

Исследование содержания веществ-антиоксидантов в плодоовощном сырье Самарского региона

Алексашина Софья Анатольевна¹, Макарова Надежда Викторовна¹

¹ ФГБОУ ВО «Самарский Государственный Технический университет, г. Самара, Россия

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована Алексашиной С.А., ФГБОУ ВО «СамГТУ», ул. Молодогвардейская 244, главный корпус, г. Самара, Россия, 4431006, e-mail: vsasofi@rambler.ru, rector@samgtu.ru

Фрукто-ягодное и овощное сырье – незаменимый пункт в питании человека. На данном этапе развития мировой селекции на первый план выходят не только органолептические показатели растений, но и их химический состав. В связи с возрастающим интересом к влиянию антиоксидантов на здоровье человека ученые селекционеры все чаще обращают свое внимание на изучение их сравнительного содержания в фрукто-ягодном и овощном сырье. Приводятся результаты исследования влияния сортности растительного сырья на накопление веществ, проявляющих антиоксидантную активность (фенолы, флавоноиды, каротиноиды). Однако данный вопрос слабо изучен в отношении местного сырья. Соответственно целью настоящей исследовательской работы является получение сведений о влиянии таких факторов как вид и сорт фрукто-ягодного и овощного сырья, характерного для среднего Поволжья, на уровень веществ, обладающих антиоксидантной активностью (фенолы, флавоноиды, каротиноиды). В качестве объектов исследования выбраны популярные овощи и плоды, культивируемые и дикорастущие на территории Самарского региона. В экстрактах анализируемых образцов определялось общее содержание фенольных веществ по методу с использованием реактива Folin-Ciocalteu, флавоноидов по методу, основанному на формировании флавоноид-алюминиевого комплекса. Содержание каротина определялось согласно ГОСТ 8756.22-80 с использованием в качестве экстрагентов ацетона и гексана. Результаты исследования показали, что вид и сорт растительного сырья являются факторами, непосредственно влияющими на накопление изучаемых веществ. В большей степени, полученные результаты касаются сортов перца сладкого свежего, тыквы продовольственной свежей, шиповника. Значительное варьирование содержания каротина было зафиксировано у образцов тыквы: от 1,20 до 4,90 мг %. Среди объектов исследований в качестве источника фенольных веществ и каротиноидов для предприятий пищевой и фармацевтической промышленности рекомендуется использовать плоды лесного шиповника. Полученные результаты могут послужить основой при селекционной работе, направленной на получение новых сортов фрукто-ягодного и овощного сырья. Работа выполнена в рамках государственного задания на фундаментальные исследования ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» № 0778-2020-0005. Работа выполнена в рамках государственного задания на фундаментальные исследования ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» № 0778-2020-0005.

Ключевые слова: фенолы, флавоноиды, каротиноиды, антиоксидантная активность, сорт, перец сладкий, тыква, морковь, кукуруза, облепиха, шиповник

Введение

Численность населения земного шара, согласно прогнозам ученых к 2050 году достигнет около 9,2 миллиарда человек. Для решения назревающей проблемы – обеспечения человечества безопасными

продуктами питания – производство сельскохозяйственных культур должно вырасти в среднем на 70%. Высокая урожайность, богатый химический состав и стойкость к заболеваниям растений во многом зависит не только от условий их культивирования, но и от такого понятия, как сортность (Enfissi, 2021).

Селекция сельскохозяйственных культур позволяет адаптировать их к различным условиям выращивания, получить продукты с повышенным содержанием биологически активных веществ, а так же улучшить органолептические свойства сырья. Первый в истории искусственный гибрид был создан в начале XX века путем скрещивания гвоздик: *Dianthus caryophyllus* и *D. Barbatus*. Это событие послужило толчком для начала систематического выращивания культур с целью улучшения их свойств (Pantelic, 2016).

В настоящее время ученые-селекционеры расширяют существующие генетические вариации, выбирая в качестве родителей растения с наилучшими характеристиками физико-химических и органолептических показателей (Kaisera, 2020; Anders, 2021; Bhatta, 2021).

Многочисленные исследования плодово-ягодного и овощного сырья свидетельствуют о различиях в содержании одних и тех же соединений между сортами и группами. Так, исследование фенольного профиля тринадцати различных сортов винограда позволило выявить присутствие 3,5-о-дигексозида мальвидина в кожуре ягод сортов *Merlot*, *Cabernet Franc*, *Shiraz*, *Sangiovese*, *Pinot Noir* и *Prokupac*, нетипичных для исследуемых ранее сортов культивируемого винограда (Pantelic, 2016). Исследования ягод голубой жимолости (*Lonicera caerulea*) четырех сортов (*Wild* (дикая жимолость), *Beilei*, *No. 1* и *No. 2*) показали высокую степень различия в содержании фенольных веществ и антоцианов, антирадикальной активности в различных сортах ягод. Наиболее высокое содержание полифенолов, антоцианов и наивысшую антирадикальную активность показали сорта *Wild* (дикая жимолость), наименьшее – ягоды сорта №2 (Wan, 2016).

