



УДК 543.635:634.72

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА ПЛОДОВ *RIBES L*¹

Е.И. Шапошник
Л.А. Дейнека
В.Н. Сорокопудов
В.И. Дейнека
Ю.В. Бурменко
В.В. Картушинский
А.В. Трегубов

Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет

e-mail: deineka@bsu.edu.ru

Представлен обзор результатов определения ряда биологически активных веществ в плодах черной смородины сортов *R. nigrum* из коллекции Ботанического сада БелГУ. Определены основные карбоновые кислоты, уровень и динамика накопления аскорбиновой кислоты в плодах различных сортов (от 100 до 280 мг% в зависимости от сорта). Приведены сводные данные по накоплению антоцианов (от 67 до 345 мг на 100 г свежих плодов) с заметным разбросом по годам, и их качественному составу, практически однородному с четырьмя основными компонентами – дельфинидин-3-глюкозидом, дельфинидин-3-рутинозидом и аналогичными гликозидами цианидина. Определены каротиноиды плодов, причем обращено внимание на то, что в плодах *Ribes alpinum* накапливается ликопин, в смородине золотистой (*Ribes aureum*) – β-каротин. Установлено, что масло семян образовано большим набором жирных кислот, в которых содержатся две октадекатриеновые (α- и γ-линоленовые) и октадекатетраеновая (стеариноновая) кислоты.

Ключевые слова: растения рода *Ribes*, органические кислоты, аскорбиновая кислота, антоцианы, каротиноиды, ВЭЖХ, спектроскопия.

Род Смородина (*Ribes L.*) принадлежит к семейству *Grossulariaceae*; род включает по разным данным от 120 до 150 видов [1-3], которые разделяют на восемь подродов, из которых наибольшее хозяйственное значение для садоводства имеют два – *Eucoreosma* (смородина черная) и *Ribesia* (смородина красная). Еще один подрод, *Symphocalyx*, объединяет виды, некоторые из которых послужили родоначальниками смородины золотистой (*Ribes aureum Pursh*). Родина смородин – умеренно теплые и субтропические регионы Северного полушария.

Самый распространенный в культуре (в том числе и в России) и широко известный вид смородины – смородина черная (*Ribes nigrum L.*), в селекции которой в последнее время используют и некоторые другие родственные виды – смородину американскую (*R. americanum Milt.*), смородину дикушу (*R. dikuscha Fisch.*), смородину малоцветковую (*R. pauciflorum Turcz.*) и др.

Название смородина происходит от слова «сморд», указывающего на сильный специфический запах почек и листьев растения, обусловленный биосинтезом летучих веществ с антисептическим и диуретическим действием. Популярность плодов черной смородины определяется уникальным комплексом накапливающихся в них биологически активных веществ [5-7]. Медики рекомендуют употреблять ягоды смородины в свежем и переработанном виде как можно в больших количествах; научно-обоснованная норма рационального питания предусматривает ежегодное потребление 4,5 кг ягод смородины [4]. Соответственно, смородина является источником получения ряда лекарственных препаратов, биологически активных добавок и функциональных продуктов питания.

По данным Е.П. Франчук [8] содержание сухих растворимых веществ в некоторые годы у отдельных сортов достигала 18-20%, в то время как у других сортов – может составлять – 12,2-12,5%. Сахара представлены в основном глюкозой, фруктозой и сахарозой и определяют пищевую ценность плодов.

¹ Работа выполнена в рамках реализации и при финансовой поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг., госконтракт № П508 от 14.05.2010 «Разработка технологии изостатического прессования продуктов растительного происхождения».



Кислотность плодов черной смородины находится в пределах 2,1–3,2%, в северных районах выращивания культуры кислотность может подниматься до 3,9–5,4%, в южных – снижаться до 1,5–2,0% [9]. Накопление кислот в плодах смородины зависит от стадии зрелости. Зеленые плоды содержат щавелевую, яблочную и лимонную кислоты, при этом преобладает щавелевая [10]. В бурых плодах содержание изменяется, и преобладают яблочная и лимонная кислоты. В спелых плодах щавелевая кислота исчезает или остаются ее следы, уменьшается количество яблочной кислоты, иногда до следов, преобладающей становится лимонная кислота, достигая 98-100% от общего количества кислот [11].

Антоцианы – конечные вещества в цепи метаболизма фенолпропаноидных соединений в растениях. Различия в видовом составе антоцианов зависят от биосинтеза и активности ряда ферментов, начиная со стадий метаболизма дигидрокемпферола (рис. 1).

