

ПОЛИФЕНОЛЫ ТКАНЕЙ ПЛОДОВ КОСТОЧКОВЫХ КУЛЬТУР В ПРОФИЛАКТИКЕ НЕКОТОРЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЧЕЛОВЕКА

А. А. РИХТЕР, В. М. ГОРИНА

*Никитский ботанический сад – Национальный научный центр,
Никитский спуск, 52, пгт Никита, Ялта, Крым, Россия,
e-mail: valgorina@yandex.ru*

АННОТАЦИЯ

В обзорной статье рассмотрена связь антиоксидантной активности тканей плодов растений с накоплением полифенольных соединений в них. Обсуждается роль полифенолов в профилактике ряда связанных с окислительным стрессом заболеваний. Синтез генотипов разных культур (слива, персик), богатых фенольными соединениями с усиленными антиоксидантными и красящими свойствами, демонстрирует широкие возможности селекции в создании растений косточковых культур с лечебно-профилактическими особенностями плодов. Приводится пример интенсификации селекционного процесса, который показывает возможность обновления сортов на основе специализированных признаков плодов.

Ключевые слова: плоды, антиоксидантная активность, слива, персик, Россия.

Возрастающая экологическая угроза негативно сказывается на здоровье населения разных стран. Согласно статистике за 2014 г. в России было зарегистрировано 535 000 новых случаев новообразований: 54 % – женщины, 46 % – мужчины, а смертность достигла 300 000 человек. За последние годы заболеваемость людей увеличилась на 15 %. Считается, что через 10–15 лет показатели будут еще хуже, так как у 10 % пациентов нет средств на лечение, а 20 % обращаются слишком поздно. Статистика заболеваемости раком среди мужчин показывает, что рак легких обнаруживается у 18,4 %, простаты – 12,9, кожи – 10, желудка – 8,6, кишечника – 5,9 %. При этом смертность от рака легких составляет 26,8 %, простаты – 7,2, желудка – 11,7 %. Заболеваемость раком среди женщин свидетельствует, что рак груди регистрируется у 20,9 %, кожи – 14,3, матки – 7,7, кишечника – 7, желудка – 5,5, шейки матки – 5,3, яичников – 4,6, лейкозы – 4,5, легких – 3,8 %. Смертность от рака груди достигла 17 %, кишечника – 9,5, желудка – 10, легких – 6,5 %. В мире от рака ежегодно погибает 4,5 млн мужчин и 3,5 млн женщин в возрасте 60–70 лет. Максимальные показатели среди мужчин отмечены в странах Европы, а среди женщин – в странах Восточной Африки [1]. Всемирная организация здравоохранения сообщает, что рак молочной железы диагностируется в 16 % случаев смертей от различных форм рака у женщин во всем мире [2]. Прогнозируется, что из-за глобального старения населения число новых случаев этого заболевания к 2025 г. возрастет до 19,3 млн [3].

Рак представляет собой группу заболеваний, характеризующихся неконтролируемым ростом и распространением аномальных клеток, которые могут привести к смерти без своевременного вмешательства. Хирургическое лечение, облучение и химиотерапия являются распространенными методами, используемыми в лечении рака, целью которого является либо вылечить болезнь или продлить и улучшить качество жизни пациента. Токсичность лекарственных препаратов и устойчивость пораженных тканей к ним остаются основными препятствиями для улучшения общего состояния и выживаемости онкологических больных [4]. В процессе лечения в организме человека развивается приобретенная резистентность по отношению к противоопухолевым препаратам, что приводит к рецидивам и прогрессии опухоли [5]. Злокачественная трансформация является многоступенчатым процессом, вызванным генными изменениями, в связи с чем мономодальная терапия, как правило, терпит неудачу в лечении рака [6]. Многие из противоопухолевых препаратов, используемых в настоящее время в терапии рака, были разработаны из натуральных растительных продуктов (винкристин, винбластин, этопозид, паклитаксел, камптотecin, топотекан и иринотекан), морских организмов (цитарабин) и микроорганизмов (дактиномицин, блеомицин, и доксорубин). Помимо этого, существуют также пищевые

полифенолы растительного происхождения, такие как куркумин, ресвератрол, генистеин, эпигаллокатехин-3-галлат, индол-3-карбинол и его производная 3, 3'-дииндолилметан. Ряд исследований, связанных с культивированием раковых клеток, продемонстрировал защитную роль этих пищевых полифенолов и роль своих интерферонов в способности подавлять рост клеток за счет снижения синтеза РНК и протеинов [3]. Фенолы представляют собой органические соединения, которые синтезируются в тканях плодов. Они могут быть связаны с такими признаками, как аромат, вкус или цвет. Даже самый агрессивный тип клеток рака груди погибал после лечения его препаратами из экстрактов плодов сливы или персика в лабораторных тестах в Техасе Agri Life Research [2]. Следовательно, существует необходимость в определении более безопасных, но не менее эффективных соединений, которые будут использоваться при лечении рака и которые могут быть найдены в естественных условиях [6].

Обмен веществ и дыхание в живых организмах являются окислительно-восстановительными процессами. Активные формы кислорода контролируются антиоксидантной системой защиты организма. При патологических состояниях происходит нарушение баланса в системе оксиданты–антиоксиданты, усиливается генерация активных форм кислорода и азота, что приводит к окислительному стрессу [7]. Перекисное окисление вызывает повреждение клеточных структур и возникновение патологических изменений. Окислительный стресс обуславливает многие хронические и дегенеративные заболевания. Сдерживать образование излишних свободных радикалов помогают некоторые ферменты и связанные с ними коэнзимы из различных групп витаминов (А, В, С, Е, Р) и микроэлементы (селен, медь, марганец, цинк, железо). Целебные свойства плодов и ягод во многом обусловлены их обеспеченностью природными антиоксидантами, которые эффективно нейтрализуют разрушительное действие свободных радикалов. Важнейшими антиоксидантами, поступающими при употреблении растительных продуктов, являются: витамин С, токоферолы, каротин и витамин А, фитостерины, полифенолы, ферменты и микроэлементы. Экономному расходованию аскорбиновой кислоты и созданию мощной системы антиоксидантной защиты способствует высокое содержание антоцианов, а также лейкоантоцианов и катехинов. В связи с этим плоды перспективных новых сортов различных культур оценивают на биохимические признаки [8]. Фенольные соединения привлекают все большее внимание в качестве потенциальных агентов для профилактики и лечения многих связанных с окислительным стрессом заболеваний, таких как сердечно-сосудистые недомогания, рак, старение, сахарный диабет и нейродегенеративные патологии [9].