Современное состояние окружающей среды, низкое качество продуктов питания, использование синтетических пищевых добавок в технологическом процессе и многие другие негативные факторы оказывают существенное влияние на образование свободных радикалов в организме человека.

Свободные радикалы – неустойчивые химические соединения, имеющие один или несколько не спаренных электронов. Они опасны своей высокой реакционной способностью, которая приводит к ускорению процессов окисления, разрушающих молекулярную основу клетки. Эти изменения могут вызывать патологические состояния тканей организма человека. Соединения, способные связывать неспаренные электроны частиц свободных радикалов, и как следствие ингибировать про-

цессы окисления, называют антиоксидантами. Их наиболее перспективными источниками считаются растительные объекты: фрукты, плоды, ягоды, овощи, травы и т.д.

Большая часть исследований антиоксидантной активности плодово-ягодного и овощного сырья принадлежит иностранным ученым. Так анализ результатов изучения четырех наиболее популярных сортов облепихи: *Sinensis*, *Yunnanensis*, *Mongolica* и *Turkestanica* (Guo, 2016; Dong, 2017) показал, что наивысшее общее содержание фенольных соединений ($38,7 \pm 1,3$ мг галловой кислоты / 100 г исходного сырья) и соответствующую общую антиоксидантную активность показали ягоды сорта *Sinensis* (Ghasemnezhad, 2011).

Исследованы различия в химическом составе пяти сортов перца сладкого разного цвета (*Arian* (оранжевый), *Marona* (фиолетовый), *Zorro* (темно-фиолетовый), *Y-43-09* (красный) и *Y-43-07* (желтый)). Содержание флавоноидов кверцетина и катехина сильно варьировалось среди сортов на всех стадиях зрелости. Причем в части сортов их содержание увеличилось в процессе созревания, а в других – уменьшалось. Наибольшим содержанием кверцетина и катехина характеризовался сорт *Zorro* с темно-фиолетовыми плодами (Du, 2012).

На территории нашей страны также ведутся работы по выведению перспективного сортового плодово-ягодного и овощного сырья. Всего в реестре сортов, допущенных к использованию на территории России, насчитывается около 25 тыс. наименований. В 2018 году ученые из Омского государственного аграрного университета вывели сорт пшеницы «Сова» с фиолетовыми зернами, богатой антоцианами, что и обуславливает её необычный цвет (Потоцкая, 2020).

Таким образом, возрастающий интерес к влиянию антиоксидантов на здоровье человека побуждает исследователей в области пищевой промышленности и садоводства изучать их сравнительное содержание в плодово-ягодном и овощном сырье. Согласно литературным данным, процент биологически активных веществ может быть сохранен или увеличен за счет разработки новых сортов и групп, улучшения методов сбора урожая, а также условий хранения (Cömert, 2020).

Каротиноиды – растительные пигменты, которые придают плодам и овощам цвет от желтого до красного. Наиболее распространенными и важными для организма человека каротиноидами являются: ликопин, β -каротин, α -каротин, лютеин, зеаксантин и

β-криптоксантин (Rowles, 2020). Каротиноиды обладают антиоксидантной активностью и используются в качестве поглотителей свободных радикалов, уменьшают перекисное окисление липидов и снижают губительное воздействие окислительного стресса (Lintig, 2019; Jashari, 2021).

Растения способны синтезировать огромное количество фенольных соединений, что является для них характерной особенностью. Данные соединения защищают растительные клетки от стрессовых факторов окружающей среды, за счет чего их содержание увеличивается. Фенолы задействованы в таких процессах жизнедеятельности растений, как опыление, аллелопатия, развитие семян, экранирование ультрафиолета. Наиболее изученными фенольными соединениями, растворимыми в воде считаются флавоноиды – производные флавана. Для организма человека фенольные соединения в первую очередь важны в качестве ингибиторов свободнорадикального окисления (Arruda, 2020; Серба, 2018).

Однако проведенный анализ литературных источников показал что, несмотря на доказанную пользу для клеточной структуры организма человека, антиоксидантные функции растений остаются достаточно слабо изучены.

Цель настоящей исследовательской работы заключается в получении сведений о влиянии таких факторов как вид и сорт плодово-ягодного и овощного сырья, характерного для среднего Поволжья, на уровень веществ, обладающих антиоксидантной активностью (фенолы, флавоноиды, каротиноиды).

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

1. Определить общее содержания фенолов в выбранных объектах исследования;
2. Определить содержание флавоноидов в выбранных объектах исследования;
3. Определить содержание каротина в выбранных объектах исследования;
4. Произвести анализ полученных данных и сделать выводы о влиянии вида и сорта плодового и овощного сырья на содержание веществ-антиоксидантов.