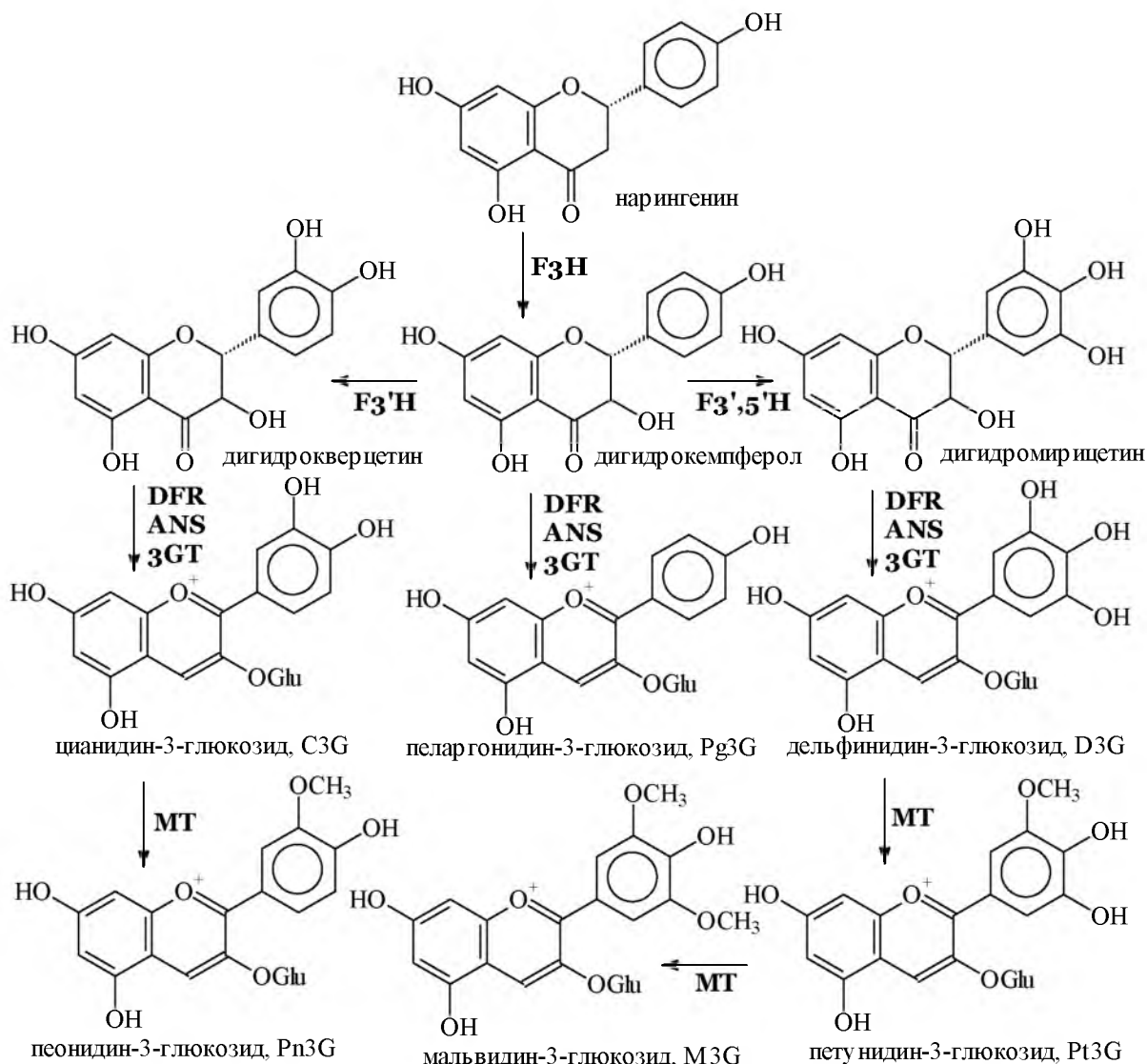


Рис. 1. Схема биосинтеза антоцианов

Если дигидрокемпферол синтезируется из нарингенина под действием флаванон-3-гидроксилазы (F3H) во всех растениях, накапливающих антоцианы, то образование дигидрокверцетина и дигидромирицетина возможно только при синтезе в рас-

смаатриваемом объекте ферментов, позволяющих вводить ОН-группы в кольцо В флавоноидного каркаса (ферменты F3'H и F3'5'H). Эти три дигидрофлаванолола при последовательном действии дигидрофлаванол-4-редуктазы (DFR), антоцианидин-синтазы (ANS) и 3-гликозилтрансферазы (3GT) образуют антоцианы – пеларгонидин, цианидин и дельфинидин соответственно [12]. В свою очередь 3-гликозиды цианидина и дельфинидина могут под действием метилтрансферазы (MT) трансформироваться до производных пеонидина (цианидиновый ряд), петунидина и мальвидина (дельфинидиновый ряд). В дальнейшем разнообразии антоцианов будет определяться действием ферментов, переносящих углеводные радикалы, например, рамнозил-6"-трансферазы, превращающей 3-глюкозиды в 3-рутинозиды вне зависимости от строения агликона.

В различных литературных источниках приводятся следующие данные по содержанию антоцианов в плодах черной смородины: 270 мг/100 г свежих ягод [13], 83-199 мг/100 г для 17 сортов различного происхождения [14], порядка 300 мг/100 г найдено при выращивании в условиях Финляндии [15]. Это заметно больше, чем для плодов красной смородины (23-127 мг%) [16].

Синтез каротиноидов происходит в хлоропластах высших растений [17]. В клетках растений каротиноиды локализованы в пластидах в виде глобул, кристаллов или белково-каротиноидных комплексов, входящих в структуру мембран. Следует учитывать, что каротиноиды в чистом виде характеризуются высокой лабильностью – они весьма чувствительны к воздействию солнечного света, кислорода воздуха, нагреванию, воздействию кислот и щелочей. Под воздействием этих неблагоприятных факторов они подвергаются окислению и разрушению. В то же время, входя в состав различных комплексов (например, протеиновых), они проявляют намного большую стабильность [18]. Литературные данные по содержанию каротиноидов в ягодах смородины практически отсутствуют.

Изучение триглицеридного состава масел растений востребовано в хемосистематике растений [19], так как жирнокислотный состав масел семян порой заметно изменяется при переходе от одного вида растений к другому для данного семейства. Особенно это касается необычных специфических полиненасыщенных жирных кислот, анализ которых успешно применяют к растениям для классификации по биохимическим признакам. Масло семян черной смородины – одно из масел растений, содержащее ω -3 полиненасыщенные жирные кислоты в больших количествах (15,0% по массе) [20]. По данным других исследователей [21], полное содержание липидов в семенах плодов растений рода *Ribes* по массе составляет до 30,5%. При этом масло семян черной смородины содержит до 19% γ -линоленовой кислоты, таким образом, являясь одним из наиболее богатых ее источников.

Так как содержание биологически активных веществ сильно зависит от места произрастания и сортовой принадлежности, представляется интересным их определение в растениях, выращенных в Белгородской области.

