

УДК 634.11.664.851

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ КАТЕХИНОВ В ПЛОДАХ НОВЫХ СОРТОВ ЯБЛОНИ СЕЛЕКЦИИ ВНИИСПК И ПРОДУКТАХ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ

© *Н.С. Левгерова, Е.С. Салина*, М.А. Макаркина*

*Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, Жилина, Орловская область, 302530 (Россия),
e-mail: salina@vniispk.ru*

Как ведущая культура промышленного садоводства яблоня является поставщиком сырья для переработки. Консервы из яблок во многом сохраняют полезные свойства свежих плодов. Цель работы – анализ многолетних данных по содержанию катехинов, обладающих высокими антиоксидантными функциями, в плодах и продуктах переработки 36 новых сортов яблони селекции ВНИИСПК.

Среднее содержание катехинов в плодах новых сортов составило 141.9 ± 4.9 мг/100 г при сортовом варьировании от 91.0 мг/100 г в плодах яблони сорта Веняминовское до 243 мг/100 г в плодах яблони сорта Зарянка ($V=21.0\%$). Во всех видах переработки содержание катехинов было ниже, чем в плодах, и в среднем составляло около трети количества катехинов в яблоках. Содержание катехинов уменьшалось в ряду: сок → компот → варенье, джем, поскольку на их сохранность большое влияние оказывает повышение температуры при процессировании сырья ($r = -0.78^*$). Отсутствие высокой достоверной прямой зависимости содержания катехинов в продуктах переработки от исходного количества в плодах подтверждает важность подбора сортов, сохраняющих высокий уровень содержания катехинов после технической переработки.

Ключевые слова: яблоня, сорта, плоды, катехины, полифенолы, продукты переработки.

Введение

Яблоки являются источником полифенольных соединений, прежде всего катехинов, характеризующихся высокими антиоксидантными свойствами [1–7]. Катехины, обладая вяжущим вкусом, участвуют в формировании вкусовых качеств плодов. В процессе переработки они могут окисляться до темных конденсированных продуктов группы дубильных веществ, вызывая потемнение продукта и оказывая влияние на его вкус, аромат и пищевую ценность [8]. Наряду со свежими плодами консервы из них также являются ценным источником биологически активных веществ, в том числе и катехинов, обладающих антиоксидантным действием. В литературе имеется достаточно много информации о содержании катехинов в свежих плодах яблони, в яблочных соках, джемах, в выжимках [6, 9–16]. Однако сбор и анализ данных, посвященных содержанию физиологически активных веществ, в частности катехинов, в продуктах переработки плодовых

и ягодных культур остается актуальной задачей, особенно в контексте появления новых сортов. К тому же представляет интерес сравнительный анализ содержания Р-активных катехинов в плодах яблони и в продуктах переработки из них.

Во ВНИИСПК (Всероссийском научно-исследовательском институте селекции плодовых культур) на протяжении более 50 лет осуществляется биохимическая и технологическая оценка сортов. По данным исследований, в период с 1958 г. по 1978 г. среднее содержание катехинов в яблоках

Левгерова Надежда Станиславовна – доктор сельскохозяйственных наук, заведующая сектором технологической оценки сортов, главный научный сотрудник, e-mail: levgerova@vniispk.ru

Салина Елена Сергеевна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник сектора технологической оценки сортов, e-mail: salina@vniispk.ru

Макаркина Маргарита Алексеевна – доктор сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией биохимической и технологической оценки сортов и хранения, главный научный сотрудник, e-mail: makarkina@vniispk.ru

* Автор, с которым следует вести переписку.

240 сортов составило 113 мг/100 г. По содержанию катехинов выделились сорта: Багрянка новая (582 мг/100 г), Бунинское (258 мг/100 г), Веллингтон (245 мг/100 г), Банан зимний (326 мг/100 г), Желтое наливное (533 мг/100 г), Камышловское желтое (828 мг/100 г), Кулон-китайка (248 мг/100 г), Мирончик (315 мг/100 г), Пепинка алтайская (378 мг/100 г) и некоторые другие [17].

Анализ полученных данных по изучению содержания катехинов в плодах сортов яблони генофонда ВНИИСПК в период с 1976 г. по 2006 г. (57 сортов) показал, что среднее содержание составило 162 мг/100 г, минимальное – 87 мг/100 г (Масловское), максимальное – 354 мг/100 г (Утренняя звезда), коэффициент сортовой вариации, показывающий индивидуальную сортовую изменчивость признака, – 28.9% [11]. Среди сортов яблони селекции ВНИИСПК самое высокое содержание катехинов в плодах отмечено у сортов Орловский пионер (288 мг/100 г), Кандиль орловский (243 мг/100 г), Чистотел (237 мг/100 г), Память Семякину (221 мг/100 г) [18].

За последние 20 лет во ВНИИСПК созданы и активно внедряются в производство сорта яблони нового поколения – с иммунитетом к парше, триплоидные, колонновидные, сочетающие иммунитет к парше с триплоидией или колонновидность с иммунитетом к парше. Поэтому представляют интерес многолетние данные о содержании катехинов в свежих плодах и различных продуктах переработки, полученные в результате биохимической и технологической оценки новых сортов яблони во ВНИИСПК за период 2000–2019 гг.

Цель исследований – сравнительный анализ многолетних данных по содержанию катехинов в плодах яблони новых сортов селекции ВНИИСПК и в продуктах их переработки.