Материалы и методы

Материалы

Образцы овощного сырья (перец сладкий свежий, тыква продовольственная свежая, морковь столо-

вая свежая, кукуруза сахарная) были выращены при благоприятных для данных культур погодных условиях на территории Самарской области Волжского района и собраны во второй половине августа сезона 2020 года. Плоды облепихи свежей и шиповника лесного были собраны на территории Самарской области Красноярского района в первой половине сентября сезона 2020 года.

Перец сладкий свежий (*Capsicum annuum* L.) является одной из наиболее распространенных овощных культур известной в мире. Его плоды богаты витаминами группы В, Е, Р, РР, а так же веществами-антиоксидантами – фенолами, флавоноидами (кверцетины, катехины), аскорбиновой кислотой и т.д.

Тыква продовольственная свежая (*Cucurbita*) богата минеральными солями: калия (170–380 мг/100 г), железа (0,4–0,8 мг/100 г), кальция (25–40 мг/100 г), фосфора (25 мг, мг/100 г). За счет высокого содержания биологически активных веществ широко используется для профилактики различных заболеваний, таких как гипертония, ожирение, туберкулез, онкология и тд. Тыква считается богатым источником каротина – в среднем его содержание может достигать 16–17 мг/100 г (Типсина, 2013).

Морковь столовая свежая (*Daucus carota* subsp. *sativus*) – культивируемый на обширных территориях корнеплод. Употребляют его не только в термически обработанном, но и в свежем виде. Морковь содержит каротиноиды, минералы и некоторые фенольные антиоксиданты (Li, 2021).

Кукуруза сахарная (*Zea mays* L.) – популярная сельскохозяйственная культура. В состав её зерновок входят витамины А, группы В, Е, Н (биотин), кальция, магний, фосфор, калий, натрий, железо, йод, а также золото, которое помогает нормализации гормональных процессов в организме и укрепляет иммунитет человека (Чумаков, 2019). Благодаря работе ученых селекционеров разновидности кукурузы в разной степени ингибируют синтез крахмала в зернах, что приводит к накоплению большего количества растворимых сахаров (фруктоза и сахара).

Плоды облепихи свежие (*Hippophae* L.) – источник ценного растительного масла, обладающего противовоспалительным эффектом. Они богаты природными антиоксидантами, наиболее высоким содержанием характеризуются фенолы, флавоноиды, аскорбиновая кислота, токоферолы, жирные кислоты, каротиноиды и органические кислоты (Земцова, 2019).

Плоды шиповника (*Rosa L.*) нашли широкое применение в качестве лекарственного и пищевого компонента. Доказана его эффективность в уменьшении риска сердечнососудистых заболеваний, раковых опухолей, а также профилактике недостатка витамина С при употреблении плодов в сыром виде (Korkmaz, 2018; Saricaoglu, 2013).

Методы

Для исследования объектов на содержание веществ, проявляющих антиоксидантную активность были выбраны методы анализа утвержденные ГОСТ. Исследование объектов проводили на фотоколориметре КФК фотометрическим методом. При анализе проб использовались кюветы толщиной слоя жидкости 10 мм.

Из анализируемых образцов получали экстракты при соотношении 1:5 и 1:10 (сырье: 50%-ный этанол) в зависимости от предполагаемого содержания веществ-антиоксидантов. Опыты проводились в трехкратной повторности.

Методика исследования

Оборудование

В качестве основного оборудования для определения показателей антиоксидантной активности экстрактов, изготовленных из объектов исследования использовали фотометр КФК-3-01 (ЗОМЗ). Данный прибор способен измерять измерение пропускания и оптической плотности на фиксированных длинах волн, а так же осуществлять кинетические измерения на фиксированной длине волны.

Инструменты

Для создания модели данных и их подсчета использовали Microsoft Excel.

Методы

Определение общего содержания фенольных веществ проводилось по методу с использованием реактива Folin-Ciocalteu. Фенолы связываются с белковыми веществами, при этом окисляются и осаждаются реактивом Folin-Ciocalteu с изменением цвета. При этом наблюдалась реакция Фолина-Чокальтеу: реактив восстанавливается в щелочной среде при наличии фенольных соединений до оксидов с образованием голубой окраски. Содержание фенолов в прозрачном растворе

было определено при длине волны 725 нм и выражено в виде мг галловой кислоты (GAE) / 100 г.

Метод определения общего содержания флавоноидов основан на формировании флавоноид-алюминиевого комплекса. Суммарное содержание флавоноидов выражено как эквивалент мг катехина/100 г исходного вещества по калибровочной кривой.

Содержание каротина определялось по ГОСТ 8756.22-80 «Продукты переработки плодов и овощей Метод определения каротина» с использованием в качестве экстрагентов ацетона и гексана.