Такие полифенольные соединения, как флавоноиды, представляют производные бензо-γ-пирона, в основе которых лежит фенилпропановый скелет, состоящий из С6-С3-С6 углеродных единиц. Эти соединения являются вторичными метаболитами, содержащимися в различных пищевых продуктах растительного происхождения, включаемых в диету человека. В настоящее время идентифицировано около 10 000 флавоноидов, которые делятся на шесть подклассов: флавонолы (квевитин, кемпферол, мирицетин, изорафнетин); флавоны (апигенин, лютеолин, нарингенин, байкалеин, байкалин, тангеретин, кризин и др.); флаван-3-олы (катехин, эпикатехин, галлокатехин, эпигаллокатехин, галлатные эфиры, проантоцианидины или конденсированные танины); антоцианидины (цианидин, дельфинидин, мальвидин, пеларгонидин и др.); флаваноны (гесперидин и др. в виде дисахаридов, например, рутинозидов) и изофлавоны (генистеин, дайдзеин, глицитеин, формонетин, биоканин в виде водорастворимых глюкозидов) [10].

Антиоксидантная активность различных полифенолов широко варьирует и составляет для аскорбиновой кислоты – 2,10, цистеина – 0,85, глутатиона – 0,94, кофейной кислоты – 3,69, галловой кислоты – 2,89, пирогаллола – 3,13, катехина – 3,84, кверцетина – 5,19 (данные получены потенциометрическими методами с использованием $K_3[Fe(CN)_6]$ в качестве модели окислителя) [11]. Активность, заключающаяся в связывании свободных радикалов, для лютеолина достигала – 3,9, фисетина – 6,1, кемпферола – 1,9, кверцетина – 6,6, мирцетина – 7,1, эпикатехина – 4,9, эпигаллокатехина – 6,8, эпикатехин-галлата – 6,4, эпигаллокатехин-галлата – 9,3 (в присутствии радикала дифенилпикрилгидразина) [12].

Состав и соотношение различных видов микроорганизмов кишечной микробиоты в пределах человеческой популяции весьма разнообразны и зависят от таких факторов, как возраст,

здоровье, этническое происхождение, зона проживания, пищевой статус, применение антибиотиков. Так что каждый индивидуум имеет свой собственный набор микроорганизмов [13]. Населяющие толстый кишечник бактерии относятся к четырем основным типам: *Firmicutes* (64 %), *Bacteroidetes* (23 %), *Proteobacteria* (8 %) и *Actionobacteria* (3 %). Эти бактерии владеют полным набором ферментов, обеспечивающих расщепление как конъюгированных флавоноидов, так и агликонов. Считается, что метаболическая способность толстого кишечника примерно в 100 раз превосходит таковую у печени. При этом, в отличие от печеночного метаболизма ксенобиотиков, заключающегося в основном в окислении и конъюгации, бактериальный метаболизм в кишечнике не вовлекает кислород, осуществляя главным образом гидролиз пищевых полифенолов и приводя к образованию неполярных продуктов с низкой молекулярной массой [13]. Происходит спонтанный разрыв гетероциклического С-кольца с дальнейшей деградацией А- и В-колец. В результате чего фенольные продукты, образовавшиеся из кольца А, обычно деградируются до короткоцепочечных жирных кислот, а кольцо В трансформируется в фенолокислоты. Таким путем кишечная микрофлора деградирует флавонолы до гидроксифенилуксусной кислоты, флавоны и флаваноны – до гидроксифенилпропионовой кислоты, флаванолы – до фенилвалеролактонов и гидроксифенилпропионовой кислоты [14]. Эти простые фенольные соединения легко абсорбируются из толстого кишечника и оказывают действие на организм, попадая в общий кровоток. Нельзя исключить, что в результате микробной трансформации могут образовываться не менее активные метаболиты [10, 13, 14].

В подавляющем числе экспериментов *in vitro* используются богатые полифенолами экстракты или агликоны флавоноидов. Однако в условиях целого организма органы-мишени практически никогда не вступают в прямой контакт с агликонами флавоноидов, а лишь с их метаболитами или конъюгированными формами. Кроме того, концентрации агликонов, которые обычно используются в экспериментах *in vitro*, практически никогда не достигаются *in vivo*. Так, после потребления единичного полифенольного соединения в дозах 10–100 мг его максимальная концентрация в сыворотке крови, как правило, не превышает 1 мМ. Причем нативные флавоноиды (агликоны) в крови обычно определить не удастся [10, 15]. Таким образом, не существует прямой корреляции между результатами экспериментов *in vitro* и *in vivo*, и к данным, полученным *in vitro*, следует относиться критически [10].

Персики и сливы являются наиболее важными косточковыми плодовыми растениями в мире, но мало что известно о влиянии химического состава их плодов на здоровье человека [3]. В связи с этим антиоксидантную активность плодов 24 образцов различных растений измеряли методом определения адсорбционной емкости по отношению к кислородным радикалам (ORAC) и исследовали общее содержание полифенолов в них. Основываясь на свежей массе, плоды бузины (*Sambucus nigra*) показали самую высокую антиоксидантную способность (205,4 мкмоль-экв.

Таблица – Содержание сухих веществ (%), полифенолов (мг-экв. галловой кислоты/100 г) и антиоксидантная активность (мкмоль-экв. Trolox/г сырого в-ва) плодов различных растений (*n* = 6) [16]

Культура	СВ	ПФ	АА	Культура	СВ	ПФ	АА
Дыня	8,1	40,4	2,3	Клубника	10,4	386,5	47,2
Арбуз	9,3	39,8	3,8	Вишня	15,2	529,9	58,6
Тыква	6,3	14,6	4,9	Клюква	16,8	705,5	70,0
Персик	20,9	41,1	6,2	Ежевика	21,5	688,2	74,2
Белый виноград	14,5	118,1	6,3	Терн	29,6	858,3	79,1
Абрикос	10,3	44,4	7,2	Рябина	34,2	733,6	80,9
Слива	16,8	64,5	10,8	Смородина черная	20,7	835,1	96,0
Инжир	18,3	98,7	13,6	Черника	13,6	819,5	98,8
Яблоня	12,4	126	13,8	Боярышник	29,4	1184,4	153,6
Гранат	10,6	195,1	19,7	Арония	28,9	1817,8	160,8
Красный виноград	21,1	195,5	26,8	Шиповник	34,5	1934,3	201,1
Малина	15,0	369,1	38,9	Бузина	21,1	1148	205,4

П р и м е ч а н и е: СВ – сухие вещества, ПФ – полифенолы, АА – антиоксидантная активность.

Trolox/г сырого в-ва), за которой следуют шиповник (*Rosa canina*) (201,1), арония (*Aronia melanocarpa*) (160,8) и боярышник (*Crataegus mollis*) (153,6), тогда как персик (*Persica vulgaris*) (6,2), абрикос (*Armeniaca vulgaris*) (7,2), слива (*Prunus domestica*) (10,8) и яблоня (*Malus domestica*) (13,8) находятся в первой трети приведенной таблицы [16].

