¹О. Г. Белоус, гнс лаборатории биотехнологии, физиологии и биохимии растений, д. б. н., доцент,

²Э. Г. Базба, нс лаборатории биохимии

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур», г. Сочи,

²Институт сельского хозяйства АН Абхазии, Республика Абхазия, г. Сухум

¹oksana191962@mail.ru

УДК 634.11:581.19(479.224)

DOI 10.31676/2073-4948-2018-53-47-54

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЛОДОВ ГИБРИДОВ ЯБЛОНИ ДЛЯ ПОДБОРА ПЕРСПЕКТИВНОГО СОРТИМЕНТА В РЕСПУБЛИКЕ АБХАЗИЯ

Резюме. Цель исследований – изучение химического состава плодов яблони для выделения перспективных гибридов. В течение трех лет оценивалось содержание растворимых сухих веществ, суммы сахаров, титруемых кислот, пектинов и аскорбиновой кислоты по общепринятым действующим методикам. Выявлено, что гибриды имеют высокие значения сухого вещества (13,60-14,77%); общее количество сахаров колеблется от 8,86 до 11,78%; содержание титруемых органических кислот в плодах находится в пределах от 0,43 до 0,71%; количество аскорбиновой кислоты в плодах составляет в среднем 11,57-17,26 мг/100 г. Различия между гибридами существенные. Выявлено варьирование показателей, характеризующих качество плодов от генотипических особенностей и условий года.

Summary. Purpose of the research was the study of the chemical composition of apple fruits to identify promising hybrids. For three years we have evaluated the content of soluble substances, sum of sugars, titratable acids, pectin and ascorbic acid by conventional existing methods. We are revealed that the hybrids have high values of dry matter (13,60 – to 14,77%), the total amount of sugars was ranged from 8,86% to 11,78%; the content of titrable organic acids in fruits was in the range from 0,43% to 0,71%; the amount of ascorbic acid in the fruit was an average of 11,57-17,26 mg/100 g. The differences between hybrids were significant. We have revealed variation of indicators characterizing fruit quality, genotypic characteristics and environmental conditions.

Ключевые слова: *Malus domestica*, гибриды, качество, аскорбиновая кислота, сахара, органические кислоты, корреляция, условия года.

Keywords: *Malus domestica*, hybrids, quality, ascorbic acid, sugars, organic acids, correlation, terms of the year.

Природно-климатические условия Республики Абхазия позволяют выращивать яблоки с высоким содержанием сахаров и биологически активных веществ. Однако изменение метеорологических параметров, например, наметившаяся тенденция к повышению температур в летний период и повторяющиеся засушливые периоды, оказывают существенное

воздействие на растения, что может служить причиной снижения качества плодов. Яблоки – одна из немногих категорий товарной продукции, которая постоянно востребована в течение длительного периода, поэтому ориентация на производство качественных плодов приводит к несомненной актуальности исследований их химического состава с подбором наиболее перспективного для республики сортимента.

Цель исследований – изучение химического состава плодов яблони для выделения перспективных гибридов. При этом важное значение имеет выявление стабильности химических показателей по отношению к метеорологическим условиям разных лет, которая оценивается по коэффициенту вариации признака по годам.

Лабораторные исследования выполняли на базе лаборатории биохимии Научно-исследовательского института сельского хозяйства Академии наук Абхазии. Коллекционный участок сортов яблони расположен в типичных почвенно-климатических условиях Сухумского района республики Абхазия. Агротехника опытных участков общепринятая для этих почвенных условий. В 2015-2017 гг. объектами исследования являлись 10 гибридов яблони: раннего срока созревания (сбор в конце июля) – формы № 4, 3, 24 и 25 (контролем служил сорт Мелба); среднего срока созревания (сбор в августе-сентябре) – формы № 7, 32, 31, 29 и 30 (контроль – Гала); позднего срока (сбор в октябре) – форма № 1 (контрольный сорт – Ред Чиф).