Результаты и их обсуждение

При анализе литературных данных было выявлено, что до определенного времени к плодово-ягодному и овощному сырью, полученному в результате селекции, предъявлялись требования по высокой урожайности, пригодности для различных почвенно-климатических районов страны, сахаристости, умеренной кислотности, размеру и привлекательному внешнему виду. По прогнозам ученых к 2050 году возникнет серьезная проблема, заключающаяся в дефиците растительных продуктов, чей химический состав оказывал бы положительный эффект на организм человека. В связи с этим, а так же учитывая ухудшение экологической обстановки окружающей среды, значительно поменялся подход к производству плодово-ягодного и овощного сырья – объекты должны не только отвечать высокой органолептической оценке, но и иметь химический состав, с высоким содержанием определенных веществ – минералов, витаминов, ферментов и т.д.

На Консультации экспертов ВОЗ/ФАО была выдвинута рекомендация о потреблении свежих овощей и фруктов свыше 400 г в сутки для улучшения общего состояния здоровья и снижения риска возникновения заболеваний неинфекционной природы*.

По данным Всемирной организации здравоохранения на неинфекционные заболевания приходится более двух третей (68%) смертей во всем мире, при этом более 40% из них составили случаи преждевременной смерти лиц в возрасте до 70 лет. Согласно результатам исследований Российских и зарубежных ученых биологическая связь между потреблением фруктов, овощей и рисками заболеваемости представляет большой интерес: вещества антиоксиданты обеспечивают явный

защитный эффект для организма от последствий воздействия неблагоприятных факторов¹.

В представленной работе определялось содержание фенольных веществ (ФВ, мг GAE/100 г ИВ), флавоноидов (Фл, мг К/100 г ИВ), каротиноидов (мг %) в овощах и плодах различных сортов, культивируемых на территории Самарского региона. Результаты исследований отражены в Таблице 1.

Содержание веществ, обладающих антиоксидантной активностью (фенольные вещества, флавоноиды, β-каротин) в сортофоне плодовых и овощных сырьев

При воздействии стрессовых факторов на растения в них начинается интенсивное новообразование фенольных соединений, сопровождающееся окислительной конденсацией. Полученные данные позволяют предположить, что такие сорта и группы как, Белоснежка, Братец лис, а так же шиповник лесной были более подвержены воздействию неблагоприятных факторов окружающей

среды. Согласно данным Гидрометцентра среднегодовая температура воздуха в Самарской области в год сбора образцов составила +6,2 градуса, что выше нормы на 1,5 °С.

Оценка содержания флавоноидов в объектах исследования выявила значительный уровень данного показателя у образцов шиповника лесного: от 229 до 442 мг катехина/100 г исходного сырья, что превышает полученные данные у других образцов в среднем в 10 раз. Многочисленные исследования показали, что представленные соединения оказывают капилляроукрепляющее, спазмолитическое, антистрессовое, противовоспалительное, антигрибковое, антибактериальное, противовирусное, противоязвенное, антитоксическое, антиаллергическое, антиатеросклеротическое, антиаритмическое, антигипертензивное, иммуномодулирующее, антиканцерогенное, нефропротекторное, эстрогеноподобное, гепатопротекторное действие на организм человека (Зверев, 2019; Зверев, 2017; Загорулько, 2018). Установленные свойства флавоноидов позволяют использовать их в качестве лекарственных средств, которые не проявляют

Таблица № 1

Наименование объекта	Определяемый показатель		
	Общее содержание фенолов мг (GAE)/100 г	Общее содержание флавоноидов, мг К/100 г	Содержание каротина, мг %
Перец сладкий свежий:			
Белоснежка	7	74	1,32
Братец Лис	273	21	0,30
Звезда Востока Оранжевый	262	57	0,60
Тыквы продовольственная свежая:			
Изящная			
Барбара F1	55	10	1,20
Россиянка	75	63	4,10
	59	30	4,90
Морковь столовая свежая:			
Амстердамска	39	18	3,95
Лаура F1	48	34	2,45
Кукуруза сахарная:			
Сахарный початок	102	47	5,2
Сахарная	64	32	4,8
Плоды облепихи свежие:			
Клавдия	30	22	2,12
Великан	24	16	3,15
Плоды шиповника:			
Лесной	563	398	4,2
<i>Rosa spinosissima L.</i>	234	442	3,0
Юбилейный	270	229	5,2

¹ Всемирная организация здравоохранения. URL: https://www.who.int/elena/titles/commentary/fruit_vegetables_ncds/ru/ (дата обращения 19.04.2021) Установлено, что содержание фенолов в перце сладком свежем сорта Белоснежка составляет 7 мг галловой кислоты (GAE)/100 г. Вместе с тем образцы Братец Лис (273 мг (GAE)/100 г) и Звезда Востока Оранжевый (262 мг (GAE)/100 г) превышают полученный результат примерно на 76%, что является значительным разрывом в полученных данных о содержании фенольных веществ. Так же существенные различия были зафиксированы у плодов шиповника: от 234 до 534 мг галловой кислоты (GAE)/100 г.