Выявлена положительная корреляция между содержанием фенольных соединений и антиоксидантной активностью для плодов сливы ($r = 0,95$), персика ($r = 0,94$), абрикоса ($r = 0,92$), это указывает на то, что полифенолы являются основными факторами антиоксидантной активности исследуемых плодов [17–19]. Пользу от потребления плодов и ягод часто объясняют высоким содержанием в них антиоксидантов. Исследования подтверждают роль вторичных метаболитов растений, особенно полифенолов, в предотвращении сердечно-сосудистых заболеваний и рака. Плоды различных сортов яблони являются важным источником фенольных веществ, потребляемых в разное время года. В связи с этим сообщалось, что среднее суммарное содержание полифенолов (мг-экв. галловой кислоты 10^{-2} /г сырого в-ва) и антиоксидантная активность гидрофильных экстрактов из плодов 19 сортов яблони (мг-экв. Trolox/г сырого в-ва), а также липофильная антиоксидантная способность (ед. антиоксид. активн./г сырого в-ва) варьировали от 25; 7,2; 37,5 (Rubens) до 44,3; 11,1; 4,1 (Cox Orange).

Эксперименты показали, что высокое содержание полифенолов и антиоксидантов может поддерживаться оптимальными условиями хранения. Таким образом, яблоки могут способствовать обогащению организма человека антиоксидантами и приносить пользу для здоровья в течение всего года [20]. Выявленная вариабельность биохимических признаков плодов (сумма фенольных соединений, каротиноидов, антоцианов и антиоксидантной активности) среди более 100 различных сортов сливы, персика и нектарина подтверждает представление о том, что могут быть созданы сорта с улучшенным содержанием химических компонентов. Отдельные генотипы сливы и персика с антоцианово-красной окраской мякоти по сравнению с черникой имели сопоставимые или превышающие количества фенольных соединений с высокой антиоксидантной активностью [21].

Слива. Широкий биологический потенциал *Prunus* L. обусловил весомые достижения в селекции сливы. Известны успехи в создании новых сортов этой культуры в Беларуси. По производству плодов в мире слива среди косточковых растений следует сразу за персиком и занимает обширные территории на северном полушарии [22, 23]. Промышленные насаждения сливы домашней на юге России представлены новыми сортами отечественной селекции с расширенным периодом созревания и использования плодов. При изучении 32 сортов сливы, 37 абрикоса, 26 алычи, 72 черешни и 38 вишни было показано, что среднее содержание Р-активных веществ (полифенольные компоненты) в плодах сливы (170 мг/100 г) существенно превышает данные для абрикоса (80), алычи (60), черешни (70) и вишни (140 мг/100 г) [24]. Неохлорогеновая кислота и гликозиды кверцетина являются преобладающими полифенолами (в среднем 29,9 мг/кг и 50,7 мг/кг соответственно) [19]. Кроме того, два глюкозида лигнина, обладающие высокой активностью поглощения кислорода, были выделены из плодов *P. domestica* [25]. Общее содержание антоцианов в течение 2 недель до полного созревания плодов сливы домашней изменялось от 32,09 до 43,50 мг-экв. цианидин-3-глюкозида / 100 г сухого в-ва, сумма флавоноидов – 299,1–157,5 мг-экв. катехина / 100 г сухого в-ва. Сумма фенолов – 480,8–347,3 мг-экв. галловой кислоты / 100 г сухого в-ва и антиоксидантная активность 2834–1739 (мкмоль-экв. Trolox / 100 г сухого в-ва) также снижались. В образцах высушенных слив эти показатели составили: антоцианы – 4,17–3,89; сумма флавоноидов – 321,8–149,4; сумма фенолов – 639,9–483,6 и антиоксидантная активность – 3006–2244. Содержание неохлорогеновой кислоты изменялось в свежих плодах от 25,54 до 27,21; в сушеных – 21,93–9,60; хлорогеновой – 5,51–4,88 и 2,60–1,20; кофейной – 10,72–11,29 и 14,93–17,31; галловой – 3,11–3,28 и 10,97–14,16 мг-экв. галловой кислоты / 100 г сухого в-ва. Следовательно, в тканях свежих и сушеных плодов сливы преобладали неохлорогеновая и кофейная кислоты, тогда как существенное содержание галловой кислоты было выявлено в сушеных сливах [26]. Благоприятные погодные условия года вегетации способствовали накоплению повышенных концентраций антоцианов и других фенольных веществ в плодах слив [27]. Содержание полифенолов может изменяться в зависимости от сорта, климата, условий хранения

и переработки. При суммарном содержании фенольных соединений, варьирующем в диапазоне 30,8–97,6 %, флавонолы составляют 1,6–19 %, антоцианы – 12,6–50,3 %. Среди этих антиоксидантов неохлорогеновая кислота всегда являлась преобладающим компонентом, далее следовала хлорогеновая [28]. Различные антиоксиданты в плодах сливы играют важную роль в комбинационном или синергическом взаимодействии этих компонентов. Полифенолы, содержащиеся в плодах растений, обуславливают широкий диапазон антиоксидантной активности их тканей. К ним относятся: гидроксикоричные кислоты (кофейная, феруловая, хлорогеновая, неохлорогеновая); флаван-3-олы или флавоноиды (катехины, лейкоантоцианы, описано несколько тыс. таких соединений); производные галловой кислоты (различные дубильные вещества, например, танин); флавонолы (группа флавонолов, обеспечивающих желтый цвет тканей) и антоцианы (пигментные вещества из группы гликозидов, в растениях обуславливают красную, фиолетовую и синюю окраски плодов, цветов и листьев). Считается, что многие из этих природных веществ участвуют в нашем ежедневном рационе при корректировке антиаллергических, антимуtagenных и противовоспалительных свойств организма [27].

Существует группа сортов сливы домашней, из плодов которых получают чернослив высокого качества, который должен содержать не более 140 сушеных плодов в 1 кг при их влажности 28 %, иметь хорошо выраженный аромат, яркую темную окраску, сохранять упругую консистенцию мякоти и форму плода. К мировым стандартам относятся сорта: Венгерка ажанская, Венгерка итальянская, Венгерка домашняя. Для южных регионов России созданы новые сорта: Юбилейная сочинская, Кубанская легенда, Венгерка кавказская, Чернослив адыгейский, Соперница и Сентябрьская [29]. Потребление такого продукта, как чернослив, получаемого из плодов *Prunus domestica*, *Prunus salicina* и *Prunus americana*, полезно для профилактики кровообращения, рака, диабета и ожирения. Он обладает антиоксидантными, противораковыми качествами, способен снижать уровень глюкозы в крови (гипергликемическое действие), уменьшать уровень липидов в крови и избавлять от лишнего жира (антигиперлипидемические свойства), снижать давление и противодействовать хрупкости костной ткани (антигипертензивное и антиостеопорозное действие), способен защищать клетки паренхимы печени (гепатопротекторный эффект) и обладает слабительными особенностями. В нем содержатся диетические волокна, углеводы, аминокислоты, витамины, минералы и полифенольные антиоксиданты [30, 31]. Было показано, что чернослив является пищевым продуктом с самой высокой антиоксидантной активностью – 204,9–567 мг/100 г, далее следуют изюм, черника, ежевика, клубника, малина, их активность основана на способности устранять радикалы кислорода [28]. Фенольные соединения чернослива состоят в основном из рутина, хлорогеновой, неохлорогеновой, кофейной и кумаровой кислот [32] и проантоцианидина – мощного антиоксиданта, стабилизирующего выработку организмом коллагена и эластина [33]. Процесс сушки увеличивает его антиоксидантную активность из-за неферментативных продуктов, называемых меланоидинами. В черносливе вклад полифенолов в антиоксидантную активность составляет около 23 % [34]. Карамелизация – это процесс окисления сахаров при их нагревании, который применяется для придания продуктам питания особого «карамельного» вкуса, а меланоидинообразование – это совокупность химических реакций, происходящих при хранении консервированных продуктов (плодов, ягод и овощей). Образующиеся при этом меланоидины имеют темный цвет (от красно-коричневого до темно-коричневого). Чернослив применялся на протяжении веков в сладких блюдах и соусах. Он используется для лечения кислотной диспепсии, тошноты, рвоты, для уменьшения жажды, при желчных коликах и головной боли. Протокатеховая кислота, кофеилхинные, гидроксикоричные кислоты, кумарины, лигнины и флавоноиды, присутствующие в нем, обладают высокой антиоксидантной активностью [35]. Изомеры неохлорогеновой и хлорогеновой кислот в этом продукте обладают способностью активного поглощения супероксидных анионов и ингибируют окисление метиллинолеата [36].

