

ОБЗОР

Тутельян В.А., Лашнева Н.В.

Биологически активные вещества растительного происхождения. Флавонолы и флавоны: распространенность, пищевые источники, потребление

ГИГИЕНА ПИТАНИЯ

Багрянцева О.В., Шатров Г.Н.

О регламентации применения вкусоароматических веществ и вкусоароматических препаратов при производстве ароматизаторов и пищевых продуктов

Соколов Д.М., Соколов М.С.

Ускоренные методы выявления бактерий рода *Salmonella* в пищевых продуктах и сырье

Дубцов Г.Г., Бессонов В.В., Байков В.Г., Махова Н.Н., Шевякова Л.В., Богачук М.Н., Байгарин Е.К., Бру Лазар Яо

Пищевая ценность тропических и субтропических фруктов

ВИТАМИНОЛОГИЯ

Вржесинская О.А., Бекетова Н.А., Коденцова В.М., Переверзева О.Г., Кошелева О.В., Сокольников А.А., Кулакова С.Н., Батурина В.А., Сото С.Х.

Влияние обогащения витаминдефицитного рациона крыс полиненасыщенными жирными кислотами семейства ω -3 на биомаркеры витаминного и антиоксидантного статуса

ЛЕЧЕБНОЕ ПИТАНИЕ

Лапик И.А., Шарафетдинов Х.Х., Плотникова О.А., Семенченко И.Ю.

Влияние диетотерапии на показатели состава тела у больных ожирением и сахарным диабетом типа 2

Романова М.М., Погожева А.В., Гладышева Е.С., Веденина Г.Д.

Особенности совершенствования медицинской помощи по профилю «Диетология» в Воронежской области

Пилипенко В.И., Бурляева Е.А., Исаков В.А.

Аспекты современной диетотерапии синдрома раздраженного кишечника

ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЕ ПИТАНИЕ

Кобелькова И.В., Батурин А.К.

Анализ взаимосвязи образа жизни, рациона питания и антропометрических данных с состоянием здоровья лиц, работающих в условиях особо вредного производства

СПОРТИВНОЕ ПИТАНИЕ

Новокшанова А.Л., Никитюк Д.Б., Поздняков А.Л.

Содержание минеральных элементов в рационе студентов факультета физической культуры

ЮБИЛЕЙ

Марина Гасановна Керимова
(к 70-летию со дня рождения)

ИНФОРМАЦИЯ

REVIEW

4 Tutelyan V.A., Lashneva N.V.

Biologically active substances of plant origin. Flavonols and flavones: prevalence, dietary sources and consumption

HYGIENE OF NUTRITION

23 Bagryantseva O.V., Shatrov G.N.

About flavouring substances and flavouring preparations regulation in the field of manufacturing of flavourings and foodstuffs

33 Sokolov D.M., Sokolov M.S.

Rapid methods for the genus *Salmonella* bacteria detection in food and raw materials

41 Dubtsov G.G., Bessonov V.V., Baykov V.G., Makhova N.N., Shevyakova L.V., Bogachuk M.N., Baygarin E.K., Bry Lazar Yao

Nutrition value of tropical and subtropical fruits

VITAMINOLOGY

45 Vrzhesinskaya O.A., Beketova N.A., Kodentsova V.M., Pereverzeva O.G., Kosheleva O.V., Sokolnikov A.A., Kulakova S.N., Baturina V.A., Soto S.Kh.

