



## ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Научная статья

УДК 544

doi: 10.17308/sorpchrom.2023.23/11315

### Определение антоцианинов методами ВЭЖХ (обзор)

Александр Яковлевич Яшин<sup>1</sup>, Яков Иванович Яшин<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup>Институт аналитической токсикологии», Москва, Россия, yashin@scietegra.com ✉

<sup>2</sup>Интерлаб, Москва, Россия

**Аннотация.** В кратком обзоре рассмотрены основные методы ВЭЖХ с разными детектирующими системами для определения антоцианинов. Основные применяемые детекторы: ультрафиолетовый, масс-спектрометрический, диодматричный, электрохимический и их сочетания. В обзоре приведены данные по суммарному содержанию антоцианинов в пищевых продуктах, а также приведен перечень фруктов, ягод, овощей, зерновых, напитков в которых определен состав антоцианинов разными методами ВЭЖХ. Приведен перечень болезней, риск которых снижается при регулярном потреблении антоцианинов. К ним относятся: сердечно-сосудистые, онкологические, диабет, нейродегенеративные и др. В некоторых работах показано, что антоцианины обладают терапевтическим эффектом.

**Ключевые слова:** антоцианины, методы ВЭЖХ, детекторы, антиоксидантная активность, пищевые продукты, влияние на здоровье человека.

**Для цитирования:** Яшин А.Я., Яшин Я.И. Определение антоцианинов методами ВЭЖХ (обзор) // *Сорбционные и хроматографические процессы. 2023. Т. 23, № 3. С. 351-359.* <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2023.23/11315>

Original article

### Determination of anthocyanins by HPLC methods (review)

Alexander Ya. Yashin<sup>1</sup>, Yakov I. Yashin<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup>Institute of Analytical Toxicology, Moscow, Russian Federation, yashin@scietegra.com ✉

<sup>2</sup>Interlab, Moscow, Russian Federation

**Abstract.** In a brief review, the main HPLC methods with different detection systems for the determination of anthocyanins were considered. The main detectors used were: ultraviolet, mass spectrometric, diode array, electrochemical and their combinations. The review provides data on the total content of anthocyanins in food products, as well as a list of fruits, berries, vegetables, grains, drinks in which the composition of anthocyanins was determined by different HPLC methods. A list of diseases, the risk of which is reduced with regular consumption of anthocyanins was provided. These diseases include: cardiovascular, oncological, diabetes, neurodegenerative diseases, and others. Some studies have shown that anthocyanins have a therapeutic effect.

**Keywords:** anthocyanins, HPLC methods, detectors, antioxidant activity, food products, impact on human health.

**For citation:** Yashin A.Ya., Yashin Ya.I. Determination of anthocyanins by HPLC methods (review). *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy. 2023. 23(3): 351-359. (In Russ.)*. <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2023.23/11315>

#### Введение

Антоцианы (антоцианидины и антоцианины) относятся к классу флавоноидов, они природные красители (красные,

оранжевые, пурпурные, голубые, фиолетовые). Они содержатся во многих цветных ягодах, фруктах, овощах. Антоцианы – сильные антиоксиданты, их основное отличие заключается в том, что они

имеют в положении 1 около атома кислорода положительный заряд. Известны 21 антоцианидинов - агликонов без сахарных заместителей, широко распространены 6 типов: цианидин, пеларгонидин, дельфинидин, пеонидин и малвинидин. Антоцианидины различаются природой заместителей в положениях 1-7. Это атомы водорода, гидроксильные группы и метоксигруппы.

Антоцианины различаются природой присоединенных сахарных остатков к агликону и их положением. Возможные сахарные заместители: ксилоза, арабиноза, галактоза, глюкоза. В растениях идентифицировано свыше 600 разных антоцианинов. Как сильные антиоксиданты антоцианины обладают многими оздоровительными эффектами. Их применяют как пищевые добавки в качестве природных красителей под номером E163, они не токсичны. Антоцианины хорошо растворимы в воде. Они широко применяются в функциональной пище.