серьезных побочных эффектов в отличие от синтетических аналогов.

В работе проводили анализ содержания β -каротина – липофильного пигмента, сосредоточенного в растительных клетках в хлоропластах и хромопластах. Установлено, что его содержание различается не только среди растительных групп, но и внутри сортов. Значительное варьирование показателя было зафиксировано у образцов тыквы продовольственной свежей: от 1,20 до 4,90 мг %. Каротины в большинстве случаев придают растительным объектам оранжевый цвет – лидер по накоплению β -каротина тыква сорта Россиянка визуально имела более насыщенную окраску мякоти.

Раздел «Результаты» должен строго следовать этапам исследования, описанным в разделе «Процедура исследования» (другими словами – включать в себя подразделы, в которых описываются данные, полученные в ответ на конкретную экспериментальную задачу, заявленную для каждого этапа процедуры исследования). Необходимо использовать средства визуализации (например, таблицы, описывающие результаты), особенно когда у автора много полученных данных (таких как средние значения и стандартные отклонения) или для описания корреляций.

Заключение

В работе представлены экспериментальные данные по определению содержания фенольных веществ, флавоноидов, β -каротина в растительных объектах различных сортов.

Показано, что:

1. Содержание фенольных веществ в большей степени зафиксировано в шиповнике лесном (563 мг галловой кислоты (GAE)/100 г). Значительный разрыв результатов отмечен среди сортов перца сладкого свежего (от 7 до 273 мг (GAE)/100 г)) и шиповника (от 234 до 534 мг галловой кислоты (GAE)/100).
2. Результаты определения содержания флавоноидов в выбранных объектах исследования показали высокий уровень данного показателя у образцов шиповника: от 229 до 442 мг катехина/100 г исходного сырья, что превышает полученные данные у других образцов в среднем в 10 раз.
3. Лидирующую позицию по содержанию каротина в выбранных объектах исследования занимают плоды шиповника (от 3,0 до 5,2 мг %).

Значительное варьирование показателя было зафиксировано у образцов тыквы продовольственной свежей: от 1,20 до 4,90 мг %.

4. Вид и сорт растительного сырья – факторы, непосредственно влияющие на накопление веществ антиоксидантов. В большей степени, полученные результаты касаются сортов перца сладкого свежего, тыквы продовольственной свежей, шиповника.

Литература

- Загорулько, Е. Ю, Ожигова, М. Г., Чемесова, И. И., & Лужанин, В. Г. (2018). Количественное определение суммы флавоноидов в надземной части и настойке *IRIS LACTEA (IRIDACEAE. Химия растительного сырья, 2*, 105-113. <https://www.10.14258/jcprm.2018023368>
- Зверев, Я. Ф. (2017). Антитромбоцитарная активность флавоноидов. *Вопросы питания, 6*, 6-20. <https://www.10.24411/0042-8833-2017-00001>
- Зверев, Я. Ф. (2019). Противоопухолевая активность флавоноидов. *Бюллетень сибирской медицины, 18*, 181–194. <https://www.10.20538/1682-0363-2019-2-181-194>
- Земцова, А. Я., Зубарев, Ю. А., & Гунин, А. В. (2019). Токоферолы плодовой мякоти четырех подвидов облепихи (*Hippophae Rhamnoides* L) в условиях лесостепи Алтайского края. *Химия растительного сырья, 1*, 147-155. <https://www.32036258/lerto0223;236258>
- Потоцкая, И. В., Шаманин, В. П., Шепелев, С. С., Пожерукова, В. Е., & Моргунов, А. И. (2020). Фенотипическая и генотипическая оценка линий гексаплоидной синтетической пшеницы (AABBDD) по параметрам зерновки в условиях западной Сибири. *Сельскохозяйственная биология, 1*, 15-26. <https://www.10.15389/agrobiology.2020.1.15rus>
- Серба, Е. М., Волкова, Г. С., Соколова, Е. Н., Фурсова, Н. А., & Юраскина, Т. В. (2018). Плоды брусники – перспективный источник биологически активных веществ. *Химия растительного сырья, 4*, 48-58. <https://www. doi.org/10.36107/spfp.2018.59>
- Типсина, Н. Н., & Селезнева, Г. К. (2013). Использование пюре из тыквы в пищевой промышленности. *Вестник КрасГАУ, 12*, 242-247
- Чумаков, М. И., Гусев, Ю. С., Богатырева, Н. В., & Соколов, А. Ю. (2019). Оценка рисков распространения генетически модифицированной кукурузы с пылью при выращивании с нетрансформированными сортами. *Сельскохозяйственная биология, 3*, 426-445. <https://www. doi: 10.15389/agrobiology.2019.3.426rus>