Enrichment effect of vitamin-deficient diet of rats by polyunsaturated fatty acids ω -3 on vitamin biomarkers and antioxidant status

DIET TREATMENT

53 Lapik I.A., Sharafetdinov Kh.Kh., Plotnikova O.A., Semenchenko I.Yu.

Influence of dietotherapy on body composition in patients with obesity and diabetes mellitus type 2

59 Romanova M.M., Pogosheva A.V., Gladysheva E.S., Vedenina G.D.

Features to improve health care in «Dietology» profile in Voronezh Region

64 Pilipenko V.I., Burlaeva E.A., Isakov V.A.

Contemporary dietotherapy of the irritable bowel syndrome

PROPHYLACTIC NUTRITION

74 Kobelkova I.V., Baturin A.K.

Analysis of interrelation between lifestyle, diet and anthropometrical characteristics and health of persons, working in the conditions of especially harmful production

NUTRITION OF SPORTSMEN

79 Novokshanova A.L., Nikityuk D.B., Pozdnyakov A.L.

Content of mineral elements in the diet of students of Physical education faculty

84 ANNIVERSARY

Marina Gasanovna Kerimova
(the 70th anniversary of birth)

86 INFORMATION

Министерство здравоохранения Российской Федерации
ФГБУ «НИИ питания» Российской академии медицинских наук

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВОПРОСЫ ПИТАНИЯ

PROBLEMS OF NUTRITION

Основан в 1932 г.

ТОМ 82

№ 1, 2013

Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых журналов и изданий, которые рекомендованы Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации (ВАК) для публикации результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук

Журнал представлен в следующих информационно-справочных изданиях и библиографических базах данных: Реферативный журнал ВИНТИ, Pubmed, Biological, MedART, eLibrary.ru, The National Agricultural Library (NAL), Nutrition and Food Database, FSTA, EBSCOhost, Health Index, Web of Science, Social Sciences Citation Index, Russian Periodical Catalog



ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА
«ГЭОТАР-Медиа»

Для корреспонденции

Лашнева Нина Васильевна – кандидат медицинских наук,
ведущий научный сотрудник лаборатории энзимологии
питания ФГБУ «НИИ питания» РАМН
Адрес: 109240, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14
Телефон: (495) 698-53-65

В.А. Тутельян, Н.В. Лашнева

Биологически активные вещества растительного происхождения. Флавонолы и флавоны: распространенность, пищевые источники, потребление

Biologically active substances
of plant origin. Flavonols
and flavones: prevalence,
dietary sources
and consumption

V.A. Tutelyan, N.V. Lashneva

ФГБУ «НИИ питания» РАМН, Москва

Institute of Nutrition of Russian Academy of Medical Sciences, Moscow

Флавоноиды – самая многочисленная группа природных полифенольных соединений, являющихся вторичными метаболитами растений, которым отводится важная роль в поддержании здоровья человека. Флавонолы и флавоны представляют собой 2 основных класса флавоноидов, антиоксидантные свойства и высокая биологическая активность многих представителей которых доказаны не только in vitro, но и in vivo. В обзоре приведены данные о структуре, распространенности, а также количественном содержании основных флавонолов (кверцетина, кемпферола, мирицетина, изорамнетина) и флавонов (апигенина, лютеолина) в некоторых наиболее широко употребляемых пищевых продуктах, включая овощи, фрукты, ягоды, орехи, напитки и другие продукты растительного происхождения. Отмечены продукты, отличающиеся высоким содержанием данных биологически активных веществ – их основные пищевые источники. Охарактеризованы формы флавонолов и флавонов, наиболее часто встречающиеся в пищевых растениях, приведен перечень их наиболее известных гликозидов, обнаруживаемых в пищевых продуктах. Рассмотрены особенности гликирования, свойственные флавонолам и флавонам (образование О- и/или С-гликозидов). Приведены данные о составе (профиле) флавоноловых и флавоновых гликозидов ряда повсеместно употребляемых продуктов, богатых этими флавоноидами (лук, листовая капуста, яблоки и др.). Представлены также данные об уровне суточного потребления флавонолов и флавонов в разных странах. Обсуждается вопрос о значении пищевых привычек и предпочтений и вкладе отдельных продуктов в ежедневное поступление флавонолов и флавонов с пищей.