### **Определение антоцианинов методами ВЭЖХ**

Антоцианины содержатся в пищевых продуктах в виде сложных смесей, поэтому для их разделения и определения применяют, в основном, хроматографические методы, чаще всего методы ВЭЖХ. Общее содержание антоцианинов в пищевых продуктах приведено в таблице 1. Последние достижения в анализах антоцианинов разными методами приведены в работах [3-6]. В таблице 2 приведен перечень методов ВЭЖХ с разными детекторами для определения антоцианинов. Прежде всего, надо указать на обращенно-фазовые варианты ВЭЖХ, самые распространенные, а также альтернативные методы гидрофильной хроматографии, которые весьма эффективны для сильнополярных соединений. Быстрее и эффективнее метода ВЭЖХ метод ультра ВЭЖХ. Самые применяемые детекторы: УФ, МС, МС/МС, ЭХД и ДМД. Иногда

используется и комбинация диодно-матричного и масс-спектрометрического детекторов. Перед анализом применяются классические методы экстракции жидкостно-жидкостные и твердофазные. Разработаны современные методы валидации конкретных методик ВЭЖХ.

В типичных методиках определения антоцианинов с использованием классического обращенно-фазового варианта высокоэффективной жидкостной хроматографии (ОФ ВЭЖХ) применяют колонки с силикагелем с привитой алкильной цепью C18 [11-13], реже C6 и фенильные группы и еще реже перфторированные C18, на последнем разделении короче, а пики симметричнее. Колонки длиной от 150 до 250 мм с внутренним диаметром в пределах от 1 до 4.6 мм, размер частиц 5 мкм. Капиллярные колонки диаметром 0.1-1 мм. Подвижная фаза смесь воды, ацетонитрила или метанола с добавкой примеси одной из кислот муравьиной, уксусной, фосфорной или трифторуксусной кислоты, скорость потока 1-2 см<sup>3</sup>/мин, величина дозы 5мкл, температура 35 град. Детектирование обычно УФ-вид 520 нм.

Ультра ВЭЖХ [23-25] обеспечивает лучшее качество разделения, повышенную скорость разделения, высокую эффективность разделения, чем обычная ВЭЖХ. Идентификация антоцианинов производится с использованием следующих детекторов: масс-спектрометрический (МС), МС/МС, диодноматричный (ДМД) или сочетание МС И ДМД, ЯМР, ИКС (400-2500 нм).

В двумерных вариантах хроматографии [27] чаще используется сочетание обращенно-фазовой и гидрофильной хроматографии. В последние годы альтернативой ОФ ВЭЖХ становится гидрофильная хроматография. Гидрофильная хроматография – это сочетание нормально-фазового и обращенно-фазового вариантов хроматографии. В гидрофильной хроматографии полярны как неподвижные,

Таблица 1. Содержание антоцианинов в ягодах, фруктах и овощах [5, 6].

Table 1. The content of anthocyanins in berries, fruits and vegetables [5, 6].

Пищевые продукты	Содержание в мг/100г
Артишок	1480
Бузина	1375
Ежевика	750
Малина черная	687
Черная смородина	360-590
Баклажан	400
Черника	400
Голубика дикая	487
Голубика садовая	300-450
Капуста красная	280-360
Вишня	320
Апельсин	200
Клюква	110-168
Слива черная	101-146
Красный редис	70-130
Виноград	15-120
Малина красная	72-112
Красный лук	48,5
Черные бобы	44,5
Клубника	20-42
Слива светлая	14.6-23.4
Яблоки	1,3-14
Красная смородина	13
Крыжовник	0.7-10

так и подвижные фазы. Механизм удерживания в гидрофильной хроматографии очень сложен. В типичных методиках по определению антоцианинов методом гидрофильной хроматографии чаще используют такие сорбенты как силикагель, диольный силикагель, аминопропильный и цианопротильные силикагели [26]. В качестве подвижной фазы применяют ацетонитрил до 60-90%, вода, метанол, этанол и изопропанол. За счет низкой вязкости ацетонитрила можно использовать колонки большей длины (до 45 см) для увеличения общей эффективности. Добавляют буфер до 1% воды – она самый сильный элюент, увеличение ее доли уменьшает удерживание полярных веществ. Как уже указывалось выше, гидрофильная хроматография имеет перспективы в двумерных вариантах хроматографии для разделения сложных смесей.