Материалы и методы исследования

Под наблюдением находилось 38 сортов *R. nigrum*, высаженных на участке коллекционного изучения в ботаническом саду БелГУ. Коллекция представлена сортами отечественной селекции, интродуцированными из различных эколого-географических зон страны.

Количественное и качественное определение биологически активных веществ проводили в жидких экстрактах с использованием методов титриметрии, спектрофотометрии и обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии (ОФ ВЭЖХ). Очистка биологически активных веществ проводилась методом флэш-хроматографии в нормально-фазовом и обращенно-фазовом вариантах на концентрирующих патронах ДИАПАК. Спектры в УФ и видимой области электромагнитного спектра записывали на приборе КФК-3-01.



Экстракты антоцианов получали несколько кратным настаиванием свежесобранных плодов в 0.1 М водном растворе соляной кислоты до обесцвечивания исходного материала [22]. Для экстракции каротиноидов навеску свежесобранных плодов тщательно растирали фарфоровым пестиком в фарфоровой ступке под слоем ацетона – порциями по 3 - 5 мл до обесцвечивания экстракта. Экстракт переносили в мерную посуду, объем в которой до метки доводили ацетоном и перед определением каротиноидов раствор профильтровывали через фильтрующую насадку на шприц с порами 0.4 мкм. При необходимости раствор разбавляли или концентрировали с использованием вакуумного ротационного испарителя. Все операции с каротиноидами проводили вне доступа прямого солнечного света.

Для экстракции триглицеридов, семена извлекали из спелых плодов растений и высушивали при естественных условиях, измельчали на кофемолке и экстрагировали так же как и каротиноиды.

Хроматографические исследования проводили хроматографе, составленном из насосов «Altex 110A» или «Beckman 110B», крана дозатора Rheodyne 7125 с петлей объемом 20 мкл при спектрофотометрическом детектировании с использованием детекторов: спектрофотометрического – «Nicolet LC/9563» или рефрактометрического R401 Waters Millipore. Для разделения веществ использовали хроматографические колонки: 250×4,0 мм, Диасфер-110-С18, 5 мкм («БиоХимМак», Россия); 250×4,0 мм, Reprosil-Pur C18-AQ, 5 (Др. Майш); 250×4,6 мм, Кромасил С18. Для регистрации и обработки хроматограмм использовали программный продукт «МультиХром 1,5» (Ampersand ltd).

Для приготовления подвижных фаз использовали растворители: ацетон (ч.д.а. ЗАО «Экос-1»), ацетонитрил (о.с.ч. УФ-205, ООО «ХромРесурс»), муравьиную кислоту (х.ч.), ортофосфорную кислоту (х.ч.). Все измерения с использованием метода ВЭЖХ в данной работе проводили в изократическом режиме, т.е. при постоянстве состава элюата по концентрации кислоты и органического модификатора.

Результаты исследования и их обсуждение

Кислоты

Типичная хроматограмма гидрофильных компонентов экстракта плодов черной смородины представлена на рис 2. Из нее следует, что в зрелых плодах *R. nigrum* независимо от сорта в условиях Белгорода основную часть кислот составляют лимонная, яблочная и аскорбиновая кислоты. Это в целом согласуется с данными, представленными Н.М. Осокиной [23], где основными выявлены лимонная, яблочная и янтарная.

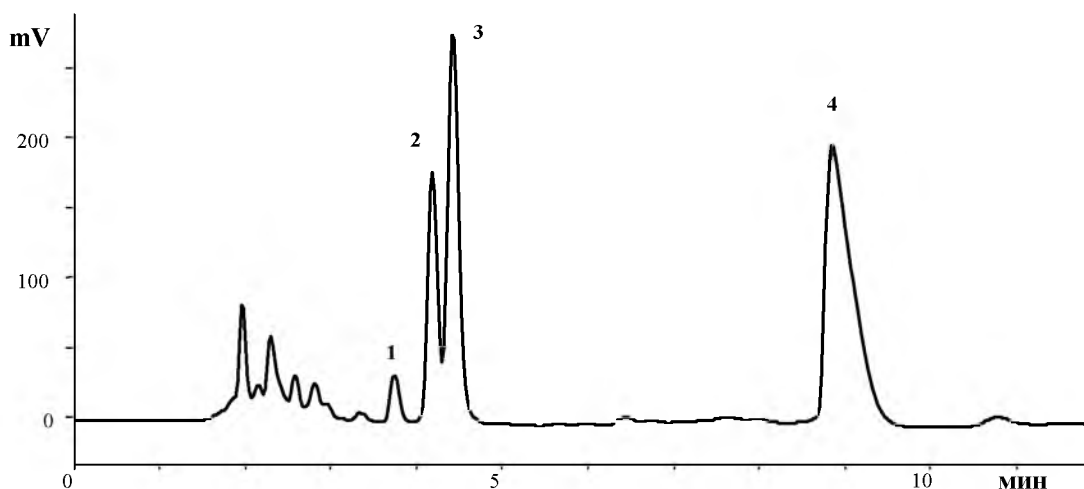


Рис. 2. Разделение кислот плодов *R. nigrum* L.

1 - яблочная кислота, 2 – не идентифицирован, 3 – аскорбиновая кислота, 4 – лимонная кислота



Содержание кислот в плодах *R. nigrum* (титруемая кислотность), в зависимости от сорта, колебалось в пределах – 1,59-2,91%, при среднем содержании кислот в ягодах черной смородины – 2,23%, что очень близко к результатам, полученным в условиях Умани [23], сходных по агроклиматическим особенностям с Белогорьем. Отметим, что трехосновность основной карбоновой кислоты плодов легко устанавливалась по титрованию экстракта плодов с двумя типами электродов – кондуктометрическим и потенциометрическими.