- Anders, S., Cowling, W., Pareek, A., Gupta, K. J., Singla-Pareek, S. L., & Foyer, C. H. (2021). Gaining Acceptance of Novel Plant Breeding Technologies. *Trends in Plant Science*, 26, 575-587. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.03.004>
- Arruda, H. S., Neri-Numa, I. A., Kido, L. A., Júnior, M. R. M., & Pastore, G. M. (2020). Recent advances and possibilities for the use of plant phenolic compounds to manage ageing-related diseases. *Journal of Functional Foods*, 75, 104-203. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104203>
- Bhatta, M., Sandro, P., Smith, M. R., Delaney, O., Voss-Fels, K. P., Gutierrez, L., & Hickey, L. T. (2021). Need for speed: manipulating plant growth to accelerate breeding cycles. *Current Opinion in Plant Biology*, 60, 101-986. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2020.101986>
- Cömert, E. D., Mogol, B. A., & Gökmen, V. (2020). Relationship between color and antioxidant capacity of fruits and vegetables. *Current Research in Food Science*, 2, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2019.11.001>
- Dong, R., Su, J., Nian, H., Shen, H., Zhai, X., Xin, H., Qin, L., & Han, T. (2017). Chemical fingerprint and quantitative analysis of flavonoids for quality control of Sea buckthorn leaves by HPLC and UHPLC-ESI-QTOF-MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 37, 513-522. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.08.019>
- Du, W., Avena-Bustillos, R. J., & Breksa, A. P. (2012). Effect of UV-B light and different cutting styles on antioxidant enhancement of commercial fresh-cut carrot products. *Food Chemistry*, 4, 1862-1869. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.03.097>
- Enfissi, E. M.A., Drapal, M., Perez-Fons, L., Nogueira, M., Berry, H. M., Almeida, J., & Fraser, P. D. (2021). New plant breeding techniques and their regulatory implications: An opportunity to advance metabolomics approaches. *Journal of Plant Physiology*, 258, 153-378. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2021.153378>
- Ghasemnezhad, M., Sherafati, M., & Payvast, G.A. (2011). Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annum*) fruits at two different harvest times. *Journal Functional Foods*, 3, 44-49. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.02.002>
- Guo, R., Guo, X., Li, T., Fu, X., & Liu, R. H. (2017). Comparative assessment of phytochemical profiles, antioxidant and antiproliferative activities of Sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) berries. *Food Chemistry*, 227, 997-1003. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.063>
- Jashari, G., Muriqi, S., Arbneshti, T., Metelka, R., Švancara, I., & Sýs, M. (2021). A new voltammetric approach for the determination of β -carotene in vegetables and pharmaceutical capsules using a gold electrode. *Talanta*, 227, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2021.122088>
- Kaisera, N., Douchesa, D., Dhingra, A., Glenn, K. C., ReedHerzig, P., Stowe, E. C., & Swarup S. (2020). The role of conventional plant breeding in ensuring safe levels of naturally occurring toxins in food crops. *Trends in Food Science and Technology*, 100, 51-66. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.042>
- Korkmaz, M., & Dogan, N. Y. (2018). Analysis of Genetic Relationships Between Wild Roses (*Rosa* L. *Spp.*) Growing in Turkey. *Food Chemistry*, 60, 305-310. <https://doi.org/10.18699/VJ20.639>
- Lintig, J., Moon, J., Lee, J., & Ramkumar, S. (2019). Carotenoid metabolism at the intestinal barrier. *Biochimica et Biophysica Acta - Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.bbalip.2019.158580>
- Li, L., Li, G., Sun, J., Xin, M., Yi, P., He, X., Sheng, J., Zhou, Z., Ling, D., Zheng, F., Li, J., Liu G., Li, Z., Tang, Ya., Yang, Yi., & Tang, J. (2021). Synergistic effects of ultraviolet light irradiation and high-oxygen modified atmosphere packaging on physiological quality, microbial growth and lignification metabolism of fresh-cut carrots. *Postharvest Biology and Technology*, 173, 111-365.
- Pantelic, M. M., Zagorac, D. C., Davidovic, S. M., Todić, S. R., Bešlić, Z. S., Gašić, U. M., Tešić, Z. L., & Natić, M. M. (2016). Identification and quantification of phenolic compounds in berry skin, pulp, and seeds in 13 grapevine varieties grown in Serbia. *Food Chemistry*, 211, 243-252. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.051>
- Rowles, J. L., & Erdman, J. W. (2020). Carotenoids and their role in cancer prevention. *Biochimica et Biophysica Acta - Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.bbalip.2020.158613>
- Saricaoglu, F. T. (2019). Application of multi pass high pressure homogenization to improve stability, physical and bioactive properties of rosehip (*Rosacantha* L.) nectar. *Food Chemistry*, 1, 67-75.
- Wan, Y., Zhu, J., Meng, X., Liu, S., Mu, J., Ning C. Comparison of polyphenol, anthocyanin and antioxidant capacity in four varieties of *Lonicera caerulea* berry extracts. (2016). *Food Chemistry*, 197, 522-529. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.006>