Пищевые продукты, в которых определен состав антоцианинов (таблица 3), это ягоды, фрукты, овощи, злаки. Среди отдельных ягод и фруктов следует выделить виноград, бруснику, чернику, клюкву, малину, черную смородину, редкую ягоду асай, гранат. Много антоцианинов в цветных злаках: черной ржи, пурпурной пшенице, цветном рисе, цветном картофеле. Из напитков больше всего антоцианинов в красном вине за счет кожицы и зерен красного винограда. Много работ по определению антоцианинов в черноплодной рябине-аронии. Вызывает интерес содержание антоцианинов в цветках растений и в самих растениях, в частности, в каркаде, производимого из суданской розы.

Влияние антоцианинов на здоровье человека. Антоцианины оказывают общеоздоровительные эффекты на человека, на эту тему опубликовано много об



Таблица 2. Методы ВЭЖХ, применяемые для определения антоцианинов  
Table 2. HPLC methods used for the determination of anthocyanins

Методы	Ссылки
ВЭЖХ – общие обзоры	7-9
ВЭЖХ-УФ	10
ОФ ВЭЖХ	11-13
ВЭЖХ-МС	14-16
ВЭЖХ-МС/МС	17
ВЭЖХ-ДМД	18, 19
ВЭЖХ-ДМД-МС	20, 21
ВЭЖХ – МС ВР	15
ВЭЖХ – ЭХД	22
УльтраВЭЖХ	23
УльтрВЭЖХ-МС	24, 25
Гидрофильная ВЭЖХ	26
Двумерная ВЭЖХ	27
Валидация ВЭЖХ	28
Экстракция антоцианинов	29-32
УльтраВЭЖХ-МС физиологических жидкостей	33
ВЭЖХ – MALDI-MS	34

Таблица 3. Пищевые продукты, в которых определено содержание антоцианинов  
Table 3. Food items in which with anthocyanin content was determined

Пищевые продукты	Ссылки
Фрукты, овощи, злаки	35
Фрукты, овощи	32, 36
Шелковица – тутовые ягоды	37
Виноград	38
Брусника, черника	39
Красная малина	40
Вишня	41
Калина	42
Жимолость	43
Черника	44-46
Растения	47
Окрашенная рожь	48
Каркаде	49, 50
Пурпурная пшеница	51
Черноплодная рябина (арония)	52
Ягоды асай	53
Гранат	54
Цветной рис	55
Кожица красного винограда	56
Черная смородина	28
Красные и розовые вина	57
Бобы	58
Прочие пищевые источники	59
Чайные листья	60
Ячмень цветки	61
Клюква	10
Апельсиновый сок	62



Пищевые продукты	Ссылки
Функциональная пища	63
Голубика	64
Соки фруктов и овощей	65

Таблица 4. Влияние антоцианинов на здоровье человека

Table 4. The effect of anthocyanins on human health

Болезни, риск которых уменьшается при потреблении антоцианинов	Ссылки
Общие обзоры и книги о влиянии антоцианинов на здоровье	66-74
Сердечно-сосудистые заболевания	75, 76
Онкологические болезни	77-82
Диабет	83, 84
Нейродегенеративные болезни	85
Окислительный стресс	86
Ожирение	87
Болезни печени, замедление старения	88
Воспалительные болезни	89
Болезни глаз	90, 91
Ишемия мозга	92
Биодоступность антоцианинов	93, 94
Фармакокинетика антоцианинов	95
Влияние на микробиоту	96, 97

зоров и книг [66-74]. В таблице 4 приведен список болезней, риск которых снижается при регулярном потреблении антоцианинов, среди них самые распространенные и опасные: сердечно-сосудистые, онкологические, нейродегенеративные, диабет, воспалительные болезни, болезни печени, глаз. Способствует этим болезням окислительный стресс, который нейтрализуется антоцианинами. Антоцианины обладают даже терапевтическим эффектом [90]. Антоцианины ягод особенно помогают при многих болезнях [72, 73]. Для профилактики и лечения рака применяют окрашенные злаковые: красный сорго [77], черный рис [78-80], пурпурный картофель [81]. Против полноты - черная соя [87].