Потребление йогурта в дозе 260 г/день, содержащего галактоолигосахариды (12 г/сут), чернослив (12 г/день) и льняное семя (12 г/сут), уменьшало тяжесть запоров у пожилых людей [37]. Было обнаружено, что ежедневное потребление сока чернослива добровольцами-мужчинами оказывает слабительное действие [38] и обуславливает снижение сывороточной активности ала-

нитрансаминазы и щелочной фосфатазы в сыворотке крови [39]. Поэтому сок данного продукта может быть полезен как мягкое слабительное при заболеваниях печени. Чернослив был признан фармакологически активным как антиоксидант и противораковый препарат, который способен устранять чувство эмоционального напряжения, беспокойства, тревоги, страха (анксиолитическое действие) и является мягким слабительным, и эффективно снижает уровень липидов в крови, проявляя антигиперлипидимические свойства. Его эффективность в лечении и профилактике повышенного уровня холестерина в крови (гиперхолестеринемия) была зарегистрирована в клинических исследованиях. Он оказывает положительное влияние на сердечно-сосудистые параметры благодаря антиоксидантной активности, высокому содержанию клетчатки и калия, имеет широкий спектр питательных и лечебных возможностей, и ежедневное потребление его может быть полезным при лечении или профилактике различных заболеваний. В свежем черносливе присутствует 81 мг/100 г неохлорогеновой кислоты, в высушенном – 131 и в сливовом соке – 22,5 мг/100 г. Содержание хлорогеновой кислоты в свежем черносливе достигало 14,4 мг/100 г, в высушенном – 44, в сливовом соке – 19,3 мг/100 г [31].

Фенолы, такие как хлорогеновая и неохлорогеновая кислоты, проявляют антиоксидантные свойства, препятствуют окислению липидов и устраняют свободные радикалы [28]. Данные кислоты могут защитить липопротеиновые комплексы от окисления на 86–97 %, и таким образом болезни, связанные с возрастом, могут быть предотвращены [40]. Они снижают риск развития рака путем поглощения активных форм кислорода, усиления восстановления повреждений ДНК, детоксикации канцерогенеза, изменения поглощения канцерогенных веществ и их метаболизма. В то же время они имеют низкую токсичность в нормальных клетках. Для фракций фенолов из плодов сливы сорта Black Splendor показано, что хлорогеновая и неохлорогеновая кислоты эффективно ингибировали рост эстроген-независимой MDA-MB-435 рака молочной железы и обладали низкой токсичностью, оказываемой на нормальные клетки MCF-10A [21].

Противораковое действие чернослива связано с антиоксидантной активностью его составляющих. Считается, что из-за содержания неохлорогеновой и хлорогеновой кислот происходит улучшение антиоксидантной защиты при окислительном стрессе в головном мозге у человека [41]. Он очень эффективен в предотвращении потери костной массы [42], является богатым источником селена и бора. Оба этих микроэлемента модулируют метаболизм костной ткани и сохраняют минеральную плотность кости. У женщин в постменопаузе добавки этого продукта увеличивали образование костной ткани и уменьшали рассеянность, снижая тем самым риск развития остеопороза [42, 43].

Персик. При изучении воздействия фенольных компонентов, выделенных из плодов персика сорта Rich Lady, показано, что фракции флавоноидов и процианидинов были более эффективными при карциногенезе по сравнению с фракциями фенольных кислот и антоцианов. Среди флавоноидов кверцетин-3-бета-глюкозид является наиболее активным соединением [21]. Персики содержат различные биологически активные соединения, такие как фенольные кислоты, каротиноиды и флавоноиды, ответственные за свойства, связанные с профилактикой развития различных видов рака, включая рак молочной железы [44–47]. Повышение интереса к специализированным продуктам питания побудило селекционеров создавать генотипы с более высоким содержанием фенольных соединений и антиоксидантной активностью плодов [17]. В результате этих работ был выделен генотип персика с красной мякотью BУ00Р6653, который характеризовался высоким цитотоксическим эффектом против MDA-MB-435, слабой активностью против MCF-7 и отсутствием активности против нормальных клеток MCF-10A. Фракционирование экстрактов персика BУ00Р6653 дало 4 фракции. Фракция F-I (производные кофеиновой кислоты) показала высокую активность против MDA-MB-435 с последующей фракцией F-II (антоцианины). Индуцированный апоптоз (самоуничтожение) F-I на MDA-MB-435 был подтвержден прижизненной окраской клеточных ядерных фрагментов ДНК (0–100 мкг/мл) без эффектов в нормальных клетках (0–200 мкг/мл) [48].

Исследование ингибирования роста опухоли и антиметастатические эффекты полифенолов из плодов персика проводили в естественных условиях с использованием модели ксенотрансплантата и MDA-MB-435 клеток рака молочной железы. Результаты показали, что рост опухоли