Ключевые слова: флавоноиды, флавонолы, флавоны, кверцетин, кемпферол, мирицетин, изорамнетин, апигенин, лютеолин, флавоноловые гликозиды, флавоновые гликозиды, пищевые источники, уровни потребления

Flavonoids are the most numerous group of natural polyphenolic compounds, the secondary metabolites of plants that may play an important role in human health protection. Flavonols and flavones constitute the main two classes of flavonoids, whose antioxidant properties and high biological activity have been proofed both in vitro and in vivo. This review summarizes data, concerning the structure, occurrence and content of the main flavonols (quercetin, kaempferol, myricetin, isorhamnetin) and flavones (apigenin, luteolin) in some most widely consumed foodstuffs, including vegetables, fruits, berries, nuts, beverages and other products of plant origin. The products with high content of these biologically active food compounds – the major dietary sources of them – are noted. Forms of flavonols and flavones more often distributed among edible plants are characterized and some of their known glycosides occurred in foods are enumerated. Some peculiarities, characteristic to flavonols and flavones glycosylation (O- and/or C-glycosides formation) are described. The data for flavonol and flavone glycosides composition (profiles) of some commonly consumed commodities rich by these flavonoids (onions, cabbage, apples at al.) are shown. Information about levels of daily dietary intake of total and individual flavonols and flavones in several countries is presented. The questions about dietary habits and lifestyle factors and the contribution of certain foods to flavonols and flavones in daily dietary consumption values are also discussed.

Key words: flavonoids, flavonols, flavones, flavonol, flavone-glycosides, quercetin, kaempferol, myricetin, isorhamnetin, apigenin, luteolin, dietary sources, dietary intake levels

Среди биологически активных веществ пищи особое место занимают флавоноиды – наиболее многочисленная (более 8000 веществ) группа растительных полифенолов, являющихся природными вторичными метаболитами растений. Огромный интерес к флавоноидам в последние годы объясняется их антиоксидантной активностью, противовоспалительными, нейропротекторными, антиканцерогенными свойствами, а также способностью (как показано в ряде эпидемиологических исследований) снижать риск развития некоторых хронических заболеваний (сердечно-сосудистых, сахарного диабета типа 2 (СД 2), определенных видов рака и др.) и предполагаемым благоприятным действием на здоровье человека [3, 6, 11, 19, 26, 32, 44, 56, 58, 66, 74, 78, 81 и др.].

Флавоноиды, поступающие в организм с продуктами растительного происхождения, отличаются по физико-химическим характеристикам, биодоступности и биологическому действию. В связи с этим весьма важна информация об основных пищевых источниках флавоноидов, их природе и количественном содержании в различных, особенно широко употребляемых, пищевых продуктах. Это прежде всего необходимо для оценки уровней потребления флавоноидов населением при обычном режиме питания, что имеет важное значение для выяснения роли этих биологически

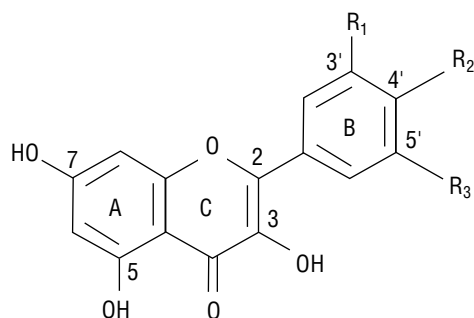
активных веществ в поддержании здоровья человека и установления адекватных уровней их потребления с пищей.

В настоящем обзоре рассмотрены данные литературы, касающиеся пищевых источников и уровней потребления флавоноидов 2 основных классов – флавонолов и флавонов.

Как известно, по структуре флавоноиды представляют собой полифенольные соединения С₆–С₃–С₆ ряда, которые характеризуются наличием в молекуле 2 бензольных колец (А и В), связанных между собой трехуглеродным мостиком, образующим оксигенированный гетероцикл (кольцо С). По степени окисленности гетероцикла флавонолы и флавоны принадлежат к наиболее окисленным формам флавоноидных соединений.