Экспериментальная часть

В экспериментах, проводимых с 2000 по 2019 гг., использовали плоды яблони 35 новых сортов селекции ВНИИСПК, в том числе 15 иммунных к парше: 13 с геном Rv_6 (Vf) (Афродита, Болотовское, Веняминовское, Имрус, Кандиль орловский, Курнаковское, Орловское полесье, Памяти Хитрово, Свежесть, Солнышко, Старт, Строевское, Юбилей Москвы) и 2 с геном Rv_5 (Vm) (Зарянка, Орловим), 6 триплоидных ($3x$) (Августа, Дарёна, Бежин луг, Масловское, Осиповское, Память Семякину), 5 – сочетающих ген Rv_6 с триплоидией (Жилинское, Рождественское, Спасское, Юбиляр, Яблочный Спас), 8 – сочетающих колонновидность с иммунитетом к парше (Восторг, Гирлянда, Звезда эфира, Орловская Есения, Памяти Блынского, Поэзия, Приокское, Созвездие), Подарок учителю. Все сорта зарегистрированы в ФГБУ «Госсорткомиссия» – Государственном реестре селекционных достижений (Реестр (gossortrf.ru)). Контролем служили плоды и продукты переработки из них сорта Антоновка обыкновенная (диплоидный ($2x$) сорт с полигенной устойчивостью к парше), традиционного для большинства видов переработки и широко распространенного в Центральном и Центрально-Черноземном регионе.

Опытная переработка осуществлялась на сок, компот, варенье, джем согласно Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [19] и в соответствии с Методическими указаниями по химико-технологическому сортоиспытанию овощных, плодовых и ягодных культур для консервной промышленности [20] и действующими стандартами [21–24]. Опытные образцы сока получали с помощью электрической соковыжималки «Bork JU 24150 SI». Сок консервировали в стерильные стеклянные бутылки объемом 1 л горячим розливом при температуре 90°C и укупоривали крышками твист-офф. Технологическая схема производства компота, представляющего собой свежие дольки плодов в сахарном сиропе, включала бланшировку нарезанных на четвертинки яблок в горячей воде (80–85 °C) в течение 3–4 мин. с последующим охлаждением в холодной воде, укладку в стеклянные банки, заливку горячим сахарным 35%-м сиропом, укупорку металлическими крышками СКО и стерилизацию при 85 °C в течение 20 мин. При производстве варенья – продукта, полученного при уваривании плодов в сахарном сиропе до определенной его концентрации (65–68%) и представляющего собой неразваренные дольки в прозрачном нежелирующем сиропе, использовали многократную варку. На 1 кг яблок брали 1.5 кг сахара. Яблоки, нарезанные на дольки толщиной 1.5–2.5 мм, после бланширования (2 мин при 85 °C) заливали горячим 45–55%-м сахарным сиропом, выстаивали в течение 8 часов с последующей 4-кратной варкой и 8-часовым выстаиванием. Оставшийся по рецептуре сахар порционно вносился в 2 последние варки. Окончанием варки считалось достижение вареньем температуры 105.0°C, что соответствует содержанию растворимых сухих веществ (РСВ) 65–68%. После снятия пенок варенье выдерживалось 24 ч, расфасовывалось в стеклянные 0.5-литровые банки, которые укупоривались стерильными металлическими крышками СКО. Джем, представляющий собой плоды, сваренные в сахарном сиропе до получения желеобразной не растекающейся массы, включающей как целые,

так и разваренные кусочки плодов, получали путем однократной варки с сахаром в соотношении 1 : 1.25 предварительно проваренных в небольшом количестве воды нарезанных на мелкие кусочки яблок до температуры 106.5 °С, соответствующей содержанию РСВ 73%.

Пробоподготовку для определения содержания катехинов в свежих плодах проводили сразу после съема, а в продуктах переработки – через 3 месяца хранения. Определение содержания катехинов осуществляли колориметрическим методом в модификации Л.И. Вигорова [19, 25]. Анализ сырья проводили в двух повторностях. Среднюю пробу (не менее 0.5 кг) изучаемого образца измельчали на пластиковой терке, брали две навески по 10 г, заливали горячим 96% этиловым спиртом. Фиксированную пробу хранили 30 дней в темном месте. Через 30 дней проводили экстрагирование образцов горячим этиловым спиртом при помощи вакуумного насоса. Из каждого полученного после экстрагирования образца брали в три пробирки по 1 мл экстракта, в две пробирки добавляли по 5 мл ванилинового реактива (1 г ванилина растворяли в 100 мл концентрированной соляной кислоты), в третью пробирку (контроль) добавляли концентрированную соляную кислоту. Все три пробирки убирали в темное место на 3 мин. По истечении времени смотрели содержание катехинов на фотоэлектроколориметре КФК-2 по шкале оптической плотности. Затем производили расчет с использованием заранее построенного графика. Определение содержания катехинов в продуктах переработки проводилось в 2-кратной повторности и отличалось пробоподготовкой: средняя проба формировалась путем смешивания продуктов из случайно отобранных 2–3 банок консервов.

Статистическая обработка данных выполнена методами вариационной статистики согласно руководству Б.А. Доспехова [26]. Данные, полученные колориметрическим методом, были проанализированы с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA). Кластерный анализ был осуществлен посредством Trial-версии STATISTICA 13 (StatSoft Russia) методом К-средних. Достоверность результатов оценивали по t-критерию Стьюдента при $p \leq 0.05$. Значимость различий между сортами оценивали с помощью дисперсионного и апостериорного (тест Тьюка (Tukey post hoc test) анализ.

Обсуждение результатов

Анализ содержания катехинов в плодах 36 новых сортов яблони селекции ВНИИСПК показал, что в среднем их содержалось 141.9±4.9 мг/100 г (табл. 1).