и метастазов в легких тормозились в диапазоне доз 0,8–1,6 мг/день, и эти эффекты были связаны с ингибированием экспрессии гена металлопротеиназы. Таким образом, применение полифенолов из плодов персика с красной мякотью может представлять собой новый подход в химиопрофилактике, позволяющий уменьшить риск метастазирования в комбинированной терапии, когда диагностируется первичный рак. Для будущих клинических исследований рекомендована доза ~ 370,6 мг/день для взрослого человека весом 60 кг. Положительный эффект может быть получен при потреблении двух-трех плодов персика в день или с использованием пищевой добавки в виде порошка полифенолов из экстракта персика [2]. В исследованиях *in vitro* также было обнаружено, что хлорогеновая и неохлорогеновая кислоты в концентрации 17 мг/л и 10 мг/л могут подавлять рост клеток рака молочной железы MD-MGA-435 и не оказывать никакого влияния на нормальный эпителий грудных клеток MCF-10A. При испытании воздействия этих кислот на линию MDA-MB-435 клеток рака молочной железы было показано, что чистый рост клеток по сравнению с контролем был уменьшен на 50 % при концентрации 17 и 10 мг/л (47,98 и 28,22 мкмоль/л) для хлорогеновой и неохлорогеновой кислот через 72 часа. Предполагают, что неохлорогеновая кислота может быть более мощным биологически активным соединением против метастатического рака, чем хлорогеновая. Жизнеспособность клеток MDA-MB-435 рака молочной железы была снижена при применении фенольных кислот, присутствующих в этом образце персика и идентифицированных как хлорогеновая и кофейная. Считается, что эти кислоты могут активировать каскад реакций, которые обуславливают самоуничтожение раковых клеток [21]. Активное ингибирование наблюдали в комбинации супероксиддисмутаза, с антоцианидинами. Мультипликативный анализ такой модели позволяет предположить, что взаимодействие между супероксиддисмутазой и делфинидином является синергическим, и антоцианидины способствуют химиопрофилактике рака [49, 50]. Сообщалось, что самоуничтожение играет важную роль в устранении серьезно поврежденных клеток или опухолевых клеток с помощью химиопрофилактики [51, 52]. Таким образом, агенты, индуцирующие этот процесс, могут стать идеальными противоопухолевыми препаратами, из которых человек обеспечит получение корректной модели для тестирования антилейкемической активности или общих противоопухолевых соединений [53]. Антоцианы широко распространены среди цветов, плодов и овощей. Определена антиоксидантная способность 14 антоцианов, включая агликоны делфинидин, цианидин, пеларгонидин, мальвидин, пеонидин и их производные с различными сахарами. Среди этих антоцианов куромарин (цианидин-3-глюкозид) имел самую высокую антиоксидантную активность (ORAC), в 3,5 раза сильнее, чем Trolox (аналог витамина E), в то время как пеларгонидин имел самую низкую антиоксидантную активность, но по-прежнему столь же мощную, как Trolox. При рассмотрении различных моделей гидроксирования и гликозирования антоцианов показано, что в дополнение к их красочным (цветовым) характеристикам, эти соединения обладают мощными антиоксидантными свойствами [54]. Антоцианидиновые гликозиды (антоцианы), извлекаемые из черники, такие как делфинидин и цианидин, также индуцируют апоптоз клеток HL-60 [55]. Исследования связей «структура – активность» показали, что активность антоцианидинов в индукции самоуничтожения раковых клеток связана с числом гидроксильных групп в В-кольце, а структура орто-дигидроксифенила В-кольца представляется необходимой для этого процесса [46]. Эта активность отображается в последовательности делфинидин > цианидин, петунидин > пеларгонидин, пеонидин и мальвидин. Например, делфинидин, цианидин и петунидин индуцировали самоуничтожение клеток HL-60, в то время как пеларгонидин, пеонидин и мальвидин не показали такой активности [46, 49, 50].

Антиоксиданты необходимы для предотвращения дегенеративных реакций, вызываемых реакционными формами кислорода и азота в естественных условиях и перекисного окисления липидов в пищевых продуктах [56]. Фенолы являются природными антимикробными соединениями, которые имеют важное значение для увеличения срока хранения продуктов питания и угнетения роста патогенных микроорганизмов [57]. Кроме того, антоцианы могут служить естественными источниками красящих веществ для пищевых продуктов из-за их привлекательного оранжевого, красного и синего оттенков [58].

Эти преимущества сделали антоцианы и другие фенольные соединения интересной темой для селекционных программ с плодовыми растениями. Подбор сортов персика и сливы, богатых фенольными соединениями, позволит создать генотипы с плодами, характеризующимися улучшенными свойствами, связанными с проявлениями жизнедеятельности организма, такими как повышенное содержание антиоксидантов, красителей и усиленными антимикробными действиями. Упомянутые генотипы персика и сливы могут быть включены в список сортов, плоды которых обладают цитотоксическими эффектами против клеток рака молочной железы, но не затрагивающими нормальные клетки.

Роль полифенолов при канцерогенезе в кишечнике. Помимо исследования клеток рака молочной железы изучали действие экстрактов, обогащенных антоцианами из плодов персика, на рост и дифференциацию клеток рака толстой кишки человека. Ингибирующие эффекты наблюдали в Сасо-2, SW1116, HT29 и на клетки NCM 460, но не в других исследуемых клетках. Кроме того, было доказано увеличение дифференцировки клеток, о чем свидетельствует повышенная активность щелочной фосфатазы и дипептидилпептидазы. Положительный эффект был достигнут при использовании фракции, содержащей антоцианы и полифенолы. Дифференцирующий эффект на клетки Сасо-2 не наблюдали с цианидином или цианидин-3-глюкозидом, дальнейшее фракционирование с использованием LH-20 показало, что большая часть активности была связана с фракцией, содержащей полифенолы, отличные от антоцианов. В результате показано, что фенольные компоненты плодов персика и сливы могут влиять на рост и дифференцировку в клетках рака толстой кишки человека [59]. Было установлено, что неохлорогеновая и хлорогеновая кислоты значительно ингибируют рост и жизнеспособность клеток Сасо-2 в зависимости от концентрации по сравнению с необработанным контролем. Лечение с этими кислотами заметно изменяло морфологию жизнеспособных клеток рака толстой кишки человека. Даже при самой низкой концентрации в 150 мкмоль, хлорогеновая и неохлорогеновая кислоты смогли снизить рост клеток на 63,7 и 69,7 % соответственно (за максимально короткий срок – 24 часа), что также подтверждает высокую их антиоксидантную активность [21, 60, 61]. В результате переваривания пищи 33 % хлорогеновой кислоты всасывается в тонком кишечнике, а остальное количество транспортируется в толстую кишку, где ее биологическая доступность зависит от метаболизма определенной микрофлоры [21]. Доказано, что хлорогеновая кислота в рационе человека может ингибировать образование опухолей в кишечнике и печени [31]. По сравнению с клеточной линией, аденокарциномы толстой кишки Сасо-2, рак печени был гораздо менее чувствителен к действию хлорогеновой кислоты и требовалось применение большей её концентрации для уменьшения опухолевых клеток [61].