#### Список литературы/References

1. Andersen O.M. The Anthocyanins In: Flavonoids: Chemistry, Biochemistry and Applications. Eds Oyvind M. Andersen, Kenneth R. Markham, CRC Press Boca Raton FL. 2004. 1252 p.
2. Wu X., Beecher G.R. et al. Prior Concentrations of Anthocyanins in Common Foods in

#### Заключение

В обзоре обобщены сведения об определении антоцианинов в пищевых продуктах методами ВЭЖХ с разными детекторами. Кроме фруктов и овощей больше всего определений антоцианинов в ягодах. Также антоцианины ягод больше всего позволяют снижать риск многих болезней, в том числе и самых опасных: сердечно-сосудистых, онкологических, нейродегенеративных и др.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет известных финансовых конфликтов интересов или личных отношений, которые могли бы повлиять на работу, представленную в этой статье.

the United States and Estimation of Normal Consumption. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006; 54: 4069-4075.

3. Martin Bueno J., Suez-Plaza P. et al. Analysis and antioxidant capacity of anthocyanin pigments. Part 2. Chemical structure, color and intake of anthocyanins. *Crit.Rev. Anal. Chem.* 2012; 42: 126-151.



4. Teng Z., Jiang X., He F., Bai W. Qualitative and quantitative methods to evaluate anthocyanins. *Food*. 2020; 5: 339-346.
5. Valls J., Millan S., Marti M.P. et al. Advanced separation methods of food anthocyanins, isoflavones and flavanols. *J. Chrom. A*. 2009; 1216: 7143-7172.
6. Aprelev A.V., Davydova E.V., Smirnov V.A., Panasyuk A.L. Antociany. Metody opredeleniya antocianov. *Nauka i mir*. 2018; 55: 32-39. (In Russ.).
7. Zhang Z., Kou X., Fugal K., Melaughlin J. Comparison of HPLC methods for determination of anthocyanins and anthocyanidins in bilberry extracts. *J. Agric. Food Chem.* 2004; 52: 688-691.
8. Durst R.M., Wrolstad R.E. Separation and characterization of anthocyanin by HPLC. *Current Protocols in Food Anal. Chem.* 2001; 1: F1.3.1-F1.3.13.
9. Trang Y.T., Hoang L., Hoai N. et al. Multiseparation of anthocyanins and anthocyanidins by HPLC combined with response surface methodology. *Health risk analysis*. 2019; 3: 14-21.
10. Brown P.N., Shipley P.R. Determination of anthocyanins in cranberry fruit and cranberry fruit product by HPLC with ultraviolet detection: single laboratory validation. *JAOAC Int.* 2011; 94: 459-466.
11. Luczkiewicz M. The RP-HPLC analysis of anthocyanins. Springer. 1998: 360-364.
12. Deineka V.I., Deineka L.A., Saenko I.I. Regularities of anthocyanins retention in RP-HPLC for «water-acetonitrile-phosphoric acid» mobile phases. *J. Anal. Met. Chem.* 2015; 2015: 1-6.
13. Yang G-X., Fan H., Li Y., Zheng Y. RP-HPLC determination of anthocyanins content in cultivated blueberries varieties. *Chinese J. Pharmaceutical Analysis*. 2005; 25: 1222-1224.
