

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

факультет хімії та фармації

Кафедра фармакології та технології ліків

Д и п л о м н а р о б о т а

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: **«Ретроспективний аналіз наукометричних показників методів
аналізу фітосировини на антоціани»**

**«Retrospective analysis of naucometric indicators of antocyanes analysis methods in
plant raw matherials»**

Виконала: студентка денної форми навчання
Спеціальності 102 Хімія

Ватанська Тетяна Вадимівна

Керівник: к. б. н., доц. Кобернік А.О.

Рецензент: к. х. н., доц. Менчук В.В.

Рекомендовано до захисту:
протокол засідання кафедри
№ ____ від _____ 2019 р.

Захищено на засіданні ЕК № ____
протокол № ____ від « ____ » _____ 2019 р.
Оцінка _____ / _____ / _____
(за національною шкалою/ за шкалою ECTS/ бал)

Завідувач кафедри
_____ проф. Грищук О.І.
(підпис)

Голова ЕК
_____ к. х. н., доц. Чеботарьов О.М.
(підпис)

Одеса – 2019

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота виконана на кафедрі фармакології та технології ліків факультету хімії та фармації Одеського національного університету імені І.І. Мечникова і присвячена актуальній темі – дослідженню частоти використання хроматографічних методів для визначення антоціанів в рослинній сировині.

Метою роботи є моніторинг хроматографічних методів для визначення антоціанів в рослинній сировині за допомогою наукометричного методу підрахунку кількості публікацій.

У результаті дослідження створено електронну базу даних, яка є результатом накопичення та вивчення первинних джерел про методи визначення антоціанів за період з 2008 по 2019 рік. Електронна база даних складається з декількох позицій, публікації поділяли за їх видом: монографії, огляди, статі.

Результати проведених досліджень графічно оформлено у вигляді рисунків та діаграм. Можлива галузь застосування: пошук ефективних методів визначення антоціанів в рослинній сировині.

Кваліфікаційна робота складається з: 62 машинописного тексту, 15 рисунків, 5 таблиць, 35 використаних джерел літератури.

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

Таблиця 1

Номер	Методи хроматографії	Абривіатура
1	Високоєфективна рідинна хроматографія	ВЕРХ
2	Тонкошарова хроматографія	ТШХ
3	Газо-рідинна хроматографія	ГРХ
4	Іонообмінна хроматографія	ІОХ
5	Капілярний електрофорез	КЕФ
6	Капілярна хроматографія	КХ
7	Рідинна хроматографія	РХ
8	Мікро-колонкова хроматографія	МКХ
9	Газова хроматографія	ГХ
10	Хромато-мас-спектрометрія	ХМС

Таблиця 2

Детектори в методах хроматографії

Номер	Тип Детектора	Абревіатура
1	Ультрафіолетова спектрографія	УФД
2	Флуоресцентна спектрометрія	ФЛД
3	Хемілюмінісцентна	ХЛД
4	Спектрофотометрія видимої області	СФМ
5	Електрохімічні	ЕХД
6	Амперометричний	АМП
7	Кондуктометричний	КОНД
8	Кулонометричний	КУЛ
9	Мас-спектрометрія	МСМ
10	Полум'яно-фотометричний	ПФД

11	Полум'яно-іонізаційний	ПІД
12	П'єзоакустичний	ПАД
13	Іонізаційний потенціал	ПІД
14	Постколонкова дериватизація	ПКД
15	Проточно-інжекційний аналіз	ПА
16	Детектор об'ємно-акустичних хвиль	ДОАХ

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	
1.1. Антоціани – пігментні речовини з групи глікозидів.	7
1.2. Хроматографічні методи визначення антоціанів	12
1.2.1. Метод хроматографії на папері	13
1.2.2. Рідинна хроматографія	14
1.2.3. Високоєфективна рідинна хроматографія (ВЕРХ)	15
1.3. Наукометрія, як метод визначення наукових проблем	15
1.3.1. Історія створення наукометричних баз даних	17
1.3.2. Основні наукометричні показники	19
1.3.3. Міжнародні наукометричні бази даних	24
РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	
2.1. Методика досліджень	34
2.2. Результати наукометричних досліджень та їх обговорення	34
УЗАГАЛЬНЕННЯ	44
ВИСНОВКИ	45
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	46
ПРИКЛАДИ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ, ЯКІ БУЛО ОБРОБЛЕНО	49

ВСТУП

Антоціани - біологічно активні речовини. Вони необхідні для життя, але не можуть утворюватися в організмі людини. Велика кількість антоціанів міститься в рослинній сировині. Антоціани володіють широким спектром фармакотерапевтичних ефектів, але до організму людини вони можуть потрапити лише з їжею або під час прийому препаратів на їх основі. Тому актуальною проблемою було виявлення найбільш сучасних та ефективних методів визначення антоціанів в рослинній сировині.

У добу здоровій людині необхідно не менше 200 мг цих речовин, а в разі хвороби – не менше 300 мг. Вони не здатні накопичуватися в організмі, тому швидко виводяться з нього.

Антоціани надають бактерицидну дію – вони можуть знищувати різні види шкідливих бактерій. Вперше цей ефект використовували при виготовленні червоного виноградного вина, яке не псувалося при тривалому зберіганні. Тепер антоціани використовуються в комплексній боротьбі з простудними захворюваннями, вони допомагають імунній системі справлятися з інфекцією.

За біологічним ефектом антоціани схожі на вітамін Р. Так, відомо про властивості антоціанів зміцнювати стінки капілярів і надавати протинабрякову дію.

Основні властивості антоціанів і їх вплив на організм людини:

1. Адаптогенні, спазмолітичні, протизапальні і стимулюючі функції;
2. Протиалергічну, сечогінну дії;
3. Бактерицидні, жовчогінні, седативні, кровоспинні, антивірусні і слабкі протипухлинні властивості;
4. Інсуліноподібний, фотосенсибілізуючу дії;
5. Зменшення ламкості і проникності капілярів, підвищення еластичності судин;

6. Зниження рівня холестерину в крові;
7. Підвищення гостроти зору, нормалізація внутрішньоочного тиску;
8. Зміцнення імунітету і захисних функцій організму.