Сортовая изменчивость находилась в пределах от 91.0 мг/100 г у сорта Веняминовское до 243.0 мг/100 г у сорта Зарянка и характеризовалась коэффициентом вариации (V,%) 21.0%, показывающим значительное варьирование ($V > 20\%$). Однако значение коэффициента вариации все же было ближе к верхней границе умеренного варьирования (20%). Большая часть сортов (48.6%) по содержанию катехинов в плодах – 123.6–151.4 мг/100 г – была на уровне контроля. Ниже контроля отмечено содержание катехинов в плодах 8 сортов. Достоверно выше контроля было содержание катехинов в плодах 11 сортов (рис. 1).

Среди этих сортов особый интерес представляют сорта с высоким содержанием катехинов: Зарянка (243.0 мг/100 г), Память Семакину (221.0 мг/100 г), Болотовское (174.3 мг/100 г), Кандиль орловский (174.0 мг/100 г), Бежин луг (161.5 мг/100 г).

В результате анализа содержания катехинов в продуктах переработки через 3 месяца хранения установлено, что в среднем их сохранялось около трети от количества в плодах. При этом наблюдалась зависимость содержания катехинов как от вида переработки, так и от сорта. В соке изучаемых сортов среднее содержание катехинов составило 78.3±3.2 мг/100 г, то есть чуть больше половины от содержания в свежих плодах. Самое высокое содержание отмечено в соке сорта Александр Бойко (136.3 мг/100 г), самое низкое – в соке сорта Орловская Есения (44.6 мг/100 г). Сортовая изменчивость катехинов в соке была выше средней ($V = 24.5\%$). По содержанию катехинов в соке выделились сорта Память Семакину (127.9 мг/100 г), Юбилей Москвы (113.0 мг/100 г), Дарена (99.7 мг/100 г), Болотовское (94.3 мг/100 г), у которых данный показатель значительно превышал как среднее значение, так и контроль.

В компоте изучаемых сортов в среднем содержалось 55.6±3.3 мг/100 г катехинов – около половины содержания в свежих плодах, в контроле – 78.2 мг/100 г. При этом коэффициент вариации составил 35.8%, минимальное количество катехинов (25.9 мг/100 г) было отмечено в компоте сорта Орловская Есения, максимальное (109.1 мг/100 г) – в компоте сорта Имрус. Высокое содержание катехинов, достоверно превышающее среднее значение, отмечено в компоте сортов Болотовское (95.2 мг/100 г), Подарок учителю (93.0 мг/100 г), Антоновка обыкновенная (78.2 мг/100 г), Память Семакину (86.5 мг/100 г), Свежесть

(78.1 мг/100 г), Орловим (76.0 мг/100 г), Приокское (75.1 мг/100 г), Звезда эфира (69.8 мг/100 г), Созвездие (66.0 мг/100 г), Августа (65.4 мг/100 г).

Среднее содержание катехинов в варенье составило 33.6 ± 3.5 мг/100 г, то есть четверть от содержания в свежих плодах. Размах сортовой изменчивости был большим – от 70.0 мг/100 г (Юбилей Москвы) до 10.9 мг/100 г (Орловская Есения). Высоким содержанием катехинов, достоверно превышающим среднее значение, отличалось варенье сортов Свежесть (68.3 мг/100 г), Старт (67.9 мг/100 г), Созвездие (67.8 мг/100 г), Солнышко (67.3 мг/100 г), Спасское (67.1 мг/100 г), Строевское (67.0 мг/100 г), Яблочный Спас (66.7 мг/100 г), Юбиляр (65.0 мг/100 г).

Таблица 1. Содержание (мг/100 г) Р-активных катехинов в плодах яблони и продуктах их переработки через 3–6 месяцев хранения (в среднем за период 2000–2019 гг.)