Study of the Content of Antioxidant Substances in Fruit and Vegetable Raw Materials of the Samara Region

Sofia A. Aleksashina¹, Nadezhda V. Makarova¹

¹ Samara State Technical University, Samara, Russia

Correspondence concerning this article should be addressed to Sofia A. Aleksashina, 443100, Samara, st. Molodogvardeiskaya, 244, Sofia A. Aleksashina, e-mail: vsasofi@rambler.ru, rector@samgtu.ru

Fruit, berry and vegetable raw materials are an irreplaceable item in human nutrition. At this stage in the development of world breeding, not only the organoleptic characteristics of plants, but also their chemical composition, come to the fore. In connection with the growing interest in the effect of antioxidants on human health, breeders are increasingly turning their attention to the study of their comparative content in fruit, berry and vegetable raw materials. The results of a study of the influence of the grade of plant raw materials on the accumulation of substances exhibiting antioxidant activity (phenols, flavonoids, carotenoids) are presented. However, this issue is poorly studied in relation to local raw materials. Accordingly, the purpose of this research work is to obtain information on the influence of such factors as the type and variety of fruit, berry and vegetable raw materials, characteristic of the middle Volga region, on the level of substances with antioxidant activity (phenols, flavonoids, carotenoids). Popular vegetables and fruits cultivated and growing wild in the Samara region were selected as objects of research. In the extracts of the analyzed samples, the total content of phenolic substances was determined by the method using the Folin-Ciocalteu reagent, flavonoids by the method based on the formation of a flavonoid-aluminum complex. The carotene content was determined according to GOST 8756.22-80 using acetone and hexane as extractants. The results of the study showed that the type and variety of plant raw materials are factors that directly affect the accumulation of the studied substances. To a greater extent, the results obtained relate to varieties of sweet peppers, fresh food pumpkin, rose hips. Significant variation in carotene content was recorded in pumpkin samples: from 1.20 to 4.90 mg%. Among the objects of research, it is recommended to use the fruits of the wild rose as a source of phenolic substances and carotenoids for the food and pharmaceutical industries. The results obtained can serve as a basis for breeding work aimed at obtaining new varieties of fruit, berry and vegetable raw materials. The work was carried out within the framework of the state assignment for fundamental research of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Samara State Technical University» №. 0778-2020-0005.

Keywords: phenols, flavonoids, carotenoids, antioxidant activity, cultivar, sweet pepper, pumpkin, carrots, corn, sea buckthorn, rose hips

References

- Zagorulko, E. Yu, Ozhigova, M. G., Chemesova, I. I., & Luzhanin, V. G. (2018). Quantitative determination of the amount of flavonoids in the aerial part and tincture of IRIS LACTEA (IRIDACEAE). *Himiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant materials], 2, 105-113. <https://www.10.14258/jcprm.2018023368>
- Zverev, J. F. (2017). Antiplatelet activity of flavonoids. *Voprosy pitaniya* [Nutrition Matters], 6, 6-20. <https://www.10.24411/0042-8833-2017-00001>
- Zverev, J. F. (2019). Antitumor activity of flavonoids. *Byulleten' sibirskoj mediciny* [Bulletin of Siberian Medicine], 18, 181-194. <https://www.10.20538/1682-0363-2019-2-181-194>
- Zemtsova, A. Ya., Zubarev, Yu. A., & Gunin, A. V. (2019). Tocopherols of the fruit pulp of four subspecies of sea buckthorn (*Hippophae Rhamnoides* L) in the forest-steppe conditions of the Altai Territory. *Himiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 1, 147-155. <https://www.32036258/lerto0223;236258>
- Pototskaya, I. V., Shamanin, V. P., Shepelev, S. S., Pozherukova, V. E., & Morgunov, A. I. (2020). Phenotypic and genotypic evaluation of hexaploid synthetic wheat lines (AABBDD) according to grain parameters in Western Siberia.

