

ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ОРЕХОВ

Автор: Наталья КУЛЬЧИЦКАЯ

Научный руководитель: Решитка Влад, к.т.н., доцент

Технический Университет Молдовы

Аннотация: *Фенольные соединения обширная группа химических соединений, которые в значительных количествах содержатся в орехах, и тем самым способствуют повышению их пищевой ценности. Орехи характеризуются содержанием таких фенольных веществ, как флавоноиды, фенольные кислоты и танины. Грецкие орехи содержат наибольшее количество фенольных веществ (1,5- 2,5 г ЭГК/100 г), в которых преобладают фенольные кислоты и гидролизуемые танины. В фундуке, как и в грецких орехах преобладают танины, но не гидролизуемые, а конденсированные – проантоцианидины, а миндаль, в свою очередь, характеризуется наибольшим разнообразием фенольных соединений. Только в миндале авторы обнаружили содержание всех пяти флавоноиды (флаван-3-олов, флаванолов, флавонолов, антоцианидинов и изофлавонов), тогда как в двух других видах орехов были обнаружены лишь некоторые из них.*

Ключевые слова: *фенольные, флавоноиды, грецкие орехи, миндаль, фундук.*

Введение

Различные орехи, в том числе грецкие орехи, характеризуются высокой пищевой и энергетической ценностью. В частности, орехи являются источником растительного белка, полиненасыщенных жирных кислот, диетической клетчатки, микронутриентов, а также биологически активных веществ, таких как токоферолы и фенольные соединения [1]. В последнее время уделяется большое внимание изучению содержания биологически активных веществ орехов. Среди этих веществ ведущее место занимают фенольные вещества. Данные вещества способны замедлять и останавливать процессы перекисного окисления липидов в орехах [2], а также выполнять антибактериальную, противоопухолевую и противовоспалительную функцию, тем самым улучшая здоровье человека. В Молдове тематика, касающаяся содержания и свойств фенольных веществ в орехах рассмотрена недостаточно, поэтому целесообразным является анализ фенольных веществ в орехах по литературным источникам, а в последствие и применение накопленных знаний на практике - в исследованиях.

Обсуждения и результаты

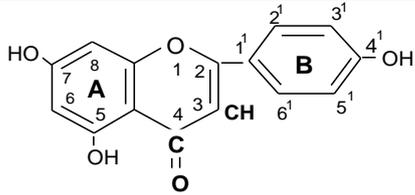
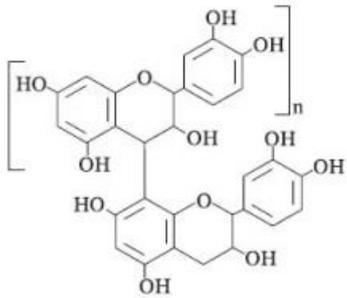
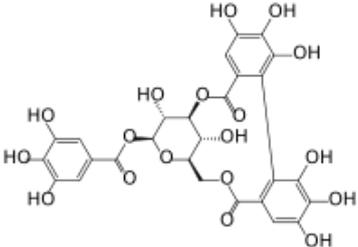
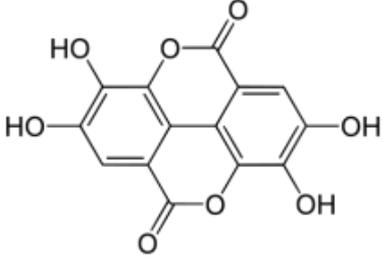
В процессе обзора информации о содержании фенольных соединений в орехах, были рассмотрены различные литературные источники, содержащие необходимую информацию. Из литературных данных известно, что из всего разнообразия фенольных соединений, в лесных орехах преобладают флавоноиды и фенольные кислоты [2]. В таблице 1 представлены данные о содержании фенольных соединений в грецком орехе, миндале и фундуке.

Для количественного определения общего содержания фенольных веществ в орехах авторы использовали метод, основанный на применении реактива Фолин—Чокальтеу. Фенольные вещества определялись на спектрофотометре UV/Vis.

Итак, исходя из *таблицы 2*, грецкий орех является лидером по содержанию фенольных соединений, их количество в орехах варьирует в пределах 1,5- 2,5 г ЭГК/100 г мякоти.