Сорт	Плоды,	Сок		Компот		Варенье		Джем	
	мг/100 г	мг/100 г	Сохранность, %						
<i>Антоновка обыкновенная (к)</i>	137.5	54.0	39.3	78.2	56.9	38.1	27.7	39.4	28.7
Августа	147.5	84.2	57.1	65.4	44.3	13.2	8.9	21.7	14.7
Афродита	126.6	81.8	64.6	39.0	30.8	21.4	16.9	23.7	18.7
Бежин луг	161.5	85.3	52.8	42.7	26.4	25.7	15.9	29.2	18.1
Болотовское	174.3	94.3	54.1	95.2	54.6	29.3	16.8	24.8	14.2
Веняминовское	91.0	50.0	54.9	41.7	45.8	20.8	22.9	19.9	21.9
Восторг	111.0	57.6	51.9	31.3	28.2	22.6	20.4	20.6	18.6
Гирлянда	93.5	79.9	85.5	61.2	65.5	17.6	18.8	30.0	32.1
Дарена	138.8	99.7	71.8	40.3	29.0	16.0	11.5	19.7	14.2
Жилинское	127.6	71.6	56.1	41.8	32.8	36.3	28.4	30.3	23.7
Зарянка	243.0	86.2	35.5	58.5	24.1	33.1	13.6	25.4	10.5
Звезда эфира	144.2	64.3	44.6	69.8	48.4	13.5	9.4	38.5	26.7
Имрус	164.0	60.5	36.9	109.1	66.5	15.2	9.3	26.0	15.9
Кандиль орловский	174.0	85.8	49.3	47.8	27.5	18.3	10.5	28.0	1.1
Курнаковское	126.0	66.5	52.8	37.0	29.4	21.1	16.7	22.1	17.5
Масловское	104.3	79.5	76.2	53.1	50.9	24.6	23.6	36.3	34.8
Орловим	138.7	62.7	45.2	76.0	54.8	27.3	19.7	25.3	18.2
Орловское полесье	131.1	83.5	63.7	44.9	34.2	29.6	22.6	21.8	16.6
Орловская Есения	119.2	44.6	37.4	25.9	21.7	10.9	9.1	18.0	15.1
Осиповское	122.7	78.7	64.1	47.8	40.0	22.5	18.3	30.8	25.1
Памяти Блинского	139.7	77.4	55.4	63.2	45.2	21.5	15.4	41.0	29.3
Памяти Хитрово	144.9	69.8	48.2	49.1	33.9	24.5	16.9	15.7	10.8
Память Семакину	221.0	127.9	57.9	86.5	39.1	–	–	27.3	12.4
Подарок учителю	138.5	93.9	67.8	93.0	58.4	24.1	17.4	54.2	39.1
Поэзия	124.5	82.5	66.3	43.0	34.5	18.2	14.6	35.2	28.3
Приокское	140.7	78.9	56.1	75.1	53.4	23.3	16.6	24.0	17.1
Рождественское	129.0	53.1	41.2	57.3	44.4	22.2	17.2	25.9	20.1
Свежесть	161.0	80.1	49.8	78.1	48.5	68.3	42.4	21.8	13.5
Созвездие	123.5	56.4	46.7	66.0	53.4	67.8	54.9	21.8	17.7
Солнышко	149.0	67.2	45.1	28.3	19.0	67.3	45.2	19.5	13.1
Спасское	133.4	72.0	54.0	41.9	31.4	67.1	50.3	64.2	48.1
Старт	163.0	82.5	50.6	51.4	31.5	67.9	41.7	24.9	15.3
Строевское	159.0	83.2	52.3	40.9	25.7	67.0	42.1	28.5	17.9
Юбилей Москвы	157.0	113.0	72.0	40.7	25.9	70.0	44.6	22.7	14.5
Юбиляр	159.5	84.6	53.0	34.9	21.9	65.0	40.8	25.7	16.1
Яблочный Спас	128.1	68.8	53.7	46.9	36.6	66.7	52.1	18.2	14.2
<i>min</i> ¹	91.0	44.6	35.5	25.9	19	10.9	8.9	15.7	1.1
<i>max</i>	243.0	136.3	131.8	109.1	66.5	70.0	54.9	64.2	51.2
\bar{x}	141.9 \pm 4.9	78.3 \pm 3.2	56.6 \pm 2.7	55.6 \pm 3.3	39.3 \pm 2.2	33.6 \pm 3.5	24.0 \pm 2.3	28.5 \pm 1.7	20.7 \pm 1.7
V, %	21.0	24.5	29.4	35.8	32.8	61.4	57.5	36.8	48.7
НСР 0.05	13.9	9.0	7.8	9.4	6.1	9.9	6.6	4.9	4.7

¹Примечание. *min* и *max* – минимальное и максимальное значения показателя соответственно; V – коэффициент вариации; НСР 0.05 – наименьшая существенная разница, рассчитанная при 5% уровне значимости.

В джеме в среднем содержалось 28.5 ± 1.7 мг/100 г катехинов, в контроле – 39.4 мг/100 г. Самое высокое содержание было в джеме сорта Спасское (64.2 мг/100 г), самое низкое – сорта Памяти Хитрово (15.7 мг/100 г) при высоком уровне варьирования характеризовалось $V=36.8\%$. По содержанию катехинов в джеме выделились сорта Подарок учителю (54.2 мг/100 г), Александр Бойко (53.0 мг/100 г), у которых содержание катехинов превышало контроль, а также Памяти Блынского (41.0 мг/100 г), Масловское (36.3 мг/100 г), Поэзия (35.2 мг/100 г), у которых этот параметр превосходил среднее значение.

На основании полученных данных колориметрического анализа продуктов переработки яблоны и с учетом сортовых особенностей (иммунитет к парше, триплоидия, колонновидность) был проведен кластерный анализ, по результатам которого исследуемые образцы распределялись на 5 основных кластеров (табл. 2).

Первый кластер был представлен преимущественно иммунными к парше сортами яблоны (исключение – сорт Жилинское), второй – триплоидными сортами, за исключением сорта Спасское, четвертый – преимущественно колонновидными сортами, за исключением сорта Рождественское, в то время как третий кластер включал иммунные сорта и сорта, сочетающие иммунитет к парше с триплоидией.

По сохраняемости Р-активных катехинов в продуктах переработки сорта также делятся на 5 кластеров (табл. 3). При этом в обоих случаях кластеризации четвертый и пятый кластеры полностью совпадают.

Полученные результаты кластерного анализа свидетельствуют о влиянии сортовых характеристик на накопление Р-активных катехинов и их сохраняемость в продуктах переработки.

Многолетнее изучение пищевой ценности различных видов переработки из плодов новых сортов яблоны селекции ВНИИСПК показало, что содержание катехинов уменьшалось в ряду: сок → компот → варенье, джем (рис. 2), что объясняется влиянием технологии переработки на содержание катехинов. Статистически значимая разница зависимости сохраняемости Р-активных катехинов в продуктах переработки от способа процессирования подтверждается данными дисперсионного анализа и теста Тьюка.