Биохимический состав плодов изучали по следующим показателям: растворимые сухие вещества, моно- и дисахара, титруемая кислотность, аскорбиновая кислота, сахаро-кислотный индекс, пектиновые вещества. Определение сахаров проводили по методу Бертрана [1]. Определение титруемых кислот (общей кислотности) основано на титровании экстракта раствором 0,1N NaOH в присутствии индикатора [1]. Количественное определение пектиновых веществ вели в присутствии 0,1N NaOH и дезтерификации в течение нескольких часов [1]. Определение аскорбиновой кислоты проводили титрованием 0,001N раствором 2,6-дихлорфенолиндифенола [1]. Статистическую обработку полученных данных вели с использованием ANOVA в программе STATGRAPHICS Centurion XV.

Погодные условия в годы проведения исследований были контрастными, что позволило провести реальную оценку гибридов по качеству плодов. В 2015 году температура воздуха в среднем составляла 23,2 °С, при максимуме 27,4 °С в августе (среднемноголетняя температура в этот период обычно равна 22,9 °С). Количество осадков варьировало от 66 в мае до 210 мм в августе, в то время как в сентябре – всего 10,4 мм. В среднем в 2015 году за активный вегетационный период выпало 90,08 мм, что несколько ниже среднемноголетних показателей (132,4 мм). Влажность воздуха – в среднем 76,6% (среднемноголетняя – 77,6%). В целом данный год по сравнению с

многолетними показателями можно охарактеризовать как оптимальный и типичный для республики.

В 2016 году погода была неустойчивой, сопровождалась резкими перепадами температуры по месяцам. Так, температура апреля и мая составляла в среднем 16 °С, что ниже среднемноголетней. Количество осадков в активный вегетационный период в два раза превысило норму, составив 315 мм. Влажность воздуха – в среднем 74,5% (среднемноголетняя – 77,6%). В итоге год можно охарактеризовать как холодный и дождливый, что отразилось на качественных характеристиках плодов.

2017 год по гидротермическому фактору был далек от обычных климатических условий и характеризовался высокой температурой, максимум приходится на июль (27,5) и август (30 °С). Количество осадков за период активной вегетации – в разы больше, чем в предыдущие годы. Это вызвало доуборочное осыпание, что отразилось не только на количестве урожая, но и на качестве плодов.

Химический состав плодов значительно различался как внутри групп, разделенных по срокам созревания, так и по годам (табл.), так как температурные условия и влажность во время их созревания оказывали непосредственное влияние на содержание биохимических компонентов.

Содержание сухих веществ в плодах анализируемых сортов колебалось в среднем от 12,10 до 17,40% (табл.). Содержание растворимых сухих веществ (РСВ) варьировало от 7,5 до 23%, причем наибольшую ценность представляют сорта, плоды которых содержат много сухих веществ (от 10% и выше) [2-4]. Как показали наши данные, все гибриды укладываются в высокие значения сухого вещества, что характеризует их как ценное сырье. Зависимость содержания РСВ веществ от сроков созревания плодов нами не отмечена, у всех гибридов величина РСВ в среднем за годы исследования составила 13,60-14,77%. В то же время выявлены существенные отличия в зависимости от генотипических особенностей гибридов (табл.). Коэффициент вариации у большинства гибридов в среднем составил от 2,58 до 10,35%, исключение – форма № 4, у которой варьирование по годам достигло 19,15%.

Основное количество сухих веществ составляют сахара, содержание которых зависит от места и районов выращивания яблони [5, 6]. Известно, что в плодах растений в южных районах, где выше инсоляция и температура воздуха, сахаров в плодах больше, чем в тех же сортах, выращенных севернее. В условиях республики Абхазия общее количество сахаров в плодах изучаемых гибридов колеблется от 7,65 до 11,44%. По содержанию сахаров выделилась форма № 29 среднего срока созревания (10,29%) и форма № 1 позднего срока созревания (11,44%) (табл.). Фруктоза, относящаяся к моносахаридам, усваивается организмом человека лучше других сахаров, что увеличивает пищевую и вкусовую ценность яблок [7]. По содержанию

моносахаридов летние и осенние гибриды несколько уступают гибридам позднего срока созревания (табл.), причем генотипические особенности существенно влияют на характер накопления фруктозы. Как правило, сахарозы содержится в яблоках меньше, чем фруктозы. Гибриды имели довольно выровненные показатели содержания сахарозы (в среднем 3,30%), различия в накоплении этого показателя внутри групп среднего и раннего срока созревания существенные.