14. Sun J., Lin L., Chen P. Recent application of HPLC-MS analysis of anthocyanins in food materials. *Curr. Anal. Chem.* 2013; 9: 397-416.
15. Roa C.O. Scope and limitations of HPLC-HRES/MS for the analysis of anthocyanins from tropical fruits. *National Meeting*. 2016; 18-26.
16. Karaaslan N.M., Yannan M. Determination of anthocyanins in cherry and cranberry by HPLC-electrospray ionization - mass spectrometry. *Eur. Food Res. Techn.* 2015; 242: 127-135.
17. Liu J., Song J., Huang K. et al. HPLC-MS/MS analysis of anthocyanins in human plasma and urine protein precipitation and dilute-and-sheet sample preparation methods, respectively // *Biomed. Chromat.* 2018; 32: 20-25.
18. Hong V., Wrolstad R.E. Use of HPLC separation/ photodiode array detection for characterization of anthocyanins. *J. Agric. Food Chem.* 1990; 38: 708-715.
19. Karaaslan-Ayhan N., Yaman M. Determination of anthocyanins and anthocyanidins in the wild grape by HPLC-diode array detection (HPLC-DAD). *Instrumentation Science and Technology*. 2022; 50: 31-36.
20. Stefanut M.N., Cata A., Pop R. et al. Anthocyanins HPLC-DAD and MS characterization, total phenolics and antioxidant activity of some berries extracts. *Anal. Letters*. 2011; 44: 118-123.
21. Hong H.T., Netzel M.E., O-Hare T.J. Optimization of extraction procedure and development of LC-DAD-MS methodology for anthocyanin analysis in anthocyanin-pigmented corn kernels. *Food Chem.* 2020; 38: 126515.
22. Dejneka L.A., Makarevich S.L., Dejneka V.I., Chulkov A.N. VEZHKH antocianov s amperometricheskim detektorom: oценка antioksidantnoj aktivnosti. *ZHurnal analiticheskoy himii*. 2015; 70(8): 870-877. (In Russ.).
23. Shim Y.S., Kim S., Seo D., Parc M.J. Rapid method for determination of anthocyanin glucosidus and free delphinidin in grapes using UHPLC. *J. Chrom. Sci.* 2014; 52: 629-635.
24. A variety of Agilent Zorbax RRHD Phases offers selectivity options for the determination of anthocyanins in blueberries with UHPLC/MS. The Application Notebook Anne E. Mack, Agilent Technologies, 2011; 8.
25. Muller D., Shantz M., Richling E. HPLC analysis of anthocyanins in bilberries, blueberries and corresponding juices. *J. Food Sci.* 2012; 77: 340-345.
26. Willemse C.M., Stanger M.A., de Villiers A. Hydrophilic interaction chromatography analysis of anthocyanins. *J. Chrom. A*. 2013; 1319: 127-140.
27. Willemse C.M., Stander M.A., Tredoux A.C.J. et al. Comprehensive two-dimensional liquid chromatographic analysis of anthocyanins. *J. Chrom. A*. 2014; 359: 189-201.
28. Chen X., Parker J., Kzueger C.G. et al. Validation of HPLC assay for the identification and quantification of anthocyanins in black currants. *Anal. Methods*. 2014; 6: 8141-8147.