Лесные орехи содержат большое разнообразие фенольных соединений: флавоноиды, фенольные кислоты, проантоцианидины, танины, изофлавоны. Фенольные соединения останавливают прогоркание липидов в орехах и способствуют сохранению их пищевой ценности [5]. Флавоноиды, наиболее часто встречающиеся в растительном сырье - водорастворимые фенольные соединения. По химическому строению флавоноиды являются производными флавонола [5].

Таблица 1. Содержание фенольных соединений в орехах

Наименование фенольного соединения	Химическое строение	Содержание в орехах, мг/100 г		
		в грецком орехе	в миндале	в фундуке
1	2	3	4	5
Флавоноиды		2,74÷744,8	15,25÷93,5	11,99÷113,7
Проантоцианидинов (кондесированные танины)		60,3÷67	176,3÷184	490,8÷501
Гидролизуемые танины		27,56	- ¹	- ¹
Эллаговая кислота		872	- ¹	- ¹

¹«-»- не обнаружено

Итак, по разным литературным данным содержание флавоноидов может варьировать в довольно широких пределах: в миндале - 15,25 - 93 мг/100 г, в фундуке - 11,99 - 113 мг/100 г, в грецком орехе от 2,74 до 744 мг /100 г.

Jun Yang [4] в исследовании орехов определил содержание связанных и свободных флавоноидов. Связаны флавоноиды чаще всего с сахарами (глюкоза, рамноза, ксилоза, арабиноза и др.) и называются гликозидами. Гликозиды очень хорошо растворимы в воде и клеточном соке, обильно заполняющих вакуоли взрослых клеток. Благодаря этому они обладают более высокой подвижностью по сравнению с агликонами, активнее их вступают в различные биохимические процессы. В грецких орехах преобладают свободные флавоноиды, в миндале и фундуке связанные.

Таблица 2. Общее содержание фенольных соединений в орехах

Автор статьи	Общее содержание фенольных соединений в орехах, мг ЭГК/100 г*		
	в грецком орехе	в миндале	в фундуке
<i>Lucile Tiemi Abei</i> [3]	2499	114	111
<i>Fereidoon Shahidi</i> [2]	1556	418	835
<i>M. Kornsteiner</i> [1]	1625	47	291
<i>Jun Yang</i> [4]	1580	212	314

*мг ЭГК/100 г - миллиграмм Эквивалент Галловой Кислоты на 100 грамм мякоти

Таблица 3. Общее содержание флавоноидов в орехах

Автор статьи	Общее содержание флавоноидов в орехах, мг/100 г								
	в грецком орехе			в миндале			в фундуке		
	FF	BF	Всего	FF	BF	Всего	FF	BF	Всего
<i>Bradley W Bolling</i> [6]	-	-	2,74	-	-	15,25	-	-	11,99
<i>Jun Yang</i> [4]	535,4	209,4	744,8	39,8	53,7	93,5	13,9	99,8	113,7

«-»-не определялось; FF-свободная форма флавоноидов; BF- связанная форма флавоноидов

В лесных орехах авторы определяли, такие флавоноиды, как флаван-3-олы, флаваноны, флавонолы, антоцианидины и изофлавоны [6]. Известно, что в миндале содержатся все пять вышеперечисленных флавоноидов. В фундуке содержатся лишь 3 вида флавоноидов (флаван-3-олы, антоцианидины и изофлавоны), а в грецких орехах - лишь антоцианидины и изофлавоны [6].

Проантоцианидины - фенольные соединения, содержащиеся в орехах, являются мощными антиоксидантами, они в 20 раз мощнее, чем аскорбиновая кислота. Проантоцианидины являются полимерной цепью, таких флавоноидов, как катехин (включают более 10 мономеров) [7].

Таблица 3. Содержание проантоцианидинов

Автор статьи	Общее содержание проантоцианидинов в орехах, мг /100 г		
	в грецком орехе	в миндале	в фундуке
<i>C-Y Oliver Chen</i> [8]	67	184	501
<i>Neveu V</i> [9]	60,3	176,3	490,8

Еще одна разновидность полимерных фенольных соединений – гидролизуемые танины. Танины характеризуются сильными антиоксидантными свойствами, за счет сложной химической структуры и большого количества гидроксильных групп (-ОН). Именно грецкие орехи отличаются очень высоким содержанием гидролизуемых танинов.

Bradley W Bolling [6] указывает, что гидролизуемые танины содержатся только в грецких орехах и их количество составляет 27,56 мг/100г . При гидролизе танинов, как правило, образуются три продукта: глюкоза, галловая и эллаговая кислоты [2].