Таблица.

Биохимический состав плодов яблони (*Malus domestica* P. Mill.), среднее за 2015-2017 гг.

Гибриды	Сухое вещество, %	Аскорбиновая кислота, мг/100 г	Титруемая кислотность, %	Сахара %		Пектин, %
				маннозы	сахарозы	
раннего срока созревания						
Мелба (к)	14,30±0,42	18,43±3,37	0,65±0,07	4,13±0,90	1,55±0,36	1,04±0,08
Форма №4	12,53±2,40	12,82±1,90	0,60±0,10	6,60±0,24	3,24±0,89	1,00±0,17
Форма №3	15,65±0,64	17,07±3,59	0,80±0,14	6,59±0,83	4,00±0,66	0,67±0,47
Форма №24	12,10±1,15	12,80±2,45	0,60±0,08	5,56±0,78	4,26±0,34	1,20±0,10
Форма №25	13,40±2,04	17,99±1,79	0,90±0,12	6,42±0,43	1,95±0,52	1,40±0,09
НСР ($P \leq 0,05$)	2,05	3,29	0,14	0,95	1,05	0,35
среднего срока созревания						
Гала (к)	17,40±1,76	16,90±3,19	0,40±0,10	8,41±0,80	3,24±0,98	1,10±0,68
Форма №7	15,50±1,43	9,44±2,41	0,90±0,09	4,50±0,99	3,15±0,92	2,30±0,20
Форма №32	14,30±2,01	21,03±3,39	0,60±0,12	6,24±1,23	2,04±1,01	0,60±0,07
Форма №31	13,35±1,06	18,69±2,93	0,60±0,14	5,42±1,68	3,46±1,62	2,00±0,71
Форма №29	13,70±1,39	21,30±2,27	0,30±0,08	5,64±1,10	5,28±1,00	0,60±0,08
Форма № 30	14,35±1,48	16,21±3,46	0,55±0,07	6,79±1,06	2,62±0,96	0,68±0,11
НСР ($P \leq 0,05$)	1,45	3,31	0,19	1,34	1,20	0,68
позднего срока созревания						
Ред Чиф (к)	15,83±0,41	15,25±2,70	0,27±0,08	9,03±1,54	3,10±1,54	2,07±0,79
Форма №1	12,90±0,62	7,89±1,97	0,60±0,09	7,44±1,83	4,00±1,66	0,80±0,09
НСР ($P \leq 0,05$)	1,20	3,82	0,19	2,62	НС	НС

*НСР= не существенно при $P \leq 0,05$

Наряду с сахарами вкус плодов определяют органические кислоты [8, 9]. Наиболее высокими вкусовыми качествами плодов обладают генотипы с

содержанием титруемых кислот (ТК) в плодах от 0,4 до 1,0% [10]. Наши исследования показали, что содержание ТК в плодах раннего срока созревания находится в пределах 0,6-0,9%. В гибридах среднего срока созревания их количество ниже и колеблется от 0,3 до 0,6%, за исключением формы № 7 (0,9%), а в яблоках позднего срока количество ТК еще ниже (в среднем 0,43%). Различия между гибридами внутри групп существенные (табл.). Коэффициент вариации по годам у гибридов раннего срока созревания составил 10,9-17,7%, среднего срока – 12,8-23,6%, что указывает на различия в вариабельности признака и среднюю стабильность содержания органических кислот в меняющихся метеорологических условиях года. Вариабельность признака у гибридов среднего срока созревания ниже, чем у контроля данной группы (Gala), что указывает на большую стабильность в накоплении органических кислот. Наибольшая вариабельность данного признака у гибридов позднего срока созревания (в среднем 30%). Считается, что плоды с низкой кислотностью (а в наших условиях это зимние гибриды), а также форма № 29 (осеннего срока, 0,3% органических кислот на 100 г сырого веса) имеют пресный вкус и меньше ценятся при дегустационной оценке.