29. Silva S., Costa E., Calhau C. et al. Anthocyanin extraction from plant tissues. A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2017; 57: 3072-3083.
30. Ongkowijoyo P., Luna-Vital D.A., de Mejica E.G. Extraction techniques and analysis of anthocyanins from food sources by mass spectrometry. An update. *Food Chem.* 2018; 250: 113-126.
31. Wang E., Yin Y., Xu. C., Liu J. Isolation of high-purity anthocyanin mixtures and monomers from blueberries using combines chromatographic techniques. *J. Chrom. A.* 2014; 1327: 39-48.
32. Lin L., Li J., Ding C. Determination of anthocyanins in fruits of lycium ruthenicum Murr. by HPLC. *Food Science.* 2013; 34: 164-166.
33. Kaiser M., Muller-Ehl L., Passon M., Schieber A. Development and validation of methods for the determination of Anthocyanins in physiological fluids via UHPLC-MS. *Molecules.* 2020; 24: 518-523.
34. Novikov O.O., Pisarev D.I., Zhilyakova E.T. i dr. Izuchenie antocianov plodov vi-nograda kul'turnogo s pomoshch'yu metodov VEZHKKH i MALDI/TOF/MS. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya.* 2013; 5: 1-6. (In Russ.)
35. Massa G., Miniati E. Anthocyanins in fruits, vegetables and grains. *CRC Press Boca Raton FL.* 1993; 362 p.
36. Horbowicz M., Kossen R., Gczesiuk A., Debski H. Anthocyanins of Fruits and Vegetables - Their Occurrence, Analysis and Role in Human Nutrition. *Veg. Crops. Res. Bull.* 2008; 15: 5-22.
37. Kim I., Lee J. Variations in anthocyanin profiles and antioxidant activity of 12 genotype of mulberry fruits and their changes during processing. *Antioxidants.* 2020; 9: 242-249.
38. Mazza G. Anthocyanins in grapes and grape products. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 1995; 35: 241-271.
39. Brown E., Gill C., Stewart D., Mc Dougall E. Lingonberries and blueberries contain discrete epicatechin anthocyanin derivatives linked by ethyl bridges. *J. Berry Res.* 2016; 6: 13-23.
40. Wu X., Sun J., Ahuja J. et al. Anthocyanins in processed red raspberries on the US market. *J. Berry Res.* 2019: 603-613.
41. Dejneka L.A., Chulkov A.N., Dejneka V.I., Sorokopudov V.N., Shevchenko S.M. Antociany plodov vishni i rodstvennykh rastenij. *Regional'nye geosistemy.* 2011; 9-1 (104)^367-373.
42. Dejneka V.I., Chulkov A.N., Dejneka L.A., Zhandarmova P.A., Sorokopudov V.N., Rybickij S.M. Opredelenie antocianov plodov nekotorykh vidov kaliny metodom VEZHKKH. *Sorbtsionnyye i khromatograficheskiye protsessy.* 2014; 14(3): 434-442.
43. Chulkov A.N., Gostishchev D.A., Dejneka L.A., Dejneka V.I., Pisarev D.I., Sorokopudov V.N., Sazonov S.A. Plody zhimolosti sineplodnoj kak istochnik antocianov. *Himiya rastitel'nogo syr'ya.* 2011; 4: 173-176.
44. Liu Y., Zhang D., Wu Y. Stability and absorption of anthocyanins from blueberries subjected to a simulated digestion process. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 2014; 65: 440-448.
45. Mueller D., Jung K., Winter M. Encapsulation of anthocyanins from bilberries. Effects on bioavailability and intestinal accessibility in humans. *Food Chem.* 2018; 248: 217-224.
46. Schantz M., Mohn C., Baum M., Richling E. Antioxidative efficiency of an anthocyanin rich bilberry extract in the human colon tumor cell lines Caco-2 and HT-29. *J. Berry Res.* 2010; 1: 25-33.
47. De Pasenul-Teresa S., Sanchez-Ballesta M.T. Anthocyanins from plant to health. *Phytochem. Rev.* 2008; 7: 281-299.
48. Zykin P.A., Andreeva E.A., Lykholay A.N. et al. Anthocyanin composition and content in Rye plants with different grain colors. *Molecules.* 2018; 23: 948-953.
49. Molagoda I.M.N., Le K.T., Choi Y.H., Kim G.Y. Anthocyanins from Hibiscus syriensis Z. inhibit oxidative stress-mediated apoptosis by activating the Nrf2/HO-1 signaling pathway. *Antioxidants.* 2020; 9: 42-49.
50. Choong Y.K., Mohd Yousof N.S.A., Jamal J.A., Wasiman M.T. Determination of anthocyanin content in two varieties of Hibiscus Sabdariffa from Selanor Malaysia using a combination of chromatography and spectroscopy. *J. Plant Sci. Phytopath.* 2019; 3: 67-75.
51. Abdel-Aal E.S.M., Huel P., Rabalski I. Compositional and antioxidant properties of anthocyanin-rich products prepared from purple wheat. *Food Chemistry.* 2018; 254: 13-19.
52. Rousseau K. Method Development for the Analysis of Anthocyanins in Aronio Berries via HPLC. 2014. Honors College. 176 p.
53. de Rosso V.V., Hillebrand S., Montilla E.C. et al. Determination of anthocyanins from