Наукометрія – це кількісний метод оцінки наукових методів чи будь-якої проблеми. Обробляючи списки літературних посилань, статей та інших публікацій, розробляють шкалу оцінки “якості”. В науковій практиці використовують дуже багато методів.

Метою роботи була наукометрична оцінка методів визначення антоціанів в рослинній сировині.

Для досягнення поставленої мети було необхідно вирішити наступні задачі:

1. Створити базу даних наукової літератури за період з 2008 по 2019 рік, яка присвячувалася вивченню та використанню методів визначення антоціанів.
2. Проаналізувати первинні джерела: статті, монографії та огляди та здійснити аналіз їх розподілу у відсотковому співвідношенні;
3. Визначити кількісний та відсотковий розподіл наукометричних (тих, що індексуються міжнародними наукометричними базами) видань, динаміку зміни їх кількості в динаміці в часі з 2008 по 2019рр;
4. Визначити розподіл наукових видань за методами, що були використані для кількісного аналізу антоціанів в рослинній сировині для оцінки більш пріоритетних;
5. На основі кількісного оцінювання наукових видань визначити детектори, що найчастіше використовуються в різних методах.

УЗАГАЛЬНЕННЯ

Створено електронний банк даних (табл.4-5) по хроматографічним методам визначення антоціанів за період з 2008 по 2019 рік і оброблено більше 3830 наукових публікацій.

Виявлена четвірка найбільш поширених хроматографічних методів для визначення антоціанів: ВЕРХ, ГХ, РХ і КХ. Побудована діаграма провідних методів у відсотковому відношенні. При цьому лідером є метод ВЕРХ (50%).

Причин швидкого розвитку методу ВЕРХ декілька :

- в умовах високого тиску підвищується швидкість аналізу;
- великий діапазон молекулярних мас речовин, з якими можна працювати;
- розділення можна проводити при кімнатній температурі;
- можливість отримання із складної суміші чистих сполук (вища ефективність розділення);
- це основний метод кількісного визначення у фармакопеї.

Недолік – необхідність застосування дорогих стандартних зразків. Але, враховуючи його переваги, в перспективі він може витіснити всі інші методи аналізу. Це універсальний метод.

З цього приводу проаналізовано 3299 статей. Виявлена динаміка росту публікацій по роках з 2008 по 2019.

Побудовано графіки накопичення кількості публікацій протягом 2008-2019 років. У початковий період кількість публікацій збільшувалася, однак починаючи з 2012 року стабілізувалася. Це, можливо, пов'язано з накопиченням наукових публікацій, а також відсутністю нових ідей у цій галузі.

З проаналізованих джерел первинної інформації виявлені типи детекторів, які застосовують в наведених методах (табл.2). Лідерами є УФД

(ультрафіолетовий) і МСМ (мас-спектрометричний). Побудовані діаграми у відсотковому відношенні у кожному з найпоширеніших методів.

В методах ВЕРХ найбільш використовують УФД (50%) детектори. Це оптичні детектори, які працюють в ультрафіолетовій області спектру (190-380 нм). Більшість хімічних сполук в цій області мають досить інтенсивні смуги.

Ці детектори мають :

- високу чутливість (10^{-9} г);
- стійкі до змін навколишнього середовища (температури);
- швидко реагують на появу компонента в потоці елюенту.

Для аналізу джерел первинної інформації, будівництва графіків та діаграм, ретельно вивчена програма Microsoft Excel, яка дала можливість зробити інформацію доступною для швидкого перегляду.

Методом підрахунку кількості публікацій дана наукометрична оцінка методів визначення антоціанів в рослинній сировині. За рахунок обробки певного масиву наукової інформації, дане кількісне вираження наукових здобутків у даній проблемі.

ВИСНОВКИ

1. Було створено базу даних наукової літератури, присвяченої використанню методів визначення антоціанів (за період з 2008 по 2019рр.)
2. Проаналізовано первинні джерела та встановлено, що кількість статей, монографій та оглядів у відсотковому співвідношенні відносяться як 86:10:4, відповідно.
3. Показано, що зміна кількості публікацій протягом 2008-2019 років характеризується їх монотонним підвищенням в період з 2008 по 2011 роки, починаючи с 2012 року, спостерігається досить різке збільшення, в середньому на 40 публікацій в рік до 2014 року, а з 2015 року втрачається лінійність приросту кількості публікацій. Так, в 2015 р. спостерігається значне зменшення їх кількості, а в 2016 – різке збільшення. З 2017 року по 2018 помірне збільшення, яке у 2019 році спадає.
4. Встановлено, що найбільша частка публікацій, присвячених кількісному аналізу антоціанів в рослинній сировині серед проаналізованих об'єктів належить методам ВЕРХ, ТШХ, ГРХ, а їх розподіл у відсотковому співвідношенні становить 50%:17%:7%, а на інші методи аналізу приходиться 26% від загальної кількості.
5. Встановлено, що в методах ВЕРХ найчастіше використовують УФД детектори (50% випадків), в методах ГХ – мас-спектрометричні детектори (49%), в методах РХ – УФД детектори (27%), в методах КХ-УФ детектори (32%).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Антоціани. Речовини вторинного походження. Миколаївський національний університет В.А.Сухомлинського.
2. Ковальов В. М., Павлій О. І., Ісакова Т. І. Фармакогнозія з основами біохімії рослин. – Х.: Прапор, 2000. – 706 с.
3. Руденко Б.А. 100 лет хроматографии. – М.: Наука, 2003. – 744 с.
4. Измайлов Н.А., Шрайбер М.С.// Фармация. – 1938. - №3. – С. 1.
5. Зайчикова С.Г., Самылина И.А. Химико-фармацевтический журнал. Т.35, №5, 2001, С.36-38.
6. Чміль В.Д. Распределение веществ в системах со «связанными» растворителями в статических и динамических условиях и его использование в хроматографических процессах. – Автореф.дисс. ... к.х.н. – Харьков, 1966. – 24 с.
7. Налимов В.В., Мульченко З.М. Наукометрия. Изучение развития науки как информационного процесса. - М.: Наука, 1962. - 192 с.