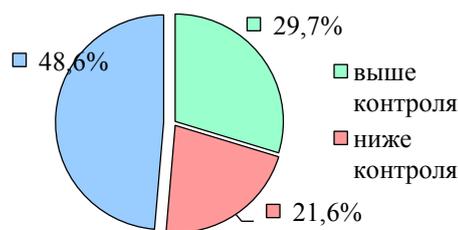


Рис. 1. Распределение изучаемых сортов яблоны по содержанию катехинов в плодах

Таблица 2. Разделение сортов яблоны на кластеры по содержанию Р-активных катехинов в продуктах переработки в зависимости от характеристики сорта

Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	Кластер 4	Кластер 5
Афродита (иммунитет)	Августа (триплоидия)	Свежесть (иммунитет)	Восторг (иммунитет, колонновидность)	Антоновка обыкновенная
Болотовское (иммунитет)	Бежин луг (триплоидия)	Солнышко (иммунитет)	Гирлянда (иммунитет, колонновидность)	Подарок учителю
Веньяминовское (иммунитет)	Дарена (триплоидия)	Старт (иммунитет)	Звезда эфира (иммунитет, колонновидность)	
Жилинское (иммунитет, триплоидия)	Масловское (триплоидия)	Строевское (иммунитет)	Орловская Есения (иммунитет, колонновидность)	
Зарянка (иммунитет)	Осиповское (триплоидия)	Юбилей Москвы (иммунитет)	Памяти Блынского (иммунитет, колонновидность)	
Имрус (иммунитет)	Спасское (иммунитет, триплоидия)	Юбиляр (иммунитет, триплоидия)	Поэзия (иммунитет, колонновидность)	
Кандиль орловский (иммунитет)		Яблочный Спас (иммунитет, триплоидия)	Приокское (иммунитет, колонновидность)	
Курнаковское (иммунитет)			Рождественское (иммунитет, триплоидия)	
Орловим (иммунитет)			Созвездие (иммунитет, колонновидность)	
Орловское полесье (иммунитет)				
Памяти Хитрово (иммунитет)				

Таблица 3. Разделение сортов на кластеры по сохраняемости Р-активных катехинов в продуктах переработки в зависимости от характеристики сорта яблони

Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	Кластер 4	Кластер 5
Афродита (иммунитет)	Августа (триплоидия)	Спаское (триплоидия)	Восторг (иммунитет, колонновидность)	Антоновка обыкновенная
Болотовское (иммунитет)	Бежин луг (триплоидия)		Гирлянда (иммунитет, колонновидность)	Подарок учителю
Веньяминовское (иммунитет)	Дарена (триплоидия)		Звезда эфира (иммунитет, колонновидность)	
Жилинское (иммунитет)	Масловское (триплоидия)		Орловская Есения (иммунитет, колонновидность)	
Зарянка (иммунитет)	Осиповское (триплоидия)		Памяти Бльнского (иммунитет, колонновидность)	
Имрус (иммунитет)			Поэзия (иммунитет, колонновидность)	
Кандиль орловский (иммунитет)			Приокское (иммунитет, колонновидность)	
Курнаковское (иммунитет)			Рождественское (иммунитет, триплоидия)	
Орловим (иммунитет)			Созвездие (иммунитет, колонновидность)	
Орловское полесье (иммунитет)				
Памяти Хитрово (иммунитет)				
Свежесть (иммунитет)				
Солнышко (иммунитет)				
Старт (иммунитет)				
Строевское (иммунитет)				
Юбилей Москвы (иммунитет)				
Юбиляр (иммунитет, триплоидия)				
Яблочный Спас (иммунитет, триплоидия)				

В целом во всех видах переработки из яблок содержание катехинов в той или иной степени было ниже, чем в плодах. Однако высокое содержание катехинов в плодах еще не гарантирует их повышенное содержание в продуктах переработки. Так, в плодах сорта Зарянка, содержащих больше всего катехинов, при переработке на сок сохранилось 35.5% катехинов от содержания в свежих плодах, на компот – 24.1%, на варенье – 13.6%, на джем – 10.5% (табл. 1). В то же время для сорта Жилинское, плоды которого содержали почти в 2 раза меньше катехинов, чем Зарянка, в продуктах переработки в процентном отношении сохранилось значительно больше катехинов: в соке – 56.1% от содержания в свежих плодах, в компоте – 32.8%, в варенье – 28.4%, в джеме – 23.7% (табл. 1). По отношению к исходному содержанию в плодах наибольшая сохраняемость отмечена: в соке – для сорта Гирлянда (85.5%), в компоте – для сорта Имрус (66.5%), в варенье – для сорта Созвездие (54.9%), в джеме – для сорта Спаское (48.1%).

О незначительном влиянии содержания катехинов в свежих плодах на их содержание в продуктах переработки (сохраняемость) говорит и невысокое значение коэффициентов корреляции (рис. 3). При этом о достоверности такой зависимости можно говорить лишь в двух случаях из четырех: содержание катехинов в плодах – содержание катехинов в соке и содержание катехинов в плодах – содержание катехинов в компоте (уровни значимости 1 и 5% соответственно).

На сохраняемость Р-активных катехинов в продуктах переработки сильно влияет температурный режим процессирования сырья (табл. 5). Лучше всего Р-активные вещества сохраняются в соке – продукте, который подвергается минимальной термообработке.