По данным J.G Bordonaba и L.A. Terry [24] в условиях Великобритании в плодах черной смородины лимонная кислота составляет от 40,2 до 81,5% от общей кислотности в зависимости от сорта, а аскорбиновая – от 2,6 до 7,4%. Содержание аскорбиновой кислоты (витамина С) в плодах различных сортов *R. nigrum* (представителя подрода *Eucoeosma*) значительно варьировало и составляло от 79 до 312 мг% (табл. 1).

Таблица 1

Содержание аскорбиновой кислоты в плодах различных сортов *R. nigrum*

| Название сорта | Содержание аскорбиновой кислоты, мг% | Название сорта | Содержание аскорбиновой кислоты, мг% |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| Орловия | 129,0±22,7 | Шалуinya | 123,6±23,9 |
| Ершистая | 117,8±5,4 | Орловский Вальс | 281,0±32,8 |
| Лентяй | 133,6±6,4 | Светлолистная | 211,6±23,5 |
| Рясная | 168,9±17,0 | Июньская Кондрашовой | 225,5±21,5 |
| 6-26-70 | 109,9±12,8 | Экзотика | 148,0±11,8 |
| 6-21-103 | 100,3±11,3 | Муравушка | 156,9±18,8 |
| Зуша | 167,4±14,9 | Гамма | 264,8±21,2 |
| Бычковская | 215,7±21,6 | Гулливер | 117,3±11,7 |
| Шалуinya | 123,6±23,9 | Нара | 142,0±9,4 |
| 6-10-42 | 133,9±10,7 | Изюмная | 168,1±13,4 |
| Грация | 226,7±13,6 | Добрыня | 161,3±13,8 |
| Надина | 161,6±8,1 | Селеченская | 131,7±9,9 |
| Тамерлан | 142,9±12,9 | Талисман | 112,6±10,0 |
| Отечественная | 175,0±19,2 | Зеленая Дымка | 151,2±11,9 |
| Журавушка | 210,4±16,8 | Татьянин день | 253,7±21,1 |
| Дачница | 145,9±19,7 | Бинар | 179,0±14,3 |
| Констанция | 129,3±13,0 | Элевеста | 148,9±11,6 |
| Перун | 166,0±13,3 | Белорусская сладкая | 167,7±20,8 |
| Чаровница | 234,2±18,7 | Черный Жемчуг | 214,4±12,3 |
| Среднее содержание аскорбиновой кислоты, мг%, 183,2±27,9 | | | |

Накопление витамина С зависело как от происхождения (сила влияния составила 51%) и особенностей сорта (изменчивость внутри сорта – 8%), так и от стадии спелости плодов (коэффициент вариации порядка 27 – 36%) (рис. 3).

Самое высокое содержание аскорбиновой кислоты наблюдается в зеленых и бурых (недозрелых) ягодах, самое низкое – в перезрелых ягодах, которые содержали на 30% меньше аскорбиновой кислоты, чем черные ягоды [25].

Антоцианы

В ягодах смородины черной содержатся в значительных количествах и другие биологически активные вещества – антоцианы. Качественно хроматографический профиль антоцианового комплекса всех исследованных в настоящей работе плодов *R. nigrum* оказался практически неизменным, как и во всех известных нам опубликованных работах. При этом не изменялся и порядок элюирования основных компонентов, несмотря на то, что использовались различные стационарные обращенные фазы и различные элюенты: дельфинидин-3-глюкозид (D3G) – дельфинидин-3-рутинозид (D3R) – цианидин-3-глюкозид (C3G) – цианидин-3-рутинозид (C3R). На рис. 4 представлены хроматограммы четырех сортов черной смородины из коллекции ботанического сада БелГУ.

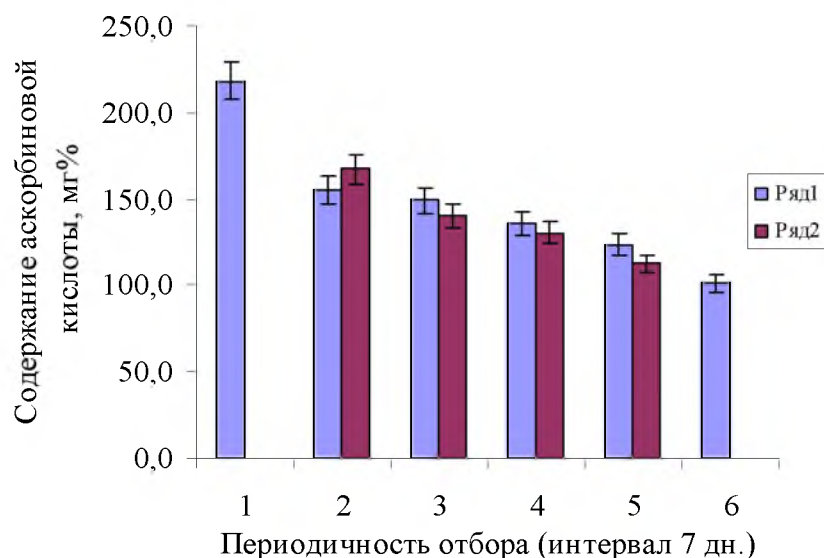


Рис. 3. Диаграмма изменения содержания аскорбиновой кислоты в плодах сортов *R. nigrum* по мере созревания: Ряд 1 – Черный Жемчуг; Ряд 2 – Зуша.