8. Garfield E. The Science Citation Index and ISI's Journal Citation Reports: Their Implications for Journal Editors (10-12 May, 1976, Paris). - <http://garfield.library.upenn.edu/papers/255.html>.

9. Garfield E. The Agony and the Ecstasy - The History and the Meaning of the Journal Impact Factor //Proc. Int. Cong. Peer Review and Biomedical Publication (Sept. 16, 2005, Chicago). - <http://garfield.library.upenn.edu/papers/jifchicago2005.pdf>.

10. Gonzalez-Pereira B., Guerrero-Bote V.P., Moya-Anegon F. A new approach to the metrics of journals' scientific prestige: The SJR indicator // J. Inf. - 2010. - V. 4, N 3. - P. 379-391. doi: 10.1016/j.joi.2010.03.002.

11. Алескеров Ф.Т., Писляков В.В., Субочев А.Н., Чистяков А.Г. Построение рейтингов журналов по менеджменту с помощью методов теории коллективного выбора. - М.: НИУ ВШЭ, 2011. - 44 с

12. Meho L.I., Yang K. Impact of data sources on citation counts and rankings of LIS faculty: Web of Science versus Scopus and Google Scholar // J. Am. Soc. Inf. Sci. - 2007. - V. 58, N13. - P. 2105-2125. doi: 10.1002/asi.20677.

13. Hirsch J.E. An index to quantify an individual's scientific research output // PNAS. - 2005. - V. 102, N 46. - P. 16569-16572. doi: 10.1073/pnas.0507655102.
Стаття надійшла 22.04.2013 р.

14. Брежнева Т.А., Селеменев В.Ф. и др. Химико-фармацевтический журнал. Том 34, №9, 1999, с.43-45.

15. Хроматография. Практическое приложение метода. В 2-х ч. пер. с англ./Под ред. Э. Хефтмана: - М.: Мир, 1986. – 592 с.

16. Руденко Б.А. Высокоэффективные хроматографические процессы: В 2 т.: Газовая хроматография. Т.1. – М., 2003. – 426 с.

17. Хенке Х. Жидкостная хроматография. – М.: Мир химии, 2009. – 264 с.

18. Яшин Я.И., Яшин Е.Я., Яшин А.Я. Газовая хроматография. – М.: Транслит, 2009. - 528 с.

19. Грановский Ю.В. Наукометрический анализ информационных потоков в химии. – М.: Наука, 1980.
20. Добров Г.М. Наука о науке. – Киев: Наукова думка, 1966.
21. Crane D. Invisible colleges. Diffusion of Knowledge in scientific communities. Chicago, 1972.
22. Налимов В.В. Количественные методы исследования процесса развития науки. Вопросы философии, 1966. №12. – С.38-47.
23. Брусиловский Б.Я. Математические модели в прогнозировании и организации науки. – Киев: Наукова думка, 1975.
24. Хайтун С.Д. Наукометрия. Состояние и перспективы. – М.: Наука, 1983.
25. Гарфилд Е. Показатели цитирования для науки. Новое измерение в документации через объединение идей /Э.Гарфилд// Наука. – 1955. – Vol. 122, №3159. – С. 108-111.
26. Araceli Castaneda-Ovando, Ma. de Lourdes Pacheco-Hernandez, Ma. Elena Paez-Hernandez, Jose A. Rodriguez, Carlos Andres Galan-Vidal, « Chemical studies of anthocyanins: A review », dans Food Chemistry, vol. 113, 2009, p. 859-871
27. Burns, J., Mullen, W., Landrault, N., Teissedre, P., Lean, M.E.J., Crozier, A. Variations in the profile and content of anthocyanins in wines made from cabernet sauvignon and hybrid grapes. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50: 4096-4102 (2002)
28. Jin-Ming Kong, Lian-Sai Chia, Ngoh-Khang Goh, Tet-Fatt Chia et R. Brouillard, « Analysis and biological activities of anthocyanins », dans Phytochemistry, vol. 64, no 5, novembre 2003, p. 923-933
29. Kevin M. Davies, « Modifying Anthocyanin Production in Flower », dans in K. Gould et als "ANTHOCYANINS Biosynthesis, Functions and Applications", Springer, 2009
30. Nicolas Vivas, Les composés phénoliques et l'élaboration des vins rouges, Editions Féret, 2007

31. Reinhard Eder, "Pigments", in Food Analysis by Hplc, Leo M.L. Nollet (ed.), Marcel Dekker Inc, 2000, 1068 p.

32. Бутенко Л.И., Подгорная Ж.В. Исследования антоцианового комплекса ягод, прошедших криообработку // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 11-1. – С. 14-17;

33. Функции и свойства антоцианов растительного сырья / А.М. Макаревич [и др.] // Труды Белорусского государственного университета. Серия «Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем»: научный журнал, 2009. – Т.4, ч.2. – С. 147-157.

34. Kylli P. Berry phenolics: isolation, analysis, identification, and antioxidant properties: Academic dissertation, University of Helsinki Department of Food and Environmental Sciences Food Chemistry. – Helsinki, 2011. – 90 p. (ред.)

35. Жбанова Е.В., Лукьянчук И.В., Пак Н.А. Антоцианы ягод земляники (обзор) // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 3 [Электронный ресурс].

