веществ выделяются яблоки Гибрида 1, Маяк Загорья и Роял Гала – в них содержится 30-50 разнообразных биологически активных веществ. Композиционный состав яблок сортов Антоновка Обыкновенная, Голден Делишес и Гренни Смит представлен 20-25 веществами. Основная группа веществ – сахара и их производные. Биологическая роль углеводов – энергетическая, углеводы плодов легко усваиваются организмом. В яблоках идентифицировано 13 разнообразных сахаров. Три из них – глюкоза, фруктоза и сахароза – содержатся в яблоках всех сортов, и больше всего в них содержится фруктозы. Фруктоза является липогенным сахаром, который имеет глубокий метаболический эффект (резистентность к инсулину, дислипидемии и гипертонии). При поступлении фруктозы в кровь уровень сахара в организме не повышается. Клетки крови усваивают ее без участия инсулина – это свойство фруктозы широко используется в питании больных сахарным диабетом. Еще одним ценным доказанным свойством

фруктозы является отсутствие негативного влияния ее на зубную эмаль. Содержание остальных сахаров – галактоза, манноза, арабиноза, рибоза, аллопираниноза, левоглюкозан, сорбитол, тураноза, талоза, тагата – зависит от сорта.

В яблоках сортов Гренни Смит и Роял Гала – минимальный набор углеводов – 4. В яблоках сортов Голден Делишес, Антоновка Обыкновенная и Маяк Загорья содержится 8 веществ – углеводов. Кроме сахаров, обнаружены их производные, гликозиды – арабино-гексан-г-лактон, рибофураноза, галактофураноза, фруктофураноза, D-тураноза (является аналогом сахарозы в метаболизме высших растений). Арабино-гексан-г-лактон, рибофураноза, галактофураноза, фруктофураноза, D-тураноза (является аналогом сахарозы в метаболизме высших растений) – содержится почти во всех сортах.

По содержанию редких веществ углеводной природы в яблоках выделяются сорта Маяк Загорья и Гибрид 1. В яблоках сорта Маяк Загорья содержатся редкие сахара – ангидросорбитол (1,5-anhydro-d-sorbitol), гексафураноза и тагатофураноза, или галактозула. В яблоках Гибрида 1 содержится редкая арабино-гексановая кислота (регулирует кислотность, уменьшает всасывание холестерина в кровь), d-глюконовая кислота, тагатофураноза, глюкофураноза, L-сорбоза (редко встречается в плодах яблони, обладает желчегонным, противовирусным эффектами, уменьшает содержание жира в печени, холестерина в крови, улучшает пищеварение) и абиетиновая (редкая, обладает противовирусной активностью) кислоты. Обнаружены также небольшие количества жирных кислот (липидов) – линолевая кислота (в яблоках сортов Роял Гала), олеиновая (в яблоках сорта Голден Делишес).

Кроме веществ высокой пищевой ценности, в яблоках импортных сортов надежно определяются антипитательные вещества – дибутил фталат, ди-н-октилфталат, дигидрометил-нитробензол, нафтамин, аминок-нафтил-дибутил, бензо-карбазол, которые входят в состав средств химической защиты растений.

Выводы

1. Репрезентативными методами исследования биохимический состав плодов 13 сортов яблони разного географического происхождения.
2. Проведен сравнительный биохимический анализ плодов отечественных и зарубежных сортов яблок (представленных в сети магазинов).
3. Определено, что антиоксидантная активность яблок, выращенных в условиях Московской области, на 3-5 % выше, чем у импортируемых сортов.
4. Установлена взаимосвязь между антиоксидантной активностью водного экстракта, титруемой кислотностью ($r = 0,58549$) и антиоксидантной активностью, содержанием аскорбиновой кислоты ($r = 0,468335$).

5. Выявлено, что содержание хлорогеновой кислоты в плодах в среднем на 25-45 % выше, чем галловой.

6. Установлен порядок накопления элементов в плодах и их суммарное содержание. По сумме элементов Гибрид 1 превосходит все исследуемые сорта.