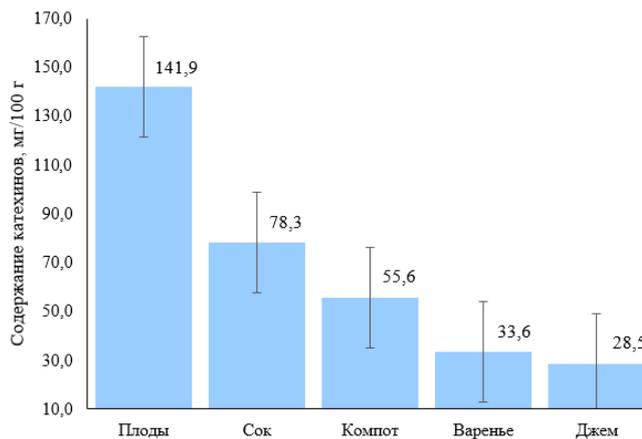


Рис. 2. Содержание катехинов в плодах яблони и в продуктах переработки

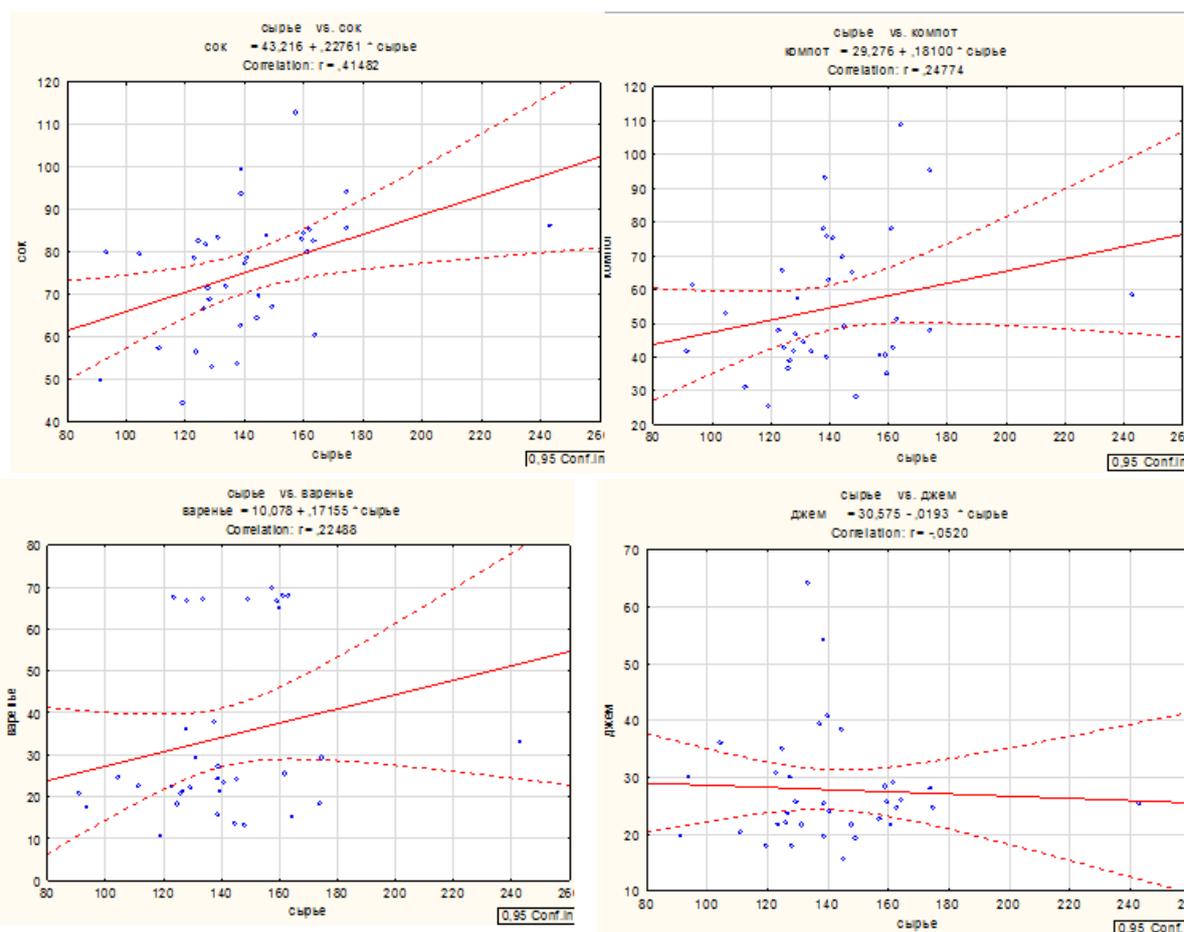


Рис. 3. Зависимость содержания Р-активных катехинов в продуктах переработки от их содержания в сырье

Таблица 5. Корреляционный анализ сохранности Р-активных катехинов в продуктах переработки и температурного режима процессирования сырья

Признак	Температура	Длительность термообработки
Сохранность Р-активных катехинов	-0.78*	-0.36

Очевидно, содержание катехинов в продуктах переработки, то есть их сохраняемость, в большей степени обусловлено сортовыми особенностями накопления катехинов и технологией производства.

Выводы

В результате многолетнего изучения содержания катехинов в плодах 35 новых сортов яблони селекции ВНИИСПК и продуктах их переработки установлено:

1. Среднее содержание катехинов в плодах новых сортов составило 141.9 ± 4.9 мг/100 г при сортовом варьировании от 91.0 мг/110 г в яблоках сорта Веняминовское до 243 мг/100 г в яблоках сорта Зарянка ($V=21.0\%$). Содержание катехинов в яблоках большинства новых сортов яблони селекции ВНИИСПК (17) было на уровне контроля – сорта Антоновка обыкновенная.

2. Во всех видах переработки содержание катехинов было ниже, чем в плодах, и в среднем составило около трети количества катехинов в яблоках.

3. Содержание катехинов уменьшалось в ряду: сок→компот→варенье→джем, поскольку на их сохранность большое влияние оказывает температурный режим (особенно повышение температуры) процессирования сырья ($r = -0.78^*$).

4. Отсутствие высокой достоверной прямой зависимости содержания катехинов в продуктах переработки от исходного количества в плодах подтверждает важность подбора сортов, сохраняющих высокий уровень содержания катехинов в процессе технической переработки.