В заключение следует отметить, что с помощью селекционных программ плодовые культуры могут сформировать требуемый химический состав фенольных соединений плодов, что обусловит и улучшенные их свойства [62]. Синтез генотипов разных культур, богатых фенольными соединениями с усиленными антиоксидантными и красящими свойствами, демонстрирует широкие возможности селекции в создании растений косточковых культур с лечебно-профилактическими особенностями [17]. Например, Е. П. Шоферистов интродуцировал с северного Кавказа сорт сливы Красномясая. Для расширения сведений о селекционной ценности этого сорта, в происхождении которого участвовали *P. munsoniana* Wight W. et Hedr. (секция *Prunocerasus*) и *P. cerasifera* Ehrh. (секция *Euprunus*), был проведен химический анализ его плодов, который сравнивали с образцом *P. cerasifera* Ehrh. (Оленька). В результате показано, что содержание лейкоантоцианов в них достигало 398 и 117, катехинов – 120 и 102, а антоцианов 594 и 159 мг/100 г сухого в-ва [63, 64]. Антоциановый комплекс плодов сортов Красномясая и Оленька состоит из цианидин-3-О-галактозида (252,8 и 36,8), цианидин-3-О-гликозида (147,4 и 8,1), цианидин-3-О-арабинозида (648,7 и 86,3), цианидин-3-О-рутинозида (29,3 и 4,4) и цианидин-3-О-ацетилгалактозида (9,9 и 0,4 мг/100 г сух. в-ва). Неохлорогеновая (34,9 и 17,5), хлорогеновая (70,6 и 28,9) и п-кумаровая кислоты (25,9 и 3,3 мг/100 г сухого в-ва). Феруилгексоза (8,4 и 9,1), биозид (4,9 и 12,6), рамнозид (7,6 и 2,9), рутин (45,1 и 64,6) и квецитин-3-О-гликозид (29,3 и 16,7 мг/100 г сухого в-ва). Суммарное содержание фенольных соединений в плодах сорта Красномясая достигало 3886 и существенно превосходило таковое в менее окрашенных плодах сорта Оленька – 1504 мг/100 г сухого в-ва [65].

При оценке подвидов персика обыкновенного – *P. vulgaris* Mill. subsp. *erythrocarpa* Zajats и *P. vulgaris* Mill. subsp. *atropurpurea* (Schneid.) Zajats, характеризующихся интенсивной антоциановой окраской мякоти плодов и листьев, чем они и отличаются от широко распространенных образцов с белой и желтой мякотью плодов и зеленой листвой, провели биохимические исследования их плодов и выявили более высокое содержание лейкоантоцианов в плодах *P. vulgaris* subsp. *erythrocarpa* (380,9 мг/100 г) и *P. vulgaris* subsp. *atropurpurea* (348,8 мг/100 г). Плоды *P. vulgaris* (столового и консервного назначения) и *P. vulgaris* subsp. *nectarina* содержали лейкоантоцианов в два раза меньше (145,4–181,8 мг/100 г), а содержание антоцианов в них варьировало от 26,0–206,0 мг/100 г при отсутствии в плодах персика обыкновенного и в нектарине. Е. П. Шоферистов получил ряд форм при посеве семян из плодов с красной мякотью. Все формы (16 шт.), полученные при свободном опылении, имели плоды с красной окраской мякоти. Среди них выделили 13 шт. с содержанием лейкоантоцианов 384–528 мг/100 г и антоцианов 110–209 мг/100 г свежей ткани [66]. При скрещивании сортов нектарина Venus × Big Top с содержанием общих фенолов 20,1–25 и 25,1–30 (мг-экв. галловой кислоты/100 г сырой массы) был получен ряд селекционных форм F1 с содержанием фенолов 30,1–35 (22 шт.), 35,1–40 (16 шт.), 40,1–45 (7 шт.), 45,1–50 (2 шт.). По накоплению флавоноидов расщепление в этой комбинации скрещивания было совсем другим. У родителей содержание флавоноидов было одинаковым 5,1–10 (мг-экв. катехина/100 г сырой массы), что позволило в потомстве получить гибриды с содержанием 10,1–15 (26 шт.), 15,1–20 (15 шт.), 20,1–25 (4 шт.), 25,1–30 (2 шт.). Антиоксидантная способность плодов созданных гибридов в большинстве случаев варьировала на уровне 400,1–500 (мкг Trolox/г сырой массы) (27 шт.), 500,1–600 (3 шт.), 700,1–800 (3 шт.), тогда как у материнского сорта Venus она достигала 300,1–400, а у отцовского Big Top – 500,1–600 (мкг Trolox/г сырой массы). Таким образом, большая часть потомства показала более высокий общий фенольный и флавоноидный уровень, чем у исходных родительских форм [67]. Можно предположить, что упомянутые работы представляют собой научную основу селекционных подходов для получения генотипов с плодами, обогащенными фенольными соединениями с повышенной антиоксидантной способностью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.no-onco.ru/onkologiya/statistika-raka-zabolevaemost-smertnost-vyzhivaemost.html>. – Дата доступа: 05.03.2018.
2. Peach polyphenols inhibited tumor growth and reduced the risk of metastasis in MDA-MB-435 cells at levels achievable with diet. – GreenMedInfo Summary / G. Noratto [et al.] // J Nutr Biochem. – 2014. – PMID: 24735759.
3. Phuah, N. H. Regulation of micro RNAs by natural agents: new strategies in cancer therapies / N. H. Phuah, N. H. Nagoor // BioMed Research International. – 2014. – Vol. 2014, Article ID 804510. – Mode of access: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/804510>. – Date of access: 10.04.2018.
4. Gottesman, M. M. Mechanisms of cancer drug resistance / M. M. Gottesman // Annual Review of Medicine. – 2002. – Vol. 53. – P. 615–627.
5. Goldie, J. H. Drug resistance in cancer: a perspective / J. H. Goldie // Cancer and Metastasis Reviews. – 2001. – Vol. 20, N. 1–2. – P. 63–68.
6. Regulation of microRNAs by natural agents: an emerging field in chemoprevention and chemotherapy research / Y. Li [et al.] // Pharmaceutical Research. – 2010. – Vol. 27, N. 6. – P. 1027–1041.
7. Владимиров, Ю. А. Свободные радикалы в биологических системах / Ю. А. Владимиров // Соросовский образовательный журнал – 2000. – Т. 6, № 9. – С. 13–19.
8. Антиоксидантные свойства видов малины / В. Н. Сорокопудов [и др.] // Научные ведомости. Сер. Медицина. Фармация. – 2011. – № 4 (99). – Вып. 13/2. – С. 196–198.
9. Resources and biological activities of natural polyphenols / An-Na Li [et al.] // Nutrients. – 2014. – Vol. 6. – P. 6020–6047.
10. Зверев, Я. Ф. Флавоноиды глазами фармаколога. Особенности и проблемы фармакокинетики / Я. Ф. Зверев // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. – 2017. – Т. 15, № 2. – С. 4–11.
11. Попова, К. Г. Потенциометрическое определение антиоксидантной активности экстрактов растительного сырья с использованием гексацианоферрата калия: магистерская диссертация / К. Г. Попова; Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, химико-технол. ин-т, каф. аналит. химии. – Екатеринбург, 2017. – 61 с.
12. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина / Ю. С. Тараховский [и др.]. – Пушино, 2013. – 310 с.
13. Interaction of dietary compounds, especially polyphenols, with the intestinal microbiota: A Review / A. Duda-Chodak [et al.] // Eur. J. Nutr. – 2015. – Vol. 54. – P. 325–341.