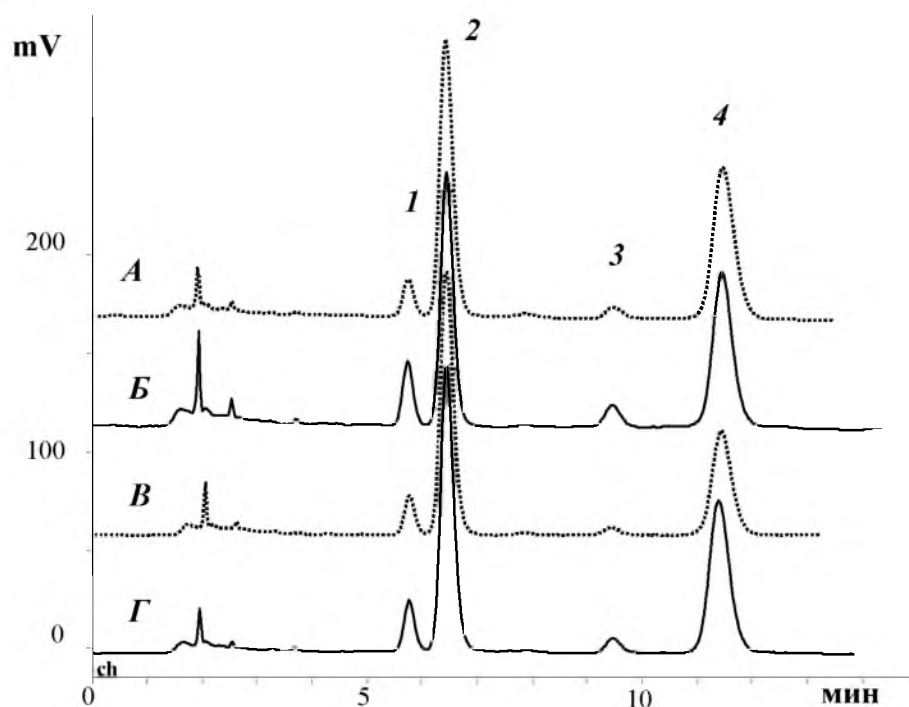


Рис. 4. Разделение антоцианов плодов черной смородины различных сортов: А - Орловия; Б - Бинар; В - Орловский Вальс; Г - Зуша; 1 - D3G; 2 - D3R; 3 - С3G; 4 - С3R.

Для большей части растений *R. nigrum* характерно преобладание пигментов дельфинидинового, и только у сорта Июньская Кондрашовой – цианидинового ряда (табл. 2).

Максимальный уровень накопления антоцианов в плодах *R. nigrum* исследованных сортов заметно выше, чем в сортах селекции британских садоводов [24] и сортов выращенных в Латвии [26], но уступает показателям, достигнутым литовскими [25] и финскими [15] специалистами. Это является следствием влияния абиотических факторов на растения *R. nigrum*, поскольку в разные годы при различных погодных условиях выращивания этой культуры в Белгороде нами получены различные ре-



зультаты 155 – 240 мг на 100 г свежих плодов. Для плодов *R. nigrum ssp. sibiricum* в условиях Белгородской области обнаружено 120-160 мг на 100 г свежих ягод.

Таблица 2

Антоциановый состав плодов различных сортов *R. nigrum* Ботанического сада БелГУ

| Сорт | Доля антоцианов*, моль % | | | | Сумма антоцианов**, мг/100 г | | | | |
|----------------------|--------------------------|------|------|------|------------------------------|------|------|------|----------|
| | D3G | D3R | C3G | C3R | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | среднее |
| Надина | 4,8 | 62,8 | 2,4 | 30,0 | 163 | 245 | 256 | 325 | 247 ± 76 |
| Дачница | 5,0 | 67,3 | 2,6 | 25,1 | 102 | 92 | 131 | 194 | 130 ± 64 |
| Селеченская | 7,7 | 54,0 | 5,5 | 32,8 | 194 | 126 | 143 | 159 | 156 ± 38 |
| Бинар | 9,7 | 49,2 | 6,1 | 35,0 | 196 | 139 | 142 | 155 | 158 ± 34 |
| Черный Жемчуг | 11,8 | 58,9 | 6,5 | 22,8 | 145 | 215 | 197 | 234 | 198 ± 36 |
| Белорусская Сладкая | 10,0 | 66,3 | 2,6 | 21,1 | 206 | 242 | 184 | 252 | 221 ± 31 |
| Грация | 5,5 | 63,7 | 2,4 | 28,4 | 188 | 252 | 259 | 345 | 261 ± 84 |
| Орловия | 6,6 | 62,8 | 3,3 | 27,3 | 128 | 118 | 298 | 292 | 209 ± 89 |
| Муравушка | 5,9 | 60,1 | 4,7 | 29,3 | 97 | 58 | 145 | 164 | 116 ± 29 |
| Нара | 9,9 | 50,0 | 7,6 | 32,5 | 176 | 270 | 235 | 311 | 248 ± 62 |
| Июньская Кондрашовой | 9,9 | 31,8 | 11,1 | 46,2 | 184 | 214 | 199 | 252 | 212 ± 40 |
| Гулливвер | 7,7 | 47,8 | 3,9 | 40,6 | 91 | 77 | 120 | 168 | 114 ± 52 |
| Светлолистная | 9,6 | 62,1 | 4,4 | 23,9 | 118 | 183 | 133 | 204 | 160 ± 44 |
| Талисман | 8,2 | 54,9 | 7,7 | 29,2 | 180 | 183 | 197 | 201 | 190 ± 11 |
| Журавушка | 12,9 | 57,9 | 4,1 | 25,1 | 157 | 142 | 175 | 219 | 173 ± 46 |
| Отечественная | 10,1 | 50,1 | 4,8 | 34,7 | 68 | 67 | 92 | 76 | 76 ± 16 |
| Элевеста | 9,8 | 59,5 | 4,1 | 26,6 | 147 | 249 | 208 | 306 | 228 ± 58 |

* - по площади пиков на хроматограмме; ** - в пересчете на цианидин-3-глюкозид.

Синтез антоцианов в плодах начинается в середине-конце июня, визуально сопровождаясь переходом окраски плодов из зеленой в бурую и далее в черную. Содержание антоцианов стабильно растет до середины-конца июля, а затем идет снижение при продолжающемся наборе массы; это говорит о том, что процесс синтеза антоцианов в плодах на определенном этапе прекращается рис.5.