Фенольные кислоты составляют около 80% всех фенольных соединений в лесных орехах. Антиоксидантные свойства фенольных кислот зависят от их химической структуры,

преимущественно от содержания гидроксильных (-ОН) и метоксильных (-ОСН₃) групп в молекуле кислоты [2].

В грецких орехах, по сравнению с другими видами орехов, преобладает содержание фенольных кислот. **Bradley W. Bolling [6]** в своей статье подтверждает эти данные и указывает, что грецких орехах общее содержание фенольных кислот составляет 39,11 мг/100 г, в фундуке – 1,87 мг/100 г и в миндале – 0,44 мг/100 г [6]. По разным литературным данным, в грецких орехах содержится галловая кислота, кофеиновая, р-кумаровая, феруловая, синаповая, сиригеновая и эллаговая кислоты. Миндаль характеризуется содержанием хлорогеновой, кофеиновой, кумаровой и галловой кислот, а фундук – содержанием хлорогеновой, кумаровой, феруловой, эллаговой и галловой кислот [2,3,10].

Эллаговая кислота характеризуется самыми сильными антиоксидантными свойствами, благодаря наличию в ее структуре четырех гидроксильных (ОН-) групп.

Исключительно в грецких орехах, исходя из исследований **Lucile Tiemi ABE [3]** содержится эллаговая кислота (872 мг/100г), где количественное определение эллаговой кислоты проводили с помощью HPLC хроматографии. Эллаговая кислота в связанном виде является компонентом эллаготанинов, при гидролизе которых высвобождаются молекулы галловой кислоты [2,3].

Вывод

В грецких орехах, миндале и фундуке содержится различные фенольные вещества. Так, в грецких орехах преобладают гидролизуемые танины и эллаговая кислота, в миндале – флавоноиды, а в фундуке – проантоцианидины. Ввиду того, что данная область является на начальном этапе изучения в Молдове, целесообразным является дальнейшее изучение фенольных соединений в лесных орехах, а так же применение накопленных теоретических данных в практических исследованиях *in vitro*.

Библиография

1. Kornsteiner M., Wagner K., Elmadfa I. *Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types*. Food Chemistry, 98 (2006), p. 381–387.
2. Shahidi F., Alasalvar C. *Tree Nuts: Composition, Phytochemicals, and Health Effects*. New York, 2009.
3. Lucile Tiemi ABE, Franco Maria Lajolo, Maria Ines Genovese. *Comparison of the phenol content and antioxidant capacity of nut*. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 30(Supl.1), 2010, p.254-259.
4. Yang J., Liu R. H., Halim L.. *Antioxidant and antiproliferative activities of common edible nut seeds*. LWT Food Science and Technology, 42, 1-8.
5. Tiwari B.K., Brunton N. P., Brennan C. S. *Handbook of Plant Food Phytochemicals: Sources, Stability and Extraction*. John Wiley and sons Ltd, 2013.
6. Bolling B.W. PhD, McKay D. L. PhD, Blumberg J.B. PhD. *The phytochemical composition and antioxidant actions of tree nuts*. Nutrition Research Reviews, 2011, 24, p.244-275.
7. Maria de Lourdes Reis Giada. *Food Phenolic Compounds: Main Classes, Sources and Their Antioxidant Power*. Oxidative stress and cronic degenerative deseases – a role for antioxidant. Edited by José A. Morales-González. Croatia 2013 , p.87-112.
8. C-Y Oliver Chen PhD and Jeffrey B Blumberg PhD FACN CNS. *Phytochemical composition of nuts*. Asia Pac. J. Clin. Nutr. 2008 ,17 (S1) , p.329-332.
9. Neveu V, Perez-Jimenez J, Vos F, et al. (2010). *Phenol Explorer: an online comprehensive database on polyphenol contents in foods*. Database 2010, bap 024 (publication 8 January 2010). Neveu V, Perez-Jimenez J, Vos F, et al. (2010). *Phenol Explorer: an online comprehensive database on polyphenol contents in foods*. Database 2010, bap024 (publication 8 January 2010). <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2860900/>
10. Yildirim N. A., San B., Koyuncu F., Yildirim F. *Variability of phenolics, α-tocopherols and amygdalin contents of selected almond (Prunus amygdalus Batsch.) genotypes*. Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.8 (1) , 2010, p. 76-79.