Список литературы

1. Запрометов М.Н. Фенольные соединения: Распространение, метаболизм и функции в растениях. М., 1993. 271 с.
2. Мустафаева Л.А. Р-витаминноактивные вещества и витамин С в свежих плодах, ягодах и продуктах их переработки // Химия растительного сырья. 2014. №3. С. 201–220. DOI: 10.14258/jcprm.1403215
3. Упадышев М.Т. Роль фенольных соединений в процессах жизнедеятельности садовых растений. М., 2008. 320 с.
4. Van der Sluis A.A., Dekker M., Jager A., Jongen W.M.F. Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: effect of cultivar, harvest year, and storage conditions // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2001. Vol. 49. N8. Pp. 3606–3616. DOI: 10.1021/jf001493u.
5. Pinelo M., Rubilar M., Sineiro J., Nuñez M.J. A thermal treatment to increase the antioxidant capacity of natural phenols: catechin, resveratrol and grape extract cases // European Food Research and Technology. 2005. Vol. 221. N3–4. Pp. 284–290. DOI: 10.1007/s00217-005-1159-7.
6. Balasundram N., Sundram K., Samman S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses // Food Chemistry. 2006. Vol. 99. N1. Pp. 191–203. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.07.042.
7. Kolniak-Ostek J., Oszmianski J., Wojdyło A. Effect of l-ascorbic acid addition on quality, polyphenolic compounds and antioxidant capacity of cloudy apple juices // European food research and technology. 2013. Vol. 236. N5. Pp. 777–798. DOI: 10.1007/s00217-013-1931-z.
8. Скорикова Ю.Г. Полифенолы плодов и ягод и формирование цвета продуктов. М., 1973. 232 с.
9. Савельев Н.И., Леонченко В.Г., Макаров В.Н., Жбанова Е.В., Черенкова Т.А. Биохимический состав плодов и ягод и их пригодность для переработки. Мичуринск, 2004. 124 с.
10. Помология: В 5-ти томах. Т. 1. Яблоня / под общей ред. академика Е.Н. Седова. Орел, 2005. 576 с.
11. Седов Е.Н., Макаркина М.А., Левгерова Н.С. Биохимическая и технологическая характеристика плодов генофонда яблони. Орел, 2007. 312 с.
12. Abid M.A., Ashfaq M., Sharif M.J.H., Rauf K., Mahmood W., Khan I., Abbas G. Total antioxidant capacity of commonly used fruits, vegetables, herbs and spices of Pakistan // Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences. 2017. Vol. 30. N6. Pp. 2147–2150.
13. Shafi W., Mansoor S., Jan S., Singh D., Kazi M., Raish M., Alwadei M., Mir J.I., Ahmad P. Variability in catechin and rutin contents and their antioxidant potential in diverse apple genotypes // Molecules. 2019. Vol. 24(5). 943. DOI: 10.3390/molecules24050943
14. Łysiak G.P., Michalska-Ciechanowska A., Wojdyło A. Postharvest changes in phenolic compounds and antioxidant capacity of apples cv. Jonagold growing in different locations in Europe // Food Chemistry. 2020. Vol. 310. 125912. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125912.
15. Rana S., Rana A., Gupta S., Bhushan S. Varietal influence on phenolic constituents and nutritive characteristics of pomace obtained from apples grown in western Himalayas // Journal of Food Science and Technology-Mysore. 2021. Vol. 58. Pp. 166–174. DOI: 10.1007/s13197-020-04526-y.
16. Colak A.M., Ozogul A. Pomological and biochemical characteristics of local apple genotypes grown in Usac – Turkey // Pakistan Journal of Botany. 2020. Vol. 52. N3. Pp. 955–961. DOI: 10.30848/PJB2020-3(43)
17. Каталог сортов яблони / под ред. Е.Н. Седова. Орел, 1981. 288 с.
18. Седов Е.Н. Селекция и новые сорта яблони. Орел, 2011. 624 с.

19. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. Орел, 1999. 608 с.
20. Методические указания по химико-технологическому сортоиспытанию овощных, плодовых и ягодных культур для консервной промышленности. М., 1993. 108 с.
21. ГОСТ 32103-2013. Консервы. Продукция соковая. Соки фруктовые и фруктово-овощные восстановленные. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 10 с.
22. ГОСТ 816-2017. Консервы. Компоты. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2017. 12 с.
23. ГОСТ 34113-2017. Варенье. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2017. 15 с.
24. ГОСТ 31712-2012. Джем. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 12 с.
25. Вигоров Л.И. Определение различных форм катехинов в плодах и ягодах // Труды II Всесоюзного семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод. Свердловск, 1964. С. 310–322.
26. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М., 1985. 351 с.

Поступила в редакцию 27 мая 2020 г.

После переработки 20 февраля 2021 г.

Принята к публикации 26 февраля 2021 г.

Для цитирования: Левгерова Н.С., Салина Е.С., Макаркина М.А. Сравнительный анализ содержания катехинов в плодах новых сортов яблони селекции ВНИИСПК и продуктах их переработки // Химия растительного сырья. 2021. №2. С. 227–236. DOI: 10.14258/jcrpm.2021027870.

*Levgerova N.S., Salina E.S.**, Makarkina M.A. COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CONTENT OF CATECHINS IN FRUITS OF NEW VNIISPK BREEDING APPLE VARIETIES AND IN THEIR PROCESSING PRODUCTS

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilina, Oryol Region, 302530 (Russia), e-mail: salina@vniispk.ru

Apple is a supplier of raw materials for processing as a leader in industrial horticulture. Apple preserves keep to a large extent useful properties of fresh fruits. The aim of this study was to review multi-year data of catechin content in fruits and processing products of 36 new VNIISPK breeding apple varieties.