Эти данные можно использовать при заготовке плодов черной смородины как антоцианового сырья.

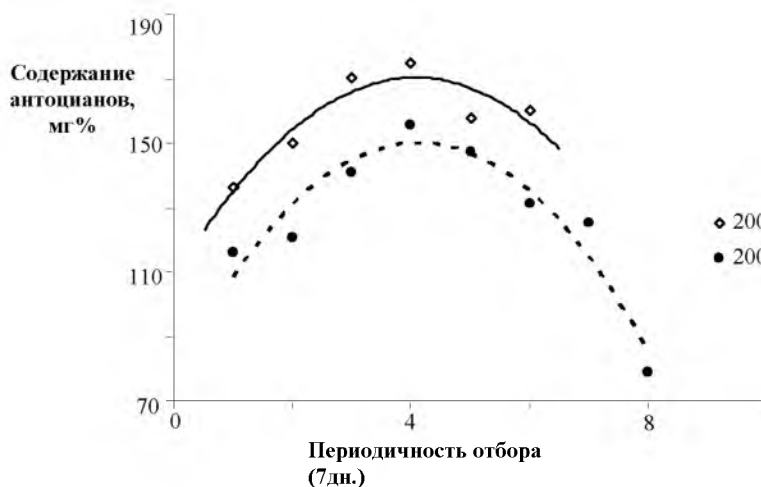


Рис. 5. Динамика накопления антоцианов в плодах *R. Nigrum* 2007-2008 гг. (сорт Экзотика)



Каротиноиды

В ягодах и кожуре черной смородины обнаружены и каротиноиды, содержание этих биологически активных веществ значительно ниже, чем содержание антоцианов.

Проведенные нами исследования ацетоновых экстрактов плодов *R. aureum* методом ВЭЖХ позволили установить, что каротиноидный комплекс плодов смородины золотистой представлен в основном β -каротином, а смородины альпийской – ликопином (рис. 6).

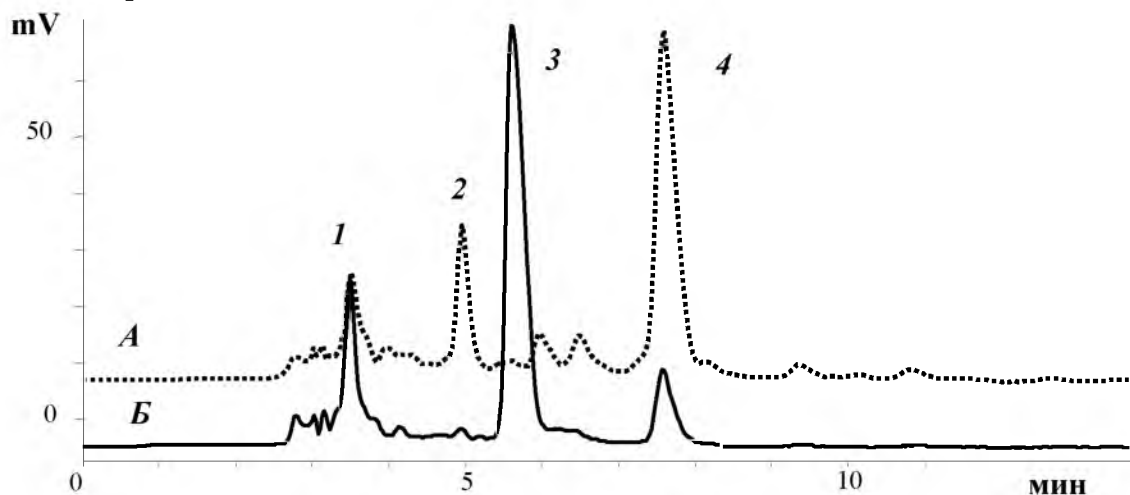


Рис. 6. Хроматограмма разделения каротиноидов плодов

A - *R. aureum* Pursh.; Б - *R. alpinum* L.; 1 – дигидроксипроизводные; 2 – β -криптоксантин; 3 – ликопин; 4 – β -каротин

При этом общее содержание каротиноидов (в пересчете на β -каротин) у разных форм составляло от 8 до 19 мг% и максимальное содержание этих биологически активных веществ характерно для наиболее темноокрашенных форм. По данным Л.С. Санкина [27] смородина золотистая в условиях Алтая содержит от 5 до 12 мг% каротиноидов.

Необходимо отметить, что извлечение пигментов отдельно из кожицы и отдельно из мякоти позволило установить, что концентрирование каротиноидов происходит в кожице, где их содержание превосходит общее более чем в 4 раза.

Не только мякоть и кожица плодов накапливают каротиноиды, эти биологически активные вещества обнаружены и в составе семян смородин. Основным компонентом пигментов семян всех изученных видов рода *Ribes* является β -каротин.

Количественное определение суммы каротиноидов в семенах в пересчете на β -каротин, выявило, что для *R. nigrum* содержание пигментов составило 1,3 мг%, для *R. aureum* различных форм значения достигали 3,7 – 7,6 мг% (в пересчете на β -каротин), для *R. alpinum* обнаружено 3,3 – 4,4 мг% (в пересчете на ликопин), а для представителей подрода *Ribesia* накопление каротиноидов 0,5 – 2,0 мг%.

Масла семян

Главной ценностью семян смородины является уникальное масло. Масла всех исследованных семян растений рода *Ribes* оказались довольно близкими по составу: они относятся к высыхающим, т.е. содержат большое количество триеновых (суммы α - и γ -линоленовых) кислот. Триглицериды этих масел практически не содержат радикалов жирных кислот C_8 - C_{14} и C_{22} , и представлены различными комбинациями радикалов пальмитиновой (C_{16}) и C_{18} -кислот с различным числом двойных связей, но большой набор этих кислот определяет многокомпонентность триглицеридного комплекса и проблемы с разделением комплекса на индивидуальные составляющие. В данном случае намного более продуктивно использование тандема последовательно соединенных хроматографических колонок (рис. 7).