ДОДАТОК 1

ПРИКЛАДИ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ, ЯКІ БУЛО ОБРОБЛЕНО

1. Alcalde-Eon, C., Escribano-Bailón, M. T., Santos-Buelga, C., & Rivas-Gonzalo, J. C. (2004). Separation of pyranoanthocyanins from red wine by column chromatography. *Analytica Chimica Acta*, 513(1:18), 305–318.
2. Amr, A., & Al-Tamimi, E. (2007). Stability of the crude extracts of *Ranunculus asiaticus* anthocyanins and their use as food colourants. *International Journal of Food Science and Technology*, 42, 985–991.
3. Andersen, Ø. M., & Jordheim, M. (2006). The anthocyanins. In Ø. M. Andersen & K. R. Markham (Eds.), *Flavonoids* (2nd ed., Chemistry, biochemistry and applications, pp. 452–471). Boca Raton, FL: CRC Press.
4. Ando, T., Saito, N., Tatsuzawa, F., Kakefuda, T., Yamakage, K., Ohtani, E., et al. (1999). Floral anthocyanins in wild taxa of *Petunia* (Solanaceae). *Biochemical Systematics and Ecology*, 27(6), 623–650.
5. Antolovich, M., Prenzler, P., Robards, K., & Ryan, D. (2000). Sample preparation in the determination of phenolic compounds in fruits. *Analyst*, 125(5), 989–1009.
6. Awika, J. M., Rooney, L. W., & Waniska, R. D. (2005). Anthocyanins from black sorghum and their antioxidant properties. *Food Chemistry*, 90(1–2), 293–301.
7. Bagchi, D., Garg, A., Krohn, R. L., Bagchi, M., Bagchi, B. J., Balmoori, J., et al. (1998). Protective effects of grape seed proanthocyanidins and selected antioxidants against TPA-induced hepatic and brain lipid peroxidation and DNA fragmentation, and peritoneal macrophage activation in mice. *General Pharmacology*, 30(5), 771–776.
8. Baldi, A., Romani, A., Mulinacci, N., Vincieri, F. F., & Casetta, B. (1995). HPLC/MS application to anthocyanins of *Vitis vinifera* L.. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(8), 2104–2109.
9. Bednar, P., Papouskova, B., Muller, L., Bartak, P., Stavek, J., Pavloušek, P., et al. (2005). Utilization of capillary electrophoresis/mass spectrometry (CE/MS) for the study of anthocyanin dyes. *Journal of Separation Science*, 28(12), 1291–1299.
10. Bednar, P., Tomassi, A. V., Presutti, C., Pavlikova, M., Lemr, K., & Fanali, S. (2003). Separation of structurally related anthocyanins by MEKC. *Chromatographia*, 58(5–6), 283–287.
11. Berardini, N., Fezer, R., Conrad, J. R., Beifuss, U., Carle, R., & Schieber, A. (2005). Screening of mango (*Mangifera indica* L.) cultivars for their contents of flavonol O- and xanthone C-glycosides, anthocyanins, and pectin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(5), 1563–1570.
12. Berente, B., de la Calle García, D., Reichenbacher, M., & Danzer, K. (2000). Method development for the determination of anthocyanins in red wines by

highperformance liquid chromatography and classification of German red wines by means of multivariate statistical methods. *Journal of Chromatography A*, 871(1–2), 95–103.

13. Berké, B., Chèz, C., Vercauteren, J., & Deffieux, G. (1998). Bisulfite addition to anthocyanins: Revisited structures of colourless adducts. *Tetrahedron Letters*, 39(32), 5771–5774.

14. Bicard, B., Fougèrouse, A., & Brouillard, R. (1999). Analysis of natural anthocyanins by capillary zone electrophoresis in acidic media. *Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies*, 22(4), 541–550.

15. Bloor, S. J., & Abrahams, S. (2002). The structure of the major anthocyanin in *Arabidopsis thaliana*. *Phytochemistry*, 59(3), 343–346.

16. Boulton, R. (2001). The copigmentation of anthocyanins and its role in the color of red wine: A critical review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52, 67–87.

17. Branen, Alfred Larry (2001). *Food additives* (2nd ed.). New York: Marcel Dekker Incorporated.

18. Bridle, P., García-Viguera, C., & Tomas-Barberan, F. A. (1996). Analysis of anthocyanins by capillary zone electrophoresis. *Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies*, 19(4), 537–545.

19. Brouillard, R., Chassaing, S., & Fougèrouse, A. (2003). Why are grape/fresh wine anthocyanins so simple and why is it that red wine color lasts so long? *Phytochemistry*, 64(7), 1179–1186.

20. Buchanan, B. B., Gruissem, W., & Jones, R. L. (2002). *Biochemistry and molecular biology of plants*. New York: Wiley. p. 1367.

21. Cabrita, L., Fossen, T., & Andersen, Ø. M. (2000). Colour and stability of the six common anthocyanidin 3-glucosides in aqueous solutions. *Food Chemistry*, 68(1), 101–107.

22. Cacace, J. E., & Mazza, G. (2002). Extraction of anthocyanins and other phenolics from black currants with sulfured water. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(21), 5939–5946.

23. Cacace, J. E., & Mazza, G. (2003). Mass transfer process during extraction of phenolic compounds from milled berries. *Journal of Food Engineering*, 59(4), 379–389.

24. Calvo, D., Saenz-Lopez, R., Fernandez-Zurbano, P., & Tena, M. T. (2004). Migration order of wine anthocyanins in capillary zone electrophoresis. *Analytica Chimica Acta*, 524(1–2), 207–213.

25. Cameira-dos Santos, P. J., Brillouet, J. M., Cheynier, V., & Moutounet, M. (1996). Detection and partial characterisation of new anthocyanin-derived pigments in wine. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 70(2), 204–208.

26. Chen, Z. Y., Chan, P. T., Ho, K. Y., Fung, K. P., & Wang, J. (1996). Antioxidant activity of natural flavonoids is governed by number and location of their aromatic hydroxyl groups. *Chemistry and Physics of Lipids*, 79(2), 157–163.