Список использованной литературы / References

1. Gutteridge V., Westekmarck T., Halliwell B. Oxygen damage in biological systems. Free radical, Aging and Degenerative Disease. Ed. By Yohson Y. New York. 1986:142.
2. Joanne L. Slavin and Beate Lloyd Health Benefits of Fruits and Vegetables. 2012. American Society for Nutrition. Adv. Nutr. 2012;3:506-516. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3649719/pdf/506.pdf>
3. Adebawo O., Salau B., Ezima E., Oyefuga O., Ajani E., Idowu G., Famodu A., Osilesi O. Fruits and vegetables moderate lipid cardiovascular risk factor in hypertensive patients. Lipids in Health and Disease. 2006;5:14. doi:10.1186/1476-511X-5-14.
4. Awad M. A., De Jager A. Relationships between fruit nutrients and concentrations of flavonoids and chlorogenic acid in 'Elstar' apple skin. Sci. Hortic. 2002;92:265-276.
5. Drogoudi P. D., Michailidis Z., Pantelidis G. Peel and flesh antioxidant content and harvest quality characteristics of seven apple cultivars. Sci. Hort. 2008;115:149-153.
6. Scalzo J., Politi A., Pellegrini N., Mezzetti B., Battino M. Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. Nutrition. 2005;21:207-213.
7. Авцын А. П., Жаворонков А. А., Риш М. А., Строчкова Л. С. Микроэлементозы человека. М.: Медицина, 1991, 84-108 с. [Avtsyn A. P., Zhavoronkov A. A., Rish M. A., Strochkova L. S. Microelement of human. Moscow: Meditsina, 1991, 84-108]. (in Russian)
8. Treutter D. Biosynthesis of phenolic compounds and its regulation in apple. Plant Growth Regul. 2001;34:71-89.
9. Dieter H. H. Biochemische Essentialitat und Toxikologie von Kupfer. Off. Gesundh. Wes. 1989;51:222-227.
10. Millin W., Marcs S. C., Crozier A. Evaluation of phenolic compounds in commercial fruit juices and fruit drinks. Agric and Food Chem. 2007;5(8):3148-3157.

7. Проведенные исследования показали разнообразие биохимического состава плодов яблони и подтвердили несомненные преимущества отечественных, выращенных в Центральном регионе России, перед импортными.

11. Junhyung Park, Chang Keun Kwock and Yoon Jung Yang. The Effect of the Sodium to Potassium Ratio on Hypertension Prevalence: A Propensity Score Matching Approach. Y. Nutrients. 2016;8(8):482. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4997395>
12. Wolfe K., Wu X., Liu R. H. Antioxidant activity of apple peels, J. Agric. Food Chem. 2003;51:609-614.
13. Delia – Gabriela Dumbrava, Nicoleta – Gabriela Hada-ruga, et all. Antioxidant activity of some fresh vegetables and fruits juices. Journal of Agroalimentary Processes and Technologies. 2011;17(2):163-168.
14. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 21st Edition (2019) Dr. George W. Latimer, Jr. AOAC SMPR (Standard Method Performance Requirements): Antioxidant Activity in Foods and Beverages by Reaction with 2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazil (DPPH). http://www.aoac.org/aoac_prod_imis/AOAC/Publications/Official_Methods_of_Analysis/AOAC_Member/Pubs/OMA/AOAC_Official_Methods_of_Analysis.aspx
15. Rivero-Perez M. D., Muniz P., Gonzalez-Sanjose M. L. Antioxidant profile of red wines evaluated by total antioxidant capacity, scavenger activity, and biomarkers of oxidative stress methodologies. J. Agric. Food Chem. 2007;55(14):5476-5483. doi:10.1021/jf070306q
16. Robbins R. J. Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. J. Agric Food Chem. 2003;51:2866-2887.
17. Лебедев А. Т. Масс-спектрометрия в органической химии. Учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003, 501 с. [Lebedev A. T. Mass spectrometry in organic chemistry. Tutorial. Moscow: BINOM. Laboratory of knowledge, 2003, 501 p.] (in Russian)

Авторы:

Мотылева С. М. – к. с.-х. н., доцент, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства», г. Москва, Россия

Борисова А. А. – д. с.-х. н., профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства», г. Москва, Россия

Authors:

Motyleva S. M., PhD (Agric.), Associate professor, Leader Research, All-Russian Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

Borisova A. A., Dr. Sci. (Agric.), professor, Chief Researcher, All-Russian Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

Поступила: 6.11.2018

Отправлена на доработку: 19.11.2018

Принята к печати: 10.12.2018

Received: 6.11.2018

Revision received: 19.11.2018

Accepted: 10.12.2018

* * *