Сахаро-кислотный индекс (СКИ) характеризует вкус плодов, который при высокой кислотности или низком содержании сахаров составляет около 10 единиц [3, 6, 11, 12]. Наиболее ценятся плоды с СКИ от 15 до 30 единиц [11]. Наши данные показали, что у гибридов раннего срока созревания СКИ находится в пределах 9-16 единиц, в плодах гибридов позднего срока этот показатель составляет в среднем 16 единиц. Причем гибриды раннего срока созревания на 2-6 единиц превосходят контроль для данной группы (сорт Melba), относясь к плодам со слабокислым вкусом. В то время как осенние гибриды (исключение – форма № 29) характеризуются СКИ вдвое ниже, чем у контрольного сорта Gala (имеет сладкий вкус, СКИ = 29 единиц).

Содержание витаминов (в частности, аскорбиновой кислоты – АК) в плодах яблони, как правило, незначительное, но в сочетании с другими веществами они играют важную роль [13, 14]. По данным наших исследований, содержание АК в плодах составляет в среднем от 11,57 (у гибридов позднего срока созревания) до 17,26 мг/100 г (гибриды среднего срока). Вариабельность признака в пределах 14-21%, и его динамика зависит от условий года. По данным ряда авторов, содержание АК в плодах яблони колеблется от 3 до 30 мг и более на 100 г сырого веса [3, 6, 15]. Плоды лучших сортов содержат более 20 мг/100 г АК. Наши анализы показали, что все исследуемые гибриды по содержанию АК укладываются в общепринятые нормы (табл.). Более высокое содержание аскорбиновой кислоты отмечено в сортах среднего срока созревания (табл.), выделяются формы № 29 и 32, у которых количество АК выше, существенно превышая и контроль для данной группы. Как указано выше, содержание аскорбиновой кислоты в плодах – признак неустойчивый, большее или

меньшее ее содержание зависит не только от видовых особенностей и возрастных изменений у растений, но и от сложившихся метеорологических условий года [2, 5, 16]. Так, по литературным данным, растения, обитающие в горах и в северных регионах, богаче витамином С [17]. Во влажные годы и при относительно низких температурах АК образуется более энергично и накопление ее происходит более активно. [11]. Так как климатические условия республики Абхазия относятся к субтропическим, с высокими температурами и активной солнечной инсоляцией, вполне объяснимы наши данные по более низкому содержанию аскорбиновой кислоты в плодах яблони позднего срока созревания – процессы дозревания у этих сортов проходят в период ощутимого водного дефицита.

Многими исследованиями установлено, что пектиновые вещества (ПВ) нейтрализуют и удаляют из организма свинец, цинк, медь и другие тяжелые металлы [3, 5, 6]. Одним из наиболее богатых источников ПВ являются плоды яблони. Именно благодаря их высокому содержанию плоды яблони отличное сырье для различных видов переработки – сушки, замораживания, приготовления соков, вин, пюре, компотов, повидла, варенья, мармелада, цукатов и т. д. Нами установлено, что содержание ПВ в плодах анализируемых гибридов составляет в среднем 1,21%, существенного различия между гибридами разных сроков созревания нами не выявлено в связи с высоким варьированием показателя по годам ($V = 19-38\%$), но отмечены различия внутри групп.

Как правило, для разных видов переработки подбирают сорта с определенным набором биохимических показателей качества. Так, для производства соков более пригодны сорта с высоким содержанием сухих растворимых и экстрактивных веществ, умеренной кислотностью, незначительным количеством пектиновых веществ. Яблоки с высоким содержанием сухих веществ – отличное сырье для изготовления фруктовых порошков и сухофруктов [3, 6, 18]. В наших исследованиях все изучаемые гибриды отлично подходят для производства соков и могут быть великолепным сырьем для производства сухофруктов.

Таким образом, в результате изучения биохимического состава плодов яблони гибридов, выделенных в условиях республики Абхазия, установлено большое разнообразие содержания питательных и биологически активных веществ. Химический состав плодов существенно зависит от генотипических особенностей и изменяется в зависимости от условий года. Варьирование по содержанию химических компонентов значительное, что дает возможность выбора наиболее стабильных.

Список использованной литературы

1. Ермаков А. И., Арасимович В. В., Смирнова-Иконникова М. И., Ярош Н. П. Луковникова Г. А. Методы биохимических исследований растений. – Л.: Колос, 1972. – 456 с.