27. Chou, P.-H., Matsui, S., Misaki, K., & Matsuda, T. (2007). Isolation and identification of xenobiotic aryl hydrocarbon receptor ligands in dyeing wastewater. *Environmental Science and Technology*, 41(2), 652–657.
28. Clifford, M. N. (2000). Anthocyanins – nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(7), 1063–1072.
29. Cooper-Driver, G. A. (2001). Contributions of Jeffrey Harborne and co-workers to the study of anthocyanins. *Phytochemistry*, 56(3), 229–236.
30. Coutinho, M. R., Quadri, M. B., Moreira, R. F. P. M., & Quadri, M. G. N. (2004). Partial purification of anthocyanins from *Brassica oleracea* (red cabbage). *Separation Science and Technology*, 39(16), 3769–3782.
31. da Costa, C. T., Horton, D., & Margolis, S. A. (2000). Analysis of anthocyanins in foods by liquid chromatography, liquid chromatography–mass spectrometry and capillary electrophoresis. *Journal of Chromatography A*, 881(1–2), 403–410.
32. da Costa, C. T., Nelson, B. C., Margolis, S. A., & Horton, D. (1998). Separation of blackcurrant anthocyanins by capillary zone electrophoresis. *Journal of Chromatography A*, 799(1–2), 321–327.
33. Dangles, O., & Brouillard, R. (1992). Polyphenol interactions. The copigmentation case: Thermodynamic data from temperature variation and relaxation kinetics. Medium effect. *Canadian Journal of Chemistry*, 70(8), 2174–2189.
34. Davies, A. J., & Mazza, G. (1993). Copigmentation of simple and acylated anthocyanins with colorless phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41(5), 716–720.
35. Dey, P. M., & Harborne, J. B. (1993). 1. Plant phenolics methods in plant biochemistry (2nd printing). London: Academic Press Limited. pp. 326–341.
36. Donner, H., Gao, L., & Mazza, G. (1997). Separation and characterization of simple and malonylated anthocyanins in red onions, *Allium cepa* L. *Food Research International*, 30(8), 637–643.
37. Dugo, P., Mondello, L., Errante, G., Zappia, G., & Dugo, G. (2001). Identification of anthocyanins in berries by narrow-bore high-performance liquid chromatography with electrospray ionization detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8), 3987–3992.
38. Eiro, M. J., & Heinonen, M. (2002). Anthocyanin color behavior and stability during storage: Effect of intermolecular copigmentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(25), 7461–7466.
39. Ella Missang, C., Guyot, S., & Renard, C. M. G. C. (2003). Flavonols and anthocyanins of bush butter, *Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam, Fruit. Changes in their composition during ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(25), 7475–7480.
40. Ferreira da Silva, P., Lima, J. C., Freitas, A. A., Shimizu, K., Macanita, A. L., & Quina, F.H. (2005). Charge-transfer complexation as a general phenomenon in the copigmentation of anthocyanins. *The Journal of Physical Chemistry A*, 109(32), 7329–7338.

41. Fleschhut, J., Kratzer, F., Rechkemmer, G., & Kulling, S. E. (2006). Stability and biotransformation of various dietary anthocyanins in vitro. *European Journal of Nutrition*, 45(1), 7–18.
42. Fossen, T., & Andersen, Ø. M. (2003). Anthocyanins from red onion, *Allium cepa*, with novel aglycone. *Phytochemistry*, 62(8), 1217–1220.
43. Fossen, T., Slimestad, R., & Andersen, Ø. M. (2001). Anthocyanins from maize (*Zea mays*) and reed canarygrass (*Phalaris arundinacea*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(5), 2318–2321.
44. Foster, R. (1969). *Organic charge-transfer complexes*. London: Academic Press.
45. Frøytlog, C., Slimestad, R., & Andersen, Ø. M. (1998). Combination of chromatographic techniques for the preparative isolation of anthocyanins – applied on blackcurrant (*Ribes nigrum*) fruits. *Journal of Chromatography A*, 825(1), 89–95.
46. Gao, L., & Mazza, G. (1994). Quantitation and distribution of simple and acylated anthocyanins and other phenolics in blueberries. *Journal of Food Science*, 59(5), 1057–1059.
47. García-Benítez, E., Cabello, F., & Revilla, E. (2003). Analysis of grape and wine anthocyanins by HPLC–MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(19), 5622–5629.
48. García-Viguera, C., & Bridle, P. (1999). Influence of structure on colour stability of anthocyanins and flavylum salts with ascorbic acid. *Food Chemistry*, 64(1), 21–26.
49. Gil, M. I., Holcroft, D. M., & Kader, A. A. (1997). Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(5), 1662–1667.
50. Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Unit F1.2.1–13. Anthocyanins. Characterization and measurement of anthocyanins by UV–Visible spectroscopy. In R. E. Wrolstad (Ed.), *Current protocols in food analytical chemistry*. New York: John Wiley & Sons.
51. Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2003). Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochemical Engineering Journal*, 14(3), 217–225.
52. Goiffon, J. P., Mouly, P. P., & Gaydou, E. M. (1999). Anthocyanic pigment determination in red fruit juices, concentrated juices and syrups using liquid chromatography. *Analytica Chimica Acta*, 382(1–2), 39–50.
53. Hale, K. L., McGrath, S. P., Lombi, E., Stack, S. M., Terry, N., Pickering, I. J., et al. (2001). Molybdenum sequestration in Brassica species. A role for anthocyanins? *Plant Physiology*, 126, 1391–1402.
54. Harborne, J. B., & Williams, C. A. (1998). Anthocyanins and other flavonoids. *Natural Product Reports*, 15(6), 631–652.
55. Harborne, J. B., & Williams, C. A. (2000). Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 55(6), 481–504.

56. Heinonen, I. M., Meyer, A. S., & Frankel, E. N. (1998). Antioxidant activity of berry phenolics on human low-density lipoprotein and liposome oxidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(10), 4107–4112.

57. Heredia, F. J., Francia-Aricha, E. M., Rivas-Gonzalo, J. C., Vicario, I. M., & SantosBuelga, C. (1998). Chromatic characterization of anthocyanins from red grapes – I. pH effect. *Food Chemistry*, 63(4), 491–498.

58. Hillebrand, S., Schwarz, M., & Winterhalter, P. (2004). Characterization of anthocyanins and pyranoanthocyanins from blood orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(24), 7331–7338.