- acerola and acai by HPLC-PDA-MS/MS. *J. Food Compos. Anal.* 2008; 21: 291-299.
54. de Araujo Santiago M.C.P., Gouvea A.C. et al. Analytical standards production for the analysis of pomegranate anthocyanins by HPLC. *Braz. J. Food Technol.* 2014; 17: 43-47.
55. Kim M.K., Kim H.A., Koh K. et al. Identification and quantification of anthocyanin pigments in colored rice. *Nutrition Res. Practice.* 2008; 2: 46-49.
56. Benmezi F., Cadot Y., Djamaï R. et al. Determination of major anthocyanin pigments and flavonols in red grape skin of some table grape varieties (*Vitis vinifera* sp.) by high-performance liquid chromatography-photodiode array detection (HPLC-DAD). *OENO One.* 2016; 50: 125-135.
57. HPLC-Determination of nine major anthocyanins in red and rose wines (Type 11) <https://www.oiv.int/standards/annex-a-methods-of-analysis-of-wines-and-musts/section-3-chemical-analysis/section-3-1-organic-compounds/section-3-1-5-other-organic-compounds/hplc-determination-of-nine-major-anthocyanins-in-red-and-rose-wines-%28type-ii%29>
58. Kan L., Nie S., Hu J. et al. Comparative study on the chemical composition anthocyanins, tocopherols and carotenoids of selected legumes. *Food Chem.* 2018; 260: 317-326.
59. Clifford M.N. Anthocyanins-nature, accuracy and dietary sources. *J.Sci.Food Agric.* 2000; 80: 1063-1072.
60. Kawashima M. Quantitative analysis of anthocyanins in tea leaves and barley. Shimadzu, Application News. 2021: 2.
61. Dejneka V.I., Kul'chenko Yu.Yu., Sidorov A.N. Opredelenie vidovogo sostava antocianov cvetkov. *Analitika i kontrol'*. 2019; 23: 103-109.
62. Mondello L., Cotroneo A., Errante G. Et al. Determination of anthocyanins in blood orange juices by HPLC analysis. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 2000; 23: 191-195.
63. Tsuda T. Anthocyanins as functional food factors chemistry, nutrition and health promotion. *Food Sci. Technol Res.* 2012; 18: 315-324.
64. Yang W., Guo Y., Liu M. et al. Structure and function of blueberry anthocyanins. A review of recent advances. *J. Func. Foods.* 2022; 88: 104864.
65. Matute A., Tabart J., Cheramy-Bien J.P. Ex Vivo antioxidant capacities of fruits and vegetables juices. Potential in vivo extrapolation. *Antioxidants.* 2021; 10: 770-778.
66. Wallace T.C., Ginsti M.M. Anthocyanins in health and disease. CRC Press. Boca Raton FL. USA. 2014: 368.
67. Rias M., Zia-Ul-Hag M., Saad B. Anthocyanins and human health. Biomolecular and therapeutic aspects. Springer. New York. NY. USA 2016; 12: 138.
68. Speer H., Cunha N.H., Alexopoulos N.I. Anthocyanins and human health – A Focus in oxidative stress, inflammation and disease. *Antioxidants.* 2020; 9: 366-375.
69. Li D., Wang P., Luo Y. et al. Health benefits of anthocyanins and molecular mechanisms-update from recent decade. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2017; 37: 1729-1741.
70. Tsuda T. Dietary anthocyanin-rich plants. Biochemical basis and recent progress in health benefits studies. *Mol. Nutr. Food Res.* 2012; 56: 159-170.
71. Tena N., Martin J., Asuero A.G. State of the art of anthocyanins-antioxidant activity, sources, bioavailability and therapeutic effect in human health. *Antioxidants.* 2020; 9: 451-461.
72. Kalt W., Cassidy A., Howard L.R. et al. Recent research on the health benefits of blue berries and their anthocyanins. *Adv. Nutr.* 2019; 11: 224-236.
73. Zafra-Stone S., Yosmin T., Bagchi M. et al. Berry anthocyanins as novel antioxidants in human health and disease prevention. *Mol. Nutr. Food Res.* 2007; 51: 675-683.
74. Khor H.E., Azlan A., Tang S.T., Lim S.M. Anthocyanidins and anthocyanins. Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients and the potential health benefits. *Food Nutr. Res.* 2017; 61: 1361779.
75. Cassidy A. Berry anthocyanin intake and cardiovascular health. *Mol. Aspects Med.* 2018; 61: 76-82.
76. Cassidy A., Bertoia M., Chiuve S. et al. Habitual intake of anthocyanins and flavanones and risk of cardiovascular disease in men. *Am. J. Clin Nutr.* 2016; 104: 587-594.
77. Devi P.S., Kumar M.S., Das S.M. Evaluation of antiproliferation activity of red sorghum bran anthocyanins on human breast cancer cells line (mcf). *Int. J. Breast Cancer.* 2011; 891481.
78. Hui C., Bin Y., Xiaoping Y. et al. Anti-cancer activity of an anthocyanin-rich extract from black rice against breast cancer cells in vitro