The average content of catechin in fruits of new varieties was 141.9 ± 4.9 mg/100 g while cultivar variation was from 91 mg/100 g in Ven'yaminovskoe to 243 mg/100 g in Zaryanka ($V=21.0\%$). The catechin content in all types of processing was lower than in fresh fruits. The catechin content of processing products remained at an average of about a third of catechin quantity in apples. The catechin content decreased in series: juice→compote→preserves of apples and jam, since their preservation is greatly influenced by the increase in temperature during the processing of raw materials ($r = -0.78$ *). The absence of reliable direct correlation between the initial amount of catechin in the fruits and in the processing products confirms the importance of variety selection which keep a high level of catechin during processing.

Keywords: apple, variety, fruits, catechins, polyphenolics, processed products.

* Corresponding author.

References

1. Zaprometov M.N. *Fenol'nyye soyedineniya: Rasprostraneniye, metabolizm i funktsii v rasteniyakh*. [Phenolic Compounds: Distribution, Metabolism and Function in Plants]. Moscow, 1993, 271 p. (in Russ.).
2. Mustafayeva L.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2014, no. 3, pp. 201–220. DOI: 10.14258/jcprm.1403215. (in Russ.).
3. Upadyshev M.T. *Rol' fenol'nykh soyedineniy v protsessakh zhiznedeyatel'nosti sadovykh rasteniy*. [The role of phenolic compounds in the life processes of garden plants]. Moscow, 2008, 320 p. (in Russ.).
4. Van der Sluis A.A., Dekker M., Jager A., Jongen W.M.F. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2001, vol. 49, no. 8, pp. 3606–3616. DOI: 10.1021/jf001493u.
5. Pinelo M., Rubilar M., Sineiro J., Nuñez M.J. *European Food Research and Technology*, 2005, vol. 221, no. 3–4, pp. 284–290. DOI: 10.1007/s00217-005-1159-7.
6. Balasundram N., Sundram K., Samman S. *Food Chemistry*, 2006, vol. 99, no. 1, pp. 191–203. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.07.042.
7. Kolniak-Ostek J., Oszmianski J., Wojdylo A. *European food research and technology*, 2013, vol. 236, no. 5, pp. 777–798. DOI: 10.1007/s00217-013-1931-z.
8. Skorikova Yu.G. *Polifenoly plodov i yagod i formirovaniye tsveta produktov*. [Polyphenols of fruits and berries and the formation of food color]. Moscow, 1973, 232 p. (in Russ.).
9. Savel'yev N.I., Leonchenko V.G., Makarov V.N., Zhanova Ye.V., Cherenkova T.A. *Biokhimicheskiy sostav plodov i yagod i ikh prigodnost' dlya pererabotki*. [Biochemical composition of fruits and berries and their suitability for processing]. Michurinsk, 2004, 124 p. (in Russ.).
10. *Pomologiya: V 5-ti tomakh. T. 1. Yablonya* [Pomology: In 5 volumes. Vol. 1. Apple tree], ed. Ye.N. Sedov. Orel, 2005, 576 p. (in Russ.).
11. Sedov Ye.N., Makarkina M.A., Levgerova N.S. *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.).
12. Abid M.A., Ashfaq M., Sharif M.J.H., Rauf K., Mahmood W., Khan I., Abbas G. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2017, vol. 30, no. 6, pp. 2147–2150.
13. Shafi W., Mansoor S., Jan S., Singh D., Kazi M., Raish M., Alwadei M., Mir J.I., Ahmad P. *Molecules*, 2019, vol. 24(5), 943. DOI: 10.3390/molecules24050943.
14. Lysiak G.P., Michalska-Ciechanowska A., Wojdylo A. *Food Chemistry*, 2020, vol. 310, 125912. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125912.
15. Rana S., Rana A., Gupta S., Bhushan S. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 2021, vol. 58, pp. 166–174. DOI: 10.1007/s13197-020-04526-y.
16. Colak A.M., Ozogul A. *Pakistan Journal of Botany*, 2020, vol. 52, no. 3, pp. 955–961. DOI: 10.30848/PJB2020-3(43).
17. *Katalog sortov yabloni* [Catalog of apple varieties], ed. Ye.N. Sedov. Orel, 1981, 288 p. (in Russ.).
18. Sedov Ye.N. *Seleksiya i novyye sorta yabloni*. [Selection and new varieties of apple trees]. Orel, 2011, 624 p. (in Russ.).
19. *Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur* [Program and methodology of variety study of fruit, berry and nut crops], ed. Ye.N. Sedov, T.P. Ogol'tsova. Orel, 1999, 608 p. (in Russ.).
20. *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.).
21. *GOST 32103-2013. Konservy. Produktsiya sokovaya. Soki fruktovyye i fruktovo-ovoshchnyye vosstanovlennyye. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya*. [GOST 32103-2013. Canned food. Juice products. Reconstituted fruit and vegetable juices. General technical conditions]. Moscow, 2014, 10 p. (in Russ.).
22. *GOST 816-2017. Konservy. Kompoty. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya*. [GOST 816-2017. Canned food. Compotes. General technical conditions]. Moscow, 2017, 12 p. (in Russ.).
23. *GOST 34113-2017. Varen'ye. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya*. [GOST 34113-2017. Jam. General technical conditions]. Moscow, 2017, 15 p. (in Russ.).
24. *GOST 31712-2012. Dzhemy. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya*. [GOST 31712-2012. Jams. General technical conditions]. Moscow, 2014, 12 p. (in Russ.).
25. Vigorov L.I. *Trudy II Vsesoyuznogo seminar po biologicheski aktivnym (lechebnym) veshchestvam plodov i yagod*. [Proceedings of the II All-Union seminar on biologically active (medicinal) substances of fruits and berries]. Sverdlovsk, 1964, pp. 310–322. (in Russ.).
26. Dospikhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)*. [Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, 1985, 351 p. (in Russ.).

Received May 27, 2020

Revised February 20, 2021

Accepted February 26, 2021