Судя по параметрам удерживания триглицеридов на хроматограмме, масло семян растений рода *Ribes* (*R. nigrum* и *R. alpinum*), содержит триглицериды, образованные с участием не только α - и γ -линоленовых кислот (11-16% от общей массы жирных кислот), но тетраеновую - стеаридоновую (кислоту (3-6% от общей массы жирных кислот), что соответствует литературным данным [28,29]. Сообщение об участии в образовании триглицеридов паринаровой кислоты [11] ошибочно, поскольку эта октадекатетраеновая кислота с сопряженными двойными связями (обнаружена в масле семян бальзамина) имеет характеристический электронно-колебательный спектр в УФ-области (около 300 нм), в то время как масло семян смородины практически прозрачно для УФ лучей с длиной волны выше 210 нм.

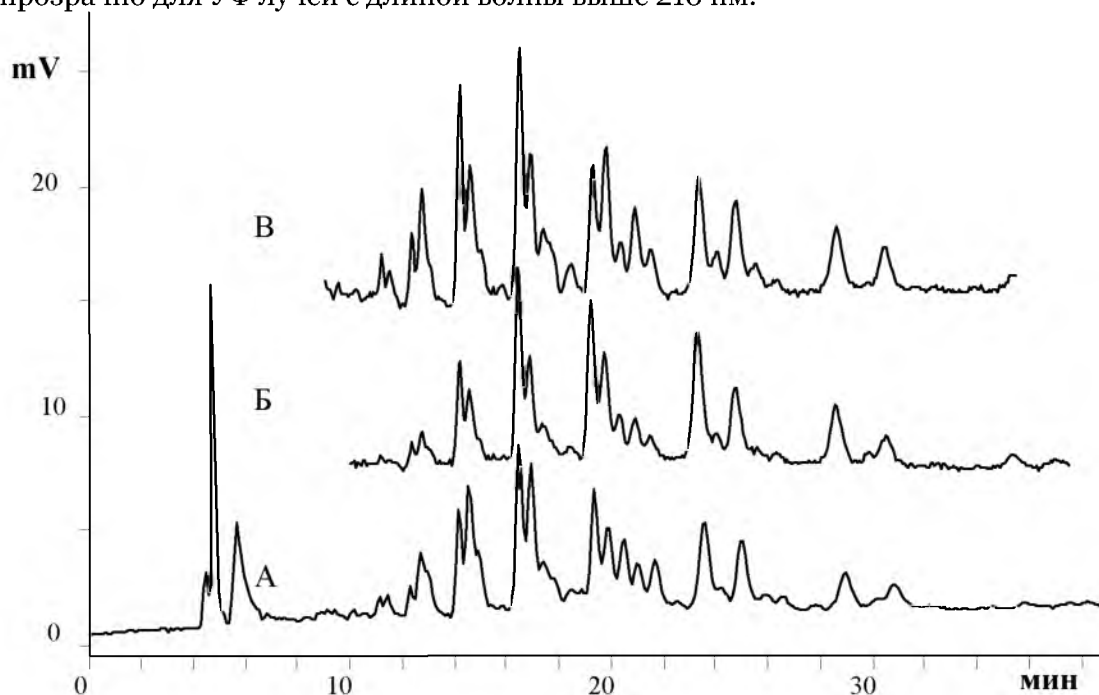


Рис. 7. Разделение триглицеридов масел семян растений *R. nigrum*, (А), *R. alpinum* (Б), *Grossularia reclinata* (Б)

Таким образом, плоды черной смородины могут считаться хорошим источником целого ряда биологически активных веществ, пригодным для комплексной переработки.

Список литературы

1. Цвелев Н.Н. Семейство Крыжовниковые (Grossulariaceae) / Жизнь растений. В шести томах. Главные редактор академик А.Л. Тахтаджян. Том пятый. Часть вторая. – М.: Просвещение, 1981. – С. 169.
2. Черепанов С.К. Сосудистые растения СССР. – Л.: Наука, 1981. – 510 с.
3. Огольцова Т.П. Селекция черной смородины – прошлое, настоящее, будущее. – Тула: Приок. кн. изд-во, 1992. – 384 с.
4. http://www.apte.ru/product/Terra-plant_ChERNAYa_SMORODINA
5. Karjalainen R., Anttonen M., Saviranta N., Hilz H., Stewart D., McDougall G.J., Mattila P., Törrönene R. A Review on Bioactive Compounds in Black Currants (*Ribes nigrum* L.) and Their Potential Health-Promoting Properties // *Acta horticulturae*. – 2009. – N.839. – P. 301-307.
6. Салыкова В.С., Санкин Л.С. Селекция отдаленных гибридов смородины черной на улучшение биохимического состава ягод в условиях Сибири // *Современное садоводство*. – 2010. – №1. – С. 13-16.
7. Макаркина М.А., Янчук Т.В. Характеристики сортов смородины черной по содержанию сахаров и органических кислот // *Современное садоводство*. – 2010. – № 2. – С. 9-12.
8. Франчук Е.П. Биохимическая характеристика некоторых новых сортов черной смородины // *Академия наук СССР. Биохимия плодов и овощей*. – 1961. – Сб.6. – С.153-164.