59. Hong, V., & Wrolstad, R. E. (1990). Use of HPLC separation/photodiode array detection for characterization of anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38, 708–715. International Food Information Council (IFIC) and Foundation US Food and Drug Administration (FDA) (2004). *Food ingredients and colors*. Washington, DC: IFIC Foundation.

60. Ito, F., Tanaka, N., Katsuki, A., & Fujii, T. (2002). Why do flavylum salts show so various colors in solution?: Effect of concentration and water on the flavylum's color changes. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 150(1–3), 153–157.

61. Kahkonen, M. P., Hopia, A. I., & Heinonen, M. (2001). Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8), 4076–4082.

62. Kamei, H., Kojima, T., Hasegawa, M., Koide, T., Umeda, T., Yukawa, T., et al. (1995). Suppression of tumor cell growth by anthocyanins in vitro. *Cancer Investigation*, 13(6), 590–594.

63. Kammerer, D., Kljusuric, J. C., Carle, R., & Schieber, A. (2005). Recovery of anthocyanins from grape pomace extracts (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Mito) using a polymeric adsorber resin. *European Food Research and Technology*, 220(3–4), 431–437.

64. Kapsakalidis, P. G., Rastall, R. A., & Gordon, M. H. (2006). Extraction of polyphenols from processed black currant (*Ribes nigrum* L.) residues. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(11), 4016–4021.

65. Kennedy, J. A., & Waterhouse, A. L. (2000). Analysis of pigmented high-molecularmass grape phenolics using ion-pair, normal-phase high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 866(1), 25–34.

66. Kim, M. Y., Iwai, K., Onodera, A., & Matsue, H. (2003). Identification and antiradical properties of anthocyanins in fruits of *Viburnum dilatatum* thunb. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(21), 6173–6177.

67. Konczak, I., & Zhang, W. (2004). Anthocyanins-more than nature's colours (2004). *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2004(5), 239–240.

68. Kong, J. M., Chia, L. S., Goh, N. K., Chia, T. F., & Brouillard, R. (2003). Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*, 64(5), 923–933.

69. Košir, I. J., & Kidrič, J. (2002). Use of modern nuclear magnetic resonance spectroscopy in wine analysis: determination of minor compounds. *Analytica Chimica Acta*, 458(1), 77–84.
70. Kumpulainen, J. T., & Salonen, J. T. (1998). In natural antioxidants and anticarcinogens in nutrition, health and disease. Cambridge: Royal Society of Chemistry.
71. Kuskoski, E. M., Vega, J. M., Rios, J. J., Fett, R., Troncoso, A. M., & Asuero, A. G. (2003). Characterization of anthocyanins from the fruits of baguaçu (*Eugenia umbelliflora* Berg). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(18), 5450–5454.
72. Lee, J., Durst, R. W., & Wrolstad, R. E. (2002). Impact of juice processing on blueberry anthocyanins and polyphenolics: Comparison of two pretreatments. *Journal of Food Science*, 67(5), 1660–1667.
73. Lee, J., Finn, C. E., & Wrolstad, R. E. (2004). Comparison of anthocyanin pigment and other phenolic compounds of *Vaccinium membranaceum* and *Vaccinium ovatum* native to the Pacific Northwest of North America. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 7039–7044.
74. Longo, L., & Vasapollo, G. (2005a). Anthocyanins from bay (*Laurus nobilis* L.) berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(20), 8063–8067.
75. Longo, L., & Vasapollo, G. (2005b). Determination of anthocyanins in *Ruscus aculeatus* L. berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(2), 475–479.
76. Longo, L., Vasapollo, G., & Rescio, L. (2005). Identification of anthocyanins in *Rhamnus alaternus* L. berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(5), 1723–1727.
77. Lu, Y., & Foo, L. Y. (2001). Unusual anthocyanin reactions with acetone leading to pyranoanthocyanin formation. *Tetrahedron Letters*, 42, 1371–1373.
78. Lule, S. U., & Xia, W. (2005). Food phenolics, pros and cons: A review. *Food Reviews International*, 21(4), 367–388.
79. Macheix, J. J., Fleuriet, A., & Billot, J. (1990). Fruit phenolics. Boca Raton, FL: CRC Press. pp. 41–54.
80. Markham, K. R., Gould, K. S., Winefield, C. S., Mitchell, K. A., Bloor, S. J., & Boase, M. R. (2000). Anthocyanic vacuolar inclusions – their nature and significance in flower colouration. *Phytochemistry*, 55(4), 327–336.
81. Martens, S., Knott, J., Seitz, C. A., Janvari, L., Yu, S. N., & Forkmann, G. (2003). Impact of biochemical pre-studies on specific metabolic engineering strategies of flavonoid biosynthesis in plant tissues. *Biochemical Engineering Journal*, 14(3), 227–235.
82. Mataix, E., & Luque de Castro, M. D. (2001). Determination of anthocyanins in wine based on flow-injection, liquid–solid extraction, continuous evaporation and high-performance liquid chromatography-photometric detection. *Journal of Chromatography A*, 910(2), 255–263.