2. Макаркина М. А. Селекция яблони и смородины красной на улучшение химического состава плодов: 06.01.05 «Селекция и семеноводство»: Автореф. дисс. ... д. с.-х. наук. – Брянск: Брянская ГСХА, 2009. – 50 с.

3. Гудковский В. А., Кладь А. А., Кожина Л. В., Назаров Ю. Б. Физиологические и технологические основы управления продуктивностью насаждений и качеством плодов яблони в предуборочный и послеуборочный период: Матер. науч.-практ. конф. «Научно-практические основы повышения эффективности садоводства для улучшения структуры питания населения отечественной экологически безопасной плодоовощной продукцией», (4-6 сентября 2014 г.) – Мичуринск-научоград РФ, 2014. – С. 18-33.

4. Базба Э. Г., Белоус О. Г., Качурина А. П. Биохимическая характеристика сортов яблони в условиях республики Абхазия // Субтропическое и декоративное садоводство. – Сочи: ФГБНУ ВНИИЦиСК, 2017. – Вып. 61. – С. 129-138.

5. Седов Е. Н., Макаркина М. А., Левгерева Н. С. Биохимическая и технологическая характеристика плодов генофонда яблони. – Орел: ВНИИСПК, 2007. – 310 с.

6. Причко Т. Г., Чалая Л. Д. Результаты исследований по определению устойчивости плодов яблони к стрессовым факторам окружающей среды // Вестник АПК Ставрополя, 2015. – № 2. – С. 212-215.

7. Brown A. G., Harvey D. M. The nature and inheritance of sweetness and acidity in the cultivated apple // Euphytica, 1971. – V. 20. – No. 1. – P. 68-80.

8. Метлицкий Л. В. Основы биохимии плодов и овощей. – М.: Экономика, 1976. – 349 с.

9. Павел А. Р., Мотылева С. М. Содержание тяжелых металлов в плодах новых иммунных к парше сортов яблони [Электронный ресурс]. URL: <http://vniispk.ru/pages/activities/science-activities/articles-2007/article-2007-19>. (дата обращения 13.06.2018)

10. Седов Е. Н., Макаркина М. А., Серова З. М. Генофонд яблони и селекция на улучшение биохимического состава плодов // Вавиловский журнал генетики и селекции, 2014. – Т. 18. – № 3. – С. 540-547.

11. Смирнова Г. А. Основы биохимии. – М.: Высш. шк., 1970. – 320 с.

12. Пшеничный Н. В., Белоус О. Г. Оценка адаптивного потенциала колонновидных сортов яблони в условиях Черноморской зоны центральной подзоны садоводства // Субтропическое и декоративное садоводство, 2012. – Т. 1(46). – С. 45-51.

13. Рысс С. М. Витамины. – Л.: Гос. Изд-во мед. лит-ры, 1963. – 376 с.

14. Светличенко В. Ю. Изменение содержания пластических веществ в плодах яблони под влиянием пленкообразующего состава «Pelecol» при длительном хранении, 2012. [Электронный ресурс]: URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1466677741>. (дата обращения – 05.05.2018)

15. Гаджиев С. Г. Производство саженцев яблони для интенсивных садов: Автореф. дис. ... к. с.-х. наук. – Самохваловичи, 1999. – 19 с.

16. Belous O., Pshenichny N. Columnar Apple cultivars in the conditions Black Sea zone of gardening: Conference “Hygiene a technologie potravin”. – Brno, 2015. – P. 69-74.

17. Грязев В. А., Топилина Е. А. Энергетическая оценка технологии производства яблок: резервы экономии // Садоводство, 1987. – № 1. – С. 11-14.

18. *Belous O., Bazba E., Kochurina A.* Biochemical composition of Abkhazian fruit apple // Sbornik prednasek a posteru: Conference "Food Hygiene and Technology - 46th Lenfeld's and Hökl's Days". – Brno, 2016. – P. 2-7.

¹O. G. Belous, ²E. G. Basba

¹Federal State Budgetary Scientific Institution Russian Research Institute
of Floriculture and Subtropical Crops, Sochi,

²Institute of agriculture of the Academy of Abkhazia, Sukhum

**CHEMICAL ANALYSIS OF FRUITS OF APPLE HYBRIDS FOR SELECTION
OF PROMISING ASSORTMENT AT ABKHAZIA REPUBLIC**