14. The reciprocal interactions between polyphenols and gut microbiota and effects on bioaccessibility / T. Ozdal [et al.] // *Nutrients*. – 2016. – Vol. 8. – 78 p.
15. Landete, J. M. Updated knowledge about polyphenols: functions, bioavailability, metabolism, and health. / J. M. Landete // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* – 2012. – Vol. 52, N. 10. – P. 936-948.
16. Antioxidant activity and polyphenol content of Bulgarian fruits / P. Denev [et al.] // *Bulg. J. Agric. Sci.* – 2013. – Vol. 19. – P. 22–27.
17. Selecting new peach and plum genotypes rich in phenolic compounds and enhanced functional properties / B. A. Cevallos-Casals [et al.] // *Food Chemistry*. – 2006. – Vol. 96. – P. 273–280.
18. Karav, S. Antioxidant Capacity and Total Phenolic Contents of Peach and Apricot Cultivars Harvested from Different Regions of Turkey / S. Karav, A. Eksi // *I. J. Food and Nutrition Sci.* – 2012. – Vol. 1, N.4. – P. 13–17.
19. Polyphenol composition of plum selections in relation to total antioxidant capacity / A. Mubarak [et al.] // *J. Agric. Food Chem.* – 2012. – Vol. 60. – P. 10256–10262.
20. Matthes, A. Polyphenol content and antioxidant capacity of apple fruit: effect of cultivar and storage conditions / A. Matthes, M. Schmitz-Eiberger // *J. Appl. Botany and Food Quality*. – 2009. – Vol. 82. – P. 152–157.
21. Identifying peach and plum polyphenols with chemopreventive potential against estrogen-independent breast cancer cells / G. Noratto [et al.] // *J. Agric. Food Chem.* – 2009. – Vol. 57, N. 12. – P. 5219-5226.
22. Матвеев, В. А. Новый сорт сливы диплоидной Сонейка / В.А. Матвеев, В. С. Волот, М. Н. Васильева // *Плодоводство: науч. тр. / Ин-т плодводства; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]*. – Самохваловичи, 2009. – Т. 21. – С. 166–171.
23. Матвеев, В. А. Новый сорт алычи культурной Ветразь-2 / В. А. Матвеев, М. Н. Васильева // *Плодоводство Беларуси: традиции и современность: материалы междунар. науч. конф., посвящ. 90-летию образования РУП «Институт плодводства», аг. Самохваловичи, 13–16 окт. 2015 г. / Ин-т плодводства; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]*. – Самохваловичи, 2015. – С. 145–149.
24. Закономерности накопления витаминов и полифенолов в плодах и ягодах / Т. Г. Причко [и др.] // *Плодоводство: науч. тр. / Ин-т плодводства; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]*. – Самохваловичи, 2009. – Т. 21. – С. 365–372.
25. Absciscic acid related compounds and lignins in prunes (*Prunus domestica* L.) and their oxygen radical absorbance capacity (ORAC) / H. Kikuzaki [et al.] // *J. Agric. Food Chem.* – 2004. – Vol. 52. – P. 344–349.
26. Impact of harvest time on chemical composition and antioxidant activity of fresh and dried plum fruits / O. Mitrovic [et al.] // *Proc. III Balkan Symposium on Fruit Growing*. Vol. 2. Edit. D. Milatovic, J. Milivojevic, D. Nikolic // *Acta Hort.* – 2016. – N. 1139. – P. 623–628.
27. Phenolic content and antioxidant capacity of fruits of plum cv. ‘Stanley’ (*Prunus domestica* L.) as influenced by maturity stage and on-tree ripening / N. Miletic [et al.] // *Aust. J. Crop. Sci.* – 2012. – Vol. 6. – P. 681–687.
28. Quantification of Polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums / D.O. Kim [et al.] // *J. Agric. and Food Chem.* – 2003. – Vol. 51. – P. 6509-6515.
29. Еремин, Г. В. Слива и алыча / Г. В. Еремин // *Харьков: Фолио; М.: АСТ*, 2003. – 302 с.
30. Jabeen, Q. The pharmacological activities of prunes: The dried plums / Q. Jabeen, N. Aslam // *J. Med. Plants Research*. – 2011. – Vol. 5, N. 9. – P. 1508–1511.
31. Chemical Composition and Potential Health Effects of Prunes: A Functional Food? / M. Stacewicz-Sapuntzakis [et al.] // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2001. – V. 41, N. 4. – P. 251–286.
32. Donovan, J.L. Phenolic composition and antioxidant activity of prunes and prune juice (*Prunus domestica*) / J. L. Donovan, A. S. Meyer, A. L. Waterhouse // *J. Agric. Food Chem.* – 1998. – Vol. 46. – P. 1247–1252.
33. Characterization and Antioxidative Properties of Oligomeric Proanthocyanidin from Prunes, Dried Fruit of *Prunus domestica* L. / Y. Kimura [et al.] // *Bioscience Biotechnology Biochemistry*. – 2008. – Vol. 72, N. 6. – P. 1615–1618.
34. Contribution of melanoidins to the antioxidant activity of prunes / M. A. Madaru [et al.] // *J. Food Qual.* – 2010. – Vol. 33. – P. 155–170.
35. Antioxidant properties of prunes (*Prunus domestica* L.) and their constituents / S.I. Kayano [et al.] // *BioFactors*. – 2004. – Vol. 21. – P. 309–313.
36. Identification, quantitative determination and antioxidative activities of chlorogenic acid isomers in Prune (*Prunus domestica* L.) / N. Nakatani [et al.] // *J. Agric. Food Chem.* – 2000. – Vol. 48. – P. 5512–5516.
37. Yoghurt containing galacto-oligosaccharides, prunes and linseed reduces the severity of mild constipation in elderly subjects / U. Sairanen [et al.] // *Eur. J. Clin. Nutr.* – 2007. – V. 61. – P. 1423–1428.
38. Prune juice has a mild laxative effect in adults with certain gastrointestinal symptoms / L. Piirainenad [et al.] // *Nutr. Res.* – 2007. – Vol. 27. – P. 511–513.
39. Report: prunes and liver function: a clinical trial / T. Ahmed [et al.] // *Pak. J. Pharm. Sci.* – 2010. – Vol. 23. – P. 463–466.
40. Fang, N. LC/MS/MS Characterization of phenolic constituents in dried plums / N. Fang, S. Yu, R. L. Prior // *J. Agric. and Food Chem.* – 2002. – Vol. 50. – P. 3579–3585.
41. Bouayed, J. Oxidative stress and anxiety, relationship and cellular pathways / J. Bouayed, H. Rammal, R. Soulimani // *Oxid. Med. Cell Longev.* – 2009. – Vol. 2. – P. 63–67.
42. Hooshmand, H. Dried plum, an emerging functional food that may effectively improve bone health / H. Hooshmand, B. H. Arjmandi // *Ageing Res. Rev.* – 2009. – Vol. 8. – P. 122–127.
43. Arjmandi, B. H. The role of phytoestrogens in the prevention and treatment of osteoporosis in ovarian hormone deficiency / B.H. Arjmandi // *J. Am. College Nutri.* – 2001. – Vol. 20. – P. 398S–402S.
44. Quercetin, Siamois 1 and Siamois 2 induce apoptosis in human breast cancer MDA-MB-435 cells xenograft *in vivo* / S. Dechsupa [et al.] // *Cancer Biol Ther.* – 2007. – Vol. 6. – P. 56–61.
45. Molecular mechanisms of (-)-epicatechin and chlorogenic acid on the regulation of the apoptotic and survival/proliferation pathways in a human hepatoma cell line / A.B. Granado-Serrano [et al.] // *J. Agric. Food Chem.* – 2007. – Vol. 55. – P. 2020–2027.