9. Аристова Н.Н., Жилякова Т.А., Лутков И.П. Определение органических кислот в сусле и вине // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 1999. – №9. – С. 64-67.
10. Чепурко В.К. Изменение химического состава и товарных свойств ягод черной смородины под влиянием внекорневой подкормки микроэлементами: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.15 / Моск. ин-т нар. хоз-ва. М., 1971. – 26с.
11. Долинина Е.Е. Оценка видов и сортов смородины на содержание незаменимых линоленовых кислот // *Вестник РАСХН*. – 2003. – №2. – С. 37-39.
12. Jaakola L., Maata K., Pirtilla A.M., Torronen R., Karenlampi S., Hohtola A. Expression of Genes Involved in Anthocyanin Biosynthesis in Relation to Anthocyanin, Proanthocyanidin, and Flavonol Levels during Bilberry Fruit Development // *Plant Physiology*. – 2002. – V. 130. – P. 729-739.
13. Antal D.-S., Gârban G., Gârban Z. The anthocyanins: biologically-active substances of food and pharmaceutical interest // *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati Fascicle VI – Food Technology*. - 2003. – P. 106-115.
14. Bordonaba J.G., Terry L.A. Biochemical Profiling and Chemometric Analysis of Seventeen UK-Grown Black Currant Cultivars // *J. Agric. Food Chem.* – 2008. – V.56. – P. 7422-7430.
15. Maatta K., Kamal-Eldin A., Törrönen R. Phenolic compounds in berries of black, red, green, and white currants (*Ribes* sp.) // *Antiox. Redox Signal.* - 2001. – V. 3 (6). – P. 981-993.
16. Упадышев М.Т. Роль фенольных соединений в процессах жизнедеятельности садовых растений. – М.: Изд. дом «МСП», 2008. – 320 с.
17. Takashi S., Furihata K., Ishitsu J., Shimada K. Carotenoids sulphates from the aerobic photosynthetic bacterium *Erythrobacteria logus* // *Phytochemistry*. – 1991. – V. 30. – P. 3411-3415.
18. Владимиров В.Л., Шапошников А.А., Дейнека Д.В., Вострикова С.И., Дейнека В.И. Исследование каротиноидного состава желтка куриных яиц // *Доклады РАСХН*. - 2005. - № 6. - С. 46-48.
19. Velasco L., Goffman F.D. Chemosystematic significance of fatty acids and tocopherols in Boraginaceae // *Phytochem.* – 1999. – V. 52. – P. 244-345.
20. Vecera R., Skottová N., Vána P., Kazdová L., Chmela Z., Svagera Z., Walterá D., Ulrichová J., Simánek V. Antioxidant status, lipoprotein profile and liver lipids in rats fed on high-cholesterol diet containing currant oil rich in n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids // *Physiol Res.* – 2003. – V. 52 (2). – P. 177-187.
21. Traitler H., Winter H., Richli U., Ingenbleek Y. Characterization of gamma-linolenic acid in *Ribes* seed // *Lipids.* – 1984. – V. 19(12). – P. 923-928.
22. Дейнека В.И., Григорьев А.М., Дейнека Л.А., Шапошник Е.И., Староверов В.М. Исследование антоцианов черники в плодах и препаратах на ее основе методом ВЭЖХ // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. – 2006. – Т. 72. №3. – С. 16-20.
23. Осокина Н.М. Формування вмісту та складу органічних кислот у плодах чорної смородини // *Наукові доповіді НАУ*. – 2007. – №1(6). – С. 8-14.
24. Bordonaba J.G., Terry L.A. Biochemical Profiling and Chemometric Analysis of Seventeen UK-Grown Black Currant Cultivars // *J. Agric. Food Chem.* – 2008. – V.56. – P. 7422-7430.
25. Rubinskiene M., Viskelis P., Jasutiene I., Duchovskis P., Bobinas C. Changes in biologically active constituents during ripening in black currants // *J. Fruit Ornament. Plant Res.* – 2006. – V. 14. – P. 237-246.
26. Kampuss K., Strautina S. Evaluation of blackcurrant genetic resources for sustainable production // *J. Fruit Ornament. Plant Res.* - 2004. – V. 12. – P. 147-158.
27. Санкин Л.С., Салыкова В.С. Селекция смородины золотистой в Сибири // *Состояние и перспективы развития сибирского садоводства: материалы науч.-практ. конф., посвященной 110-летию со дня рождения М.А. Лисавенко*. – Барнаул, 2007. – С. 294-300.
28. Barre D.E. Potential of evening primrose, borage, black currant, and fungal oil in human health // *Ann. Nutr. Metab.* - 2001. – V.45. – P. 47-57.
29. Vecera R., Skottová N., Vána P., Kazdová L., Chmela Z., Svagera Z., Walterá D., Ulrichová J., Simánek V. Antioxidant status, lipoprotein profile and liver lipids in rats fed on high-cholesterol diet containing currant oil rich in n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids // *Physiol Res.* – 2003. – V. 52 (2). – P. 177-187.



BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF *RIBES L.* FRUITS

E.I. Shaposhnik
LA. Deineka
V.N. Sorokopudov
V.I. Deineka
J.V. Burmenko
V.V. Kartushinskiy
A.V. Tregubov

*Belgorod State National
Research University*

e-mail: deineka@bsu.edu.ru

A review of some biologically active compounds in fruits of black currants of BSU Botanical garden collection is presented. The main fruits carboxylic acids were citric, ascorbic and malic. Ascorbic acid accumulation as well as the dynamics belongs upon the varieties ranging from 100 to 280 mg%. The anthocyanin accumulation level varied from 65 to 345 mg per 100 g of fresh fruits between varieties and years of harvesting the four main components being the main for the all samples under investigation –delphinidin-3-glucoside, delphinidin-3-rutinoside, cyanidin-3-glucoside and cyanidin-3-rutinoside. It has been pointed out that some another *Ribes* genus accumulate high level of β -carotene (*R. aureum*) or lycopene (*R. alpinum*). The seed oil of the species was composed mainly with C18 acids, including α - and γ -linolenic as well as stearidonic acid.

Key words: *Ribes*, carboxylic acids, ascorbic acid, anthocyanins, carotenoids, seed oil, HPLC, spectrophotometry.