- and in vivo. *Nutr. Cancer*. 2010; 62: 1128-1136.
79. Chen X.Y., Zhou J., Luo L.P. et al. Black rice anthocyanins suppress metastasis of fruit cancer cells. *Biomed. Res. Int.* 2015; 414250.
80. Chen P.N., Kuo W.H., Chiang C.L. et al. Black rice anthocyanins inhibit cancer cells invasion via repressions of MMP AND v-PA expression. *Chem Biol. Interact.* 2006; 163: 218-229.
81. Lim S., Xu J., Kim J. et al. Role of anthocyanin-enriched purple-fleshed sweet potato in colorectal cancer prevention. *Mol. Nutr. Food Res.* 2013; 57: 1905-1917.
82. Nang L.S., Stoner G.D. Anthocyanins and their role in cancer prevention. *Cancer Lett.* 2008; 269: 251-290.
83. Ghosh D., Konishi T. Anthocyanins and anthocyanidins-rich extracts. Role in diabetes and eye function. *Asian Pac. J. Clin. Nutr.* 2007; 16: 200-208.
84. Kang M.K., Lim S.S., Li J.V. et al. Anthocyanin-rich purple corn extract diabetes-associated glomerular angiogenesis. *PLoS ONE*. 2013; 8: 79823.
85. Winter A.N., Bickford P.C. Anthocyanins and their metabolites as therapeutical agents for neurodegenerative disease. *Antioxidants*. 2019; 8: 333-339.
86. Wang H., Cao G., Prior R.L. Oxygen Radical absorbing capacity of anthocyanins. *J. Agric Food Chem.* 1997; 45: 304-309.
87. Kwan S.H., Ahn I.S., Kim S.C. et al. Anti-obesity and hypolipidemic effects of black soybean anthocyanins. *J. Med. Food*. 2007; 10: 552-556.
88. Wei J., Zhang G., Zhang X. et al. Anthocyanins delay ageing-related degenerative changes in the liver. *Plant food Hum Nutr.* 2017; 72: 425-431.
89. Miguel M.G. Anthocyanins. Antioxidant and/or anti-inflammatory activities. *J. Appl. Pharm. Sci.* 2011; 1: 7-15.
90. Nomi Y., Iwasaki-Kurasnige K., Matsumoto H. Therapeutic effects of anthocyanins for vision and eye health. *Molecules*. 2019; 24: 3311-3315.
91. Paik S.S., Jeong E., Jung S.W. et al. Anthocyanins from the seed coat of black soybean reduce retinal degeneration. *Exp. Eye Res.* 2012; 97: 55-62.
92. Snemiene K., Pampusecuko K., Rekuviene E. et al. Protective effects of anthocyanins against brain ischemic damage. *J. Biol. Membr. Biomembr.* 2020; 52: 71-82.
93. Fang J. Bioavailability of anthocyanins. *Drug Metab. Rev.* 2014; 46: 508-520.
94. Kay C.D., Pereira-Caro G., Ludwig I.A. et al. Anthocyanins and flavanones are more bioavailable than previously perceived. A review of recent evidence. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* 2017; 8: 155-180.
95. Kay C.D. Aspects of anthocyanin absorption, metabolism and pharmacokinetics in human. *Nutr. Res. Rev.* 2006; 19: 137-146.
96. Tian L., Tan Y., Chen G. et al. Metabolism of anthocyanins and consequent effects on the gut microbiota. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2019; 59: 982-991.
97. Peng Y., Yen Y., Wan P. et al. Effects of long-term intake of anthocyanins from Murray on the organism health and gut microbiota in vivo. *Food Res. Intern.* 2020; 130: 108952.
98. Ogawa K., Sakakibara H., Iwata R. et al. Anthocyanin composition and antioxidant activity of the crowberry and other berries. *J. Agric. Food Chem.* 2008; 56: 4457-4462.
99. Dejneka V.I., Saenko I.I., Blinova I.P. Hidrofil'naya hromatografiya kak al'ternativa obrashchenno-fazovoj VEZHKH dlya opredeleniya antocianov i betacianinov. *ZH. analit. himii*. 2016; 71: 310-314.

### Информация об авторах / Information about the authors

**Яшин Яков Иванович** – д.х.н., профессор, научный консультант компании «Интерлаб», Москва, Россия

**Яшин Александр Яковлевич** – к.х.н., старший научный сотрудник ООО «Институт аналитической токсикологии», Москва, Россия

**Yashin Yakov I.** – Dr.Sci. (chemistry) professor, Scientific Consultant of Interlab, Moscow, Russian Federation

**Yashin Alexander Ya.** – Dr.Sci. (chemistry), Senior Researcher, Institute of Analytical Toxicology, Moscow, Russian Federation

Статья поступила в редакцию 03.02.2023; одобрена после рецензирования 11.04.2023; принята к публикации 19.04.2023.

The article was submitted 03.02.2023; approved after reviewing 11.04. 2023; accepted for publication 19.04.2023.