46. Anthocyanidins induce apoptosis in human promyelocytic leukemia cells: structure-activity relationship and mechanisms involved / D.X. Hou [et al.] // *Int. J. Oncol.* – 2003. – Vol. 23, N. 3. – P. 705–712.
47. Miura, D. Effect of apple polyphenol extract on hepatoma proliferation and invasion in culture and on tumor growth, metastasis, and abnormal lipoprotein profiles in hepatoma-bearing rats / D. Miura, Y. Miura, K. Yagasaki // *Biosci. Biotechnol. Biochem.* – 2007. – Vol. 71. – P. 2743–2750.
48. Polyphenols of selected peach and plum genotypes reduce cell viability and inhibit proliferation of breast cancer cells while not affecting normal cells / M. Vizzotto [et al.] // *Food Chem.* – 2014. – Vol. 164. – P. 363–370.
49. Molecular Mechanisms Behind the Chemopreventive Effects of Anthocyanidins / De-X. Hou [et al.] // *J. Biomedicine and Biotechnology.* – 2004. – Vol. 5. – P. 321–325.
50. Anthocyanidins inhibit activator protein 1 activity and cell transformation: structure-activity relationship and molecular mechanisms / D. X. Hou [et al.] // *Carcinogenesis.* – 2004a. – Vol. 25, N. 1. – P. 29–36.
51. Thompson, C. B. Apoptosis in the pathogenesis and treatment of disease / C. B. Thompson // *Science.* – 1995. – Vol. 267, N. 5203. – P. 1456–1462.
52. Cancer chemoprevention and apoptosis mechanisms induced by dietary polyphenolics / G. Galati [et al.] // *Drug Metabol Drug Interact.* – 2000. – Vol. 17, N. 1–2. – P. 311–349.
53. Discovery of natural product chemopreventive agents utilizing HL-60 cell differentiation as a model / N. Suh [et al.] // *Anticancer Res.* – 1995. – V. 15, N. 2. – P. 233–239.
54. Wang, H. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins / H. Wang, G. Cao, R. L. Prior // *J. Agric. Food Chem.* – 1997. – Vol. 45. – P. 304–309.
55. Induction of apoptosis in cancer cells by bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and the anthocyanins / N. Katsube [et al.] // *J. Agric. Food Chem.* – 2003. – Vol. 51, N. 1. – P. 68–75.
56. Cevallos-Casals, B.A. Stoichiometric and kinetic studies of phenolic antioxidants from Andean purple corn and red-fleshed sweetpotato / B. A. Cevallos-Casals, L. Cisneros-Zevallos // *J. Agric. and Food Chemistry.* – 2003. – Vol. 51. – P. 3313–3319.
57. Naturally occurring antimicrobials in food / J. N. Sofos [et al.] // *Regulatory Toxicology and Pharmacology.* – 1998. – Vol. 28. – P. 71–72.
58. Cevallos-Casals, B. A. Stability of anthocyanin-based aqueous extracts of Andean purple corn and red-fleshed sweetpotato compared to synthetic and natural colorants / B. A. Cevallos-Casals, L. Cisneros-Zevallos // *Food Chemistry.* – 2004. – Vol. 86. – P. 69–77.
59. Inhibition of growth and induction of differentiation of colon cancer cells by peach and plum phenolic compounds / M. A. Lea [et al.] // *Anticancer Res.* 2008. – Vol. 28, 4B. – P. 2067–2076.
60. A phenolic compound, 5-caffeoylquinic acid (chlorogenic acid), is a new type and strong matrix metalloproteinase-9 inhibitor: Isolation and identification from methanol extract of *Euonymus alatus* / U. H. Jin [et al.] // *Life Sciences.* – 2005. – Vol. 77, N. 22. – P. 2760–2769.
61. The chemopreventative properties of chlorogenic acid reveal a potential new role for microsomal glucose-6-phosphate translocase in brain tumor progression / A. Belkaid [et al.] // *Cancer Cell International.* – 2006. – V. 6. – P. 7.
62. Рихтер, А. А. Совершенствование качества плодов южных культур / А. А. Рихтер. – Симферополь: Таврия, 2001. – 426 с.
63. Биохимическое обоснование перспективных направлений использования плодов алычи / О. А. Гребенникова [и др.] // *Бюл. Никит. бот. сада.* – 2007. – Вып. 95. – С. 69–74.
64. Помологические и биохимические особенности плодов алычи (*Prunus cerasifera* Ehrh.) сортов, относящихся к различным подвидам рода *Prunus* L. / В. М. Горина [и др.] // *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин.* – 2010. – № 1 (11). – С. 65–71.
65. Гребенникова, О. А. Особенности состава и содержания фенольных соединений в плодах алычи / О. А. Гребенникова // *Бюллетень Никитского ботанического сада.* – 2008. – Вып. 97. – С. 66–68.
66. Рихтер, А. А. Помологические и биохимические особенности сортов и гибридов рода *Persica* Mill. (*Prunus Persica* Borkh.) с антоциановой окраской мякоти плодов и листьев / А. А. Рихтер, Е. П. Шоферистов // *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин.* – 2009. – № 1 (9). – С. 42–50.
67. Evaluation of antioxidant compounds and total sugar content in a nectarine [*Prunus persica* (L.) Batsch] progeny / W. Abidi [et al.] // *Int. J. Mol. Sci.* – 2011. – Vol. 12, N. 10. – P. 6919–6935.

TISSUE POLYPHENOLS OF STONE FRUIT CROP FRUITS IN PREVENTION OF SOME HUMAN DISEASES

A. A. RICHTER, V. M. GORINA

Summary

In the review article the relationship between the antioxidant activity of plant fruit tissues and the accumulation of polyphenol compounds in them is examined. The role of polyphenols in the prevention of a number of diseases associated with oxidative stress is discussed. Synthesis of genotypes of different cultures (plum, peach), rich in phenolic compounds with enhanced antioxidant and coloring properties, demonstrates the wide possibilities of selection in the creation of stone plants with therapeutic and preventive features fruits. An example of the intensification of the breeding process is given, which shows the possibility of updating varieties on the basis of specialized characteristics of fruits.

Keywords: fruits, antioxidant activity, plum, peach, Russia.

Дата поступления статьи в редакцию 18.04.2018