83. Mateus, N., Carvalho, E., Carvalho, A. R. F., Melo, A., González-Paramás, A. M., Santos-Buelga, C., et al. (2003a). Isolation and structural characterization of new acylated anthocyanin-vinyl-flavanol pigments occurring in aging red wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(1), 277–282.
84. Mateus, N., Silva, A. M. S., Rivas-Gonzalo, J. C., Santos-Buelga, C., & de Freitas, V. (2003b). A new class of blue anthocyanin-derived pigments isolated from red wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(7), 1919–1923.
85. Mateus, N., Silva, A. M. S., Vercauteren, J., & de Freitas, V. (2001). Occurrence of anthocyanin-derived pigments in red wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(10), 4836–4840.
86. Matsufuji, H., Otsuki, T., Takeda, T., Chino, M., & Takeda, M. (2003). Identification of reaction products of acylated anthocyanins from red radish with peroxy radicals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(10), 3157–3161.
87. Matsumoto, H., Hanamura, S., Kawakami, T., Sato, Y., & Hirayama, M. (2001). Preparative-scale isolation of four anthocyanin components of black currant (*Ribes nigrum* L.) Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(3), 1541–1545.
88. Mazza, G., & Brouillard, R. (1987). Recent developments in the stabilization of anthocyanins in food products. *Food Chemistry*, 25(3), 207–225.
89. Mazza, G., & Brouillard, R. (1990). The mechanism of co-pigmentation of anthocyanins in aqueous solutions. *Phytochemistry*, 29(4), 1097–1102.
90. Meng, L., Lozano, Y., Bombarda, I., Gaydou, E., & Li, B. (2006). Anthocyanin and flavonoid production from *Perilla frutescens*: Pilot plant scale processing 870 A. Castañeda-Ovando et al. / *Food Chemistry* 113 (2009) 859–871 including cross-flow microfiltration and reverse osmosis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(12), 4297–4303.
91. Merken, H. M., & Beecher, G. R. (2000). Measurement of food flavonoids by highperformance liquid chromatography: A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(3), 577–599.
92. Metivier, R. P., Francis, F. J., & Clydesdale, F. M. (1980). Solvent extraction of anthocyanins from wine pomace. *Journal of Food Science*, 45(4), 1099–1100.
93. Mikanagi, Y., Saito, N., Yokoi, M., & Tatsuzawa, F. (2000). Anthocyanins in flowers of genus *Rosa*, sections *Cinnamomeae* (=Rosa), *Chinenses*, *Gallicanae* and some modern garden roses. *Biochemical Systematics and Ecology*, 28(9), 887–902.
94. Mirabel, M., Saucier, C., Guerra, C., & Glories, Y. (1999). Copigmentation in model wine solutions: Occurrence and relation to wine aging. *American Journal of Enology and Viticulture*, 50, 211–218.
95. Moncada, M. C., Moura, S., Melo, M. J., Roque, A., Lodeiro, C., & Pina, F. (2003). Complexation of aluminum (III) by anthocyanins and synthetic flavylum salts: A source for blue and purple color. *Inorganica Chimica Acta*, 356, 51–61.

96. Mulinacci, N., Romani, A., Pinelli, P., Gallori, S., Giaccherini, C., & Vincieri, F. F. (2001). Stabilisation of natural anthocyanins by micellar systems. *International Journal of Pharmaceutics*, 216(1–2), 23–31.
97. Nichenametla, S. N., Taruscio, T. G., Barney, D. L., & Exon, J. H. (2006). A review of the effects and mechanisms of polyphenolics in cancer. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(2), 161–183.
98. Nørnbk, R., Brandt, K., Nielsen, J. K., Ørgaard, V., & Jacobsen, N. (2002). Flower pigment composition of *Crocus* species and cultivars used for a chemotaxonomic investigation. *Biochemical Systematics and Ecology*, 30(8), 763–791.
99. Nyman, N. A., & Kumpulainen, J. T. (2001). Determination of anthocyanidins in berries and red wine by high-performance liquid chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(9), 4183–4187.
100. Pazmiño-Durán, A. E., Giusti, M. M., Wrolstad, R. E., & Glória, B. A. (2001). Anthocyanins from *oxalis triangularis* as potential food colorants. *Food Chemistry*, 75(2), 211–216.
101. Phippen, W. B., & Simon, J. E. (1998). Anthocyanins in Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(5), 1734–1738.
102. Pissarra, J., Lourenço, S., González-Paramás, A. M., Santos-Buelga, C., Silva, A. M. S., & De Freitas, V. (2005). Isolation and structural characterization of new anthocyanin-alkyl-catechin pigments. *Food Chemistry*, 90(1–2), 81–87.
103. Potter, N. N., & Hotchkiss, J. H. (1995). *Food science* (5th ed.). New York: Chapman and Hall. pp. 415–417.
104. Record, I. R., Dreosti, I. E., & McInerney, J. K. (2001). Changes in plasma antioxidant status following consumption of diets high or low in fruit and vegetables or following dietary supplementation with an antioxidant mixture. *British Journal of Nutrition*, 85(4), 459–464.
105. Reiersen, B., Kiremire, B. T., Byamukama, R., & Andersen, Ø. M. (2003). Anthocyanins acylated with gallic acid from chenille plant, *Acalypha hispida*. *Phytochemistry*, 64(4), 867–871.
106. Rein, M. (2005). Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins. Helsinki: University of Helsinki. pp. 10–14.
107. Remy-Tanneau, S., Le Guerneveä, C., Meudec, E., & Cheynier, V. (2003). Characterization of a colorless anthocyanin-flavan-3-ol dimer containing both carbon–carbon and ether interflavanoid linkages by NMR and Mass Spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(12), 3592–3597.
108. Revilla, E., García-Beneytez, E., Cabello, F., Martín-Ortega, G, & Ryan, J. M. (2001). Value of high-performance liquid chromatographic analysis of anthocyanins in the differentiation of red grape cultivars and red wines made from them. *Journal of Chromatography A*, 915(1–2), 53–60.
109. Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., & Paganga, G. (1996). Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine*, 20(7), 933–956.