- Sel'skohozyajstvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 1, 15-26. <https://www.10.15389/agrobiology.2020.1.15rus>
- Serba, E. M., Volkova, G. S., Sokolova, E. N., Fursova, N. A., & Yuraskina, T. V. (2018). Cowberry fruits are a promising source of biologically active substances. *Himiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 4, 48-58. <https://www.doi.org/10.36107/spfp.2018.59>
- Tipsina, N. N., & Selezneva, G. K. (2013). The use of pumpkin puree in the food industry. *Vestnik KrasGAU*, 12, 242-247
- Chumakov, M. I., Gusev, Yu. S., Bogatyreva, N. V., & Sokolov, A. Yu. (2019). Assessing the risks of spreading genetically modified corn with pollen when grown with non-transformed varieties. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 3, 426-445. <https://www.doi.org/10.15389/agrobiology.2019.3.426rus>
- Anders, S., Cowling, W., Pareek, A., Gupta, K. J., Singla-Pareek, S. L., & Foyer, C. H. (2021). Gaining Acceptance of Novel Plant Breeding Technologies. *Trends in Plant Science*, 26, 575-587. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.03.004>
- Arruda, H. S., Neri-Numa, I. A., Kido, L. A., Júnior, M. R. M., & Pastore, G. M. (2020). Recent advances and possibilities for the use of plant phenolic compounds to manage ageing-related diseases. *Journal of Functional Foods*, 75, 104-203. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104203>
- Bhatta, M., Sandro, P., Smith, M. R., Delaney, O., Vossfells, K. P., Gutierrez, L., & Hickey, L. T. (2021). Need for speed: manipulating plant growth to accelerate breeding cycles. *Current Opinion in Plant Biology*, 60, 101-986. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2020.101986>
- Cömert, E. D., Mogol, B. A., & Gökmen, V. (2020). Relationship between color and antioxidant capacity of fruits and vegetables. *Current Research in Food Science*, 2, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2019.11.001>
- Dong, R., Su, J., Nian, H., Shen, H., Zhai, X., Xin, H., Qin, L., & Han, T. (2017). Chemical fingerprint and quantitative analysis of flavonoids for quality control of Sea buckthorn leaves by HPLC and UHPLC-ESI-QTOF-MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 37, 513-522. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.08.019>
- Du, W., Avena-Bustillos, R. J., & Breksa, A. P. (2012). Effect of UV-B light and different cutting styles on antioxidant enhancement of commercial fresh-cut carrot products. *Food Chemistry*, 4, 1862-1869. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.03.097>
- Enfissi, E. M.A., Drapal, M., Perez-Fons, L., Nogueira, M., Berry, H. M., Almeida, J., & Fraser, P. D. (2021). New plant breeding techniques and their regulatory implications: An opportunity to advance metabolomics approaches. *Journal of Plant Physiology*, 258, 153-378. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2021.153378>
- Ghasemnezhad, M., Sherafati, M., & Payvast, G.A. (2011). Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annum*) fruits at two different harvest times. *Journal Functional Foods*, 3, 44-49. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.02.002>
- Guo, R., Guo, X., Li, T., Fu, X., & Liu, R. H. (2017). Comparative assessment of phytochemical profiles, antioxidant and antiproliferative activities of Sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) berries. *Food Chemistry*, 227, 997-1003. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.063>
- Jashari, G., Muriqi, S., Arbnesi, T., Metelka, R., Švancara, I., & Sýs, M. (2021). A new voltammetric approach for the determination of β -carotene in vegetables and pharmaceutical capsules using a gold electrode. *Talanta*, 227, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2021.122088>
- Kaisera, N., Douchesa, D., Dhingra, A., Glenn, K. C., ReedHerzig, P., Stowe, E. C., & Swarup S. (2020). The role of conventional plant breeding in ensuring safe levels of naturally occurring toxins in food crops. *Trends in Food Science and Technology*, 100, 51-66. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.042>
- Korkmaz, M., & Dogan, N. Y. (2018). Analysis of Genetic Relationships Between Wild Roses (*Rosa* L. Spp.) Growing in Turkey. *Food Chemistry*, 60, 305-310. <https://doi.org/10.18699/VJ20.639>
- Lintig, J., Moon, J., Lee, J., & Ramkumar, S. (2019). Carotenoid metabolism at the intestinal barrier. *Biochimica et Biophysica Acta - Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.bbalip.2019.158580>
- Li, L., Li, G., Sun, J., Xin, M., Yi, P., He, X., Sheng, J., Zhou, Z., Ling, D., Zheng, F., Li, J., Liu G., Li, Z., Tang, Ya., Yang, Yi., & Tang, J. (2021). Synergistic effects of ultraviolet light irradiation and high-oxygen modified atmosphere packaging on physiological quality, microbial growth and lignification metabolism of fresh-cut carrots. *Postharvest Biology and Technology*, 173, 111-365.
- Pantelic, M. M., Zagorac, D. C., Davidovic, S. M., Todić, S. R., Bešlić, Z. S., Gašić, U. M., Tešić, Z. L., & Natić, M. M. (2016). Identification and quantification of phenolic compounds in berry skin, pulp, and seeds in 13 grapevine varieties grown in Serbia. *Food Chemistry*, 211, 243-252. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.051>
- Rowles, J. L., & Erdman, J. W. (2020). Carotenoids and their role in cancer prevention. *Biochimica et*

- Biophysica Acta - Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.bbalip.2020.158613>
- Saricaoglu, F. T. (2019). Application of multi pass high pressure homogenization to improve stability, physical and bioactive properties of rosehip (*Rosacanina L.*) nectar. *Food Chemistry*, 1, 67-75.
- Wan, Y., Zhu, J., Meng, X., Liu, S., Mu. J., Ning C. Comparison of polyphenol, anthocyanin and antioxidant capacity in four varieties of *Lonicera caerulea* berry extracts. (2016). *Food Chemistry*, 197, 522-529. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.006>