110. Robards, K., & Antolovich, M. (1997). Analytical chemistry of fruit bioflavonoids: a review. *Analyst*, 122, 11R–34R.
111. Romani, A., Mulinacci, N., Pinelli, P., Vincieri, F. F., & Cimato, A. (1999). Polyphenolic content in five Tuscany cultivars of *Olea europaea* L.. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(3), 964–967.
112. Saenz-Lopez, R., Fernandez-Zurbano, P., & Tena, M. T. (2003). Development and validation of a capillary zone electrophoresis method for the quantitative determination of anthocyanins in wine. *Journal of Chromatography A*, 990(1–2), 247–258.
113. Saenz-Lopez, R., Fernandez-Zurbano, P., & Tena, M. T. (2004). Analysis of aged red wine pigments by capillary zone electrophoresis. *Journal of Chromatography A*, 1052(1–2), 191–197.
114. Saito, N., Toki, K., Moriyama, H., Shigihara, A., & Honda, T. (2002). Acylated anthocyanins from the blue–violet flowers of *Anemone coronaria*. *Phytochemistry*, 60(4), 365–373.
115. Sakata, K., Saito, N., & Honda, T. (2006). Ab initio study of molecular structures and excited states in anthocyanidins. *Tetrahedron*, 62(15), 3721–3731.
116. Salas, E., Atanasova, V., Poncet-Legrand, C., Meudec, E., Mazauric, J. P., & Cheynier, V. (2004). Demonstration of the occurrence of flavanol–anthocyanin adducts in wine and in model solutions. *Analytica Chimica Acta*, 513(1), 325–332.
117. Saucier, C., Guerra, C., Pianet, I., Laguerre, M., & Glories, Y. (1997). (+)-Catechin–acetaldehyde condensation products in relation to wine-ageing. *Phytochemistry*, 46(2), 229–234.
118. Schwarz, M., Hillebrand, S., Habben, S., Degenhardt, A., & Winterhalter, P. (2003). Application of high-speed countercurrent chromatography to the large-scale isolation of anthocyanins. *Biochemical Engineering Journal*, 14(3), 179–189.
119. Schwarz, M., Hofmann, G., & Winterhalter, P. (2004). Investigations on anthocyanins in wines from *Vitis vinifera* cv. Pinotage: Factors influencing the formation of Pinotin A and its correlation with wine age. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(3), 498–504.
120. Schwarz, M., Wabnitz, T. C., & Winterhalter, P. (2003). Pathway leading to the formation of anthocyanin–vinylphenol adducts and related pigments in red wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(12), 3682–3687.
121. Schwarz, M., Wray, V., & Winterhalter, P. (2004). Isolation and identification of novel pyranoanthocyanins from black carrot (*Daucus carota* L.) juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 5095–5101.
122. Simmonds, M. S. J. (2003). Flavonoid–insect interactions: Recent advances in our knowledge. *Phytochemistry*, 64(1), 21–30.
123. Springob, K., Nakajima, J., Yamazaki, M., & Saito, K. (2003). Recent advances in the biosynthesis and accumulation of anthocyanins. *Natural Product Reports*, 20(3), 288–303.

124. Starr, M. S., & Francis, F. J. (1973). Effect of metallic ions on color and pigment content of cranberry juice cocktail. *Journal of Food Science*, 38(6), 1043–1046.
125. Stintzing, F. C., & Carle, R. (2004). Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. *Trends in Food Science and Technology*, 15(1), 19–38.
126. Timberlake, C. F., & Bridle, P. (1976). Interactions between anthocyanins, phenolic compounds, and acetaldehyde and their significance in red wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 27, 97–105.
127. Vidal, S., Hayasaka, Y., Meudec, E., Cheynier, V., & Skouroumounis, G. (2004a). Fractionation of grape anthocyanin classes using multilayer coil countercurrent chromatography with step gradient elution. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(4), 713–719.
128. Vidal, S., Meudec, E., Cheynier, V., Skouroumounis, G., & Hayasaka, Y. (2004b). Mass Spectrometric evidence for the existence of oligomeric anthocyanins in grape skins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(23), 7144–7151.
129. Vivar-Quintana, A. M., Santos-Buelga, C., & Rivas-Gonzalo, J. C. (2002). Anthocyanin-derived pigments and colour of red wines. *Analytica Chimica Acta*, 458(1), 147–155.
130. Wang, J., Kalt, W., & Sporns, P. (2000). Comparison between HPLC and MALDI-TOF MS analysis of anthocyanins in highbush blueberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(8), 3330–3335.
131. Wang, S. Y., & Lin, H. S. (2000). Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(2), 140–146.
132. Wang, H., Race, E. J., & Shrikhande, A. (2003a). Characterization of anthocyanins in grape juices by ion trap liquid chromatography–mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(7), 1839–1844.
133. Wang, H., Race, E. J., & Shrikhande, A. J. (2003b). Anthocyanin transformation in Cabernet Sauvignon wine during aging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(27), 7989–7994.
134. Wang, J., & Sporns, P. (1999). Analysis of anthocyanins in red wine and fruit juice using MALDI-MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(5), 2009–2015.
135. Waterhouse, A. L. (2001). The phenolic wine antioxidants. In E. Cadenas & L. Parcker (Eds.), *Handbook of antioxidants* (2nd ed., pp. 401–406). New York: Marcel Dekker.
136. Williams, C. A., Greenham, J., Harborne, J. B., Kong, J. M., Chia, L. S., Goh, N. K., et al. (2002). Acylated anthocyanins and flavonols from purple flowers of *Dendrobium* cv. ‘Pompadour’. *Biochemical Systematics Ecology*, 30(7), 667–675.

137. Wrolstad, R. E., Durst, R. W., & Lee, J. (2005). Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. *Trends in Food Science and Technology*, 16(9), 423–428.

138. Wu, X., Gu, L., Prior, R. L., & McKay, S. (2004). Characterization of anthocyanins and proanthocyanidins in some cultivars of *Ribes*, *Aronia*, and *Sambucus* and their antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26), 7846–7856.

139. Wu, X., & Prior, R. L. (2005a). Identification and characterization of anthocyanins by High-performance liquid chromatography–electrospray ionization–tandem mass spectrometry in common foods in the United States: Vegetables, nuts, and grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(8), 3101–3113.

140. Wu, X., & Prior, R. L. (2005b). Systematic identification and characterization of anthocyanins by HPLC–ESI–MS/MS in common foods in the United States: Fruits and berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(7), 2589–2599.

141. Yoshida, K., Kitahara, S., Ito, D., & Kondo, T. (2006). Ferric ions involved in the flower color development of the Himalayan blue poppy, *Meconopsis grandis*. *Phytochemistry*, 67(10), 992–998.

142. Zhang, Z., Kou, X., Fugal, K., & McLaughlin, J. (2004). Comparison of HPLC methods for determination of anthocyanins and anthocyanidins in bilberry extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(4), 688–691.