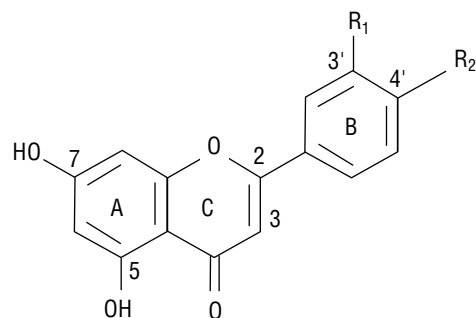
Структурным признаком флавонолов является наличие двойной связи между атомами С₂ и С₃, а также гидроксильной группы в положении С₃ (рис. 1). У флавонов, в отличие от флавонолов, ОН-группа у 3-го атома углерода отсутствует (рис. 2). Индивидуальные флавонолы и флавоны различаются по числу и расположению в молекуле различных заместителей (гидроксильных, метоксильных групп и др.) и, соответственно, по своим физико-химическим свойствам [1, 3, 10].

Основными, наиболее изученными флавонолами являются кверцетин, кемпферол, мирицетин



$R_1 = H; R_2 = OH; R_3 = H$ – Кемпферол
 $R_1 = OH; R_2 = OH; R_3 = H$ – Кверцетин
 $R_1 = OH; R_2 = OH; R_3 = OH$ – Мирицетин
 $R_1 = OCH_3; R_2 = OH; R_3 = H$ – Изорамнетин

Рис. 1. Структура основных флавонолов



$R_1 = H; R_2 = OH$ – Апигенин
 $R_1 = OH; R_2 = OH$ – Лютеолин

Рис. 2. Структура основных флавонов

и изорамнетин, структура которых показана на рис. 1. Из довольно распространенных агликонов флавонолов можно также отметить галангин, физетин, рамнетин, гербацетин, госсипетин, морин и др. Всего идентифицировано более 200 флавоноловых агликонов; это самый многочисленный класс флавоноидов.

Флавоны – менее обширная группа флавоноидов. Типичные их представители – апигенин и лютеолин (см. рис. 2). Хорошо известны и такие флавоны, как акацетин, байкалеин, вогонин, диосметин, скутелляреин, трицин, хризин, хризоэриол, различающиеся по степени гидроксирования и метилирования. Для флавонов, как и флавонолов, свойственно образование полиметоксилированных производных. Известны, например, флавоны, содержащие в молекуле по 5–6 метоксильных (OCH_3 -) групп (в частности синенсетин, тангеретин, нобилетин).

Флавонолы и флавоны в свободном виде (в форме агликонов) встречаются редко. Как и большинство других флавоноидов, они присутствуют в растениях в основном в виде гликозидов. Флавоноловые гликозиды являются преимущественно О-гликозидами, причем присоединение сахаров у флавонолов происходит наиболее часто в положении С3 центрального кольца. Однако замещение может происходить и в положениях С5, С7, реже – С4', С3' или С5'. Сахарные остатки могут быть представлены различными сахарами (глюкозой, галактозой, арабинозой, ксилозой, апиозой, глюкуроновой кислотой, неогесперидозой, робинобиозой и др.). Среди флавоноловых О-гликозидов широко представлены 3-моногогликозиды и 3,7-дигликозиды; из сахарных остатков наиболее распространены глюкоза и рамноза и их дисахарид – рутиноза. Примечательно, что глико-

зиды флавонолов могут подвергаться ацилированию алифатическими или фенольными (гидроксibenзойными либо гидроксикоричными) кислотами с образованием ацилгликозидов. Один из примеров – тилирозид: ацилированный п-кумаровой кислотой 3-О-гликозид кемпферола, выделенный из цветков липы.

Флавоны обычно О-гликозилируются в положении С7. Среди флавоновых О-гликозидов преобладают 7-О-гликозиды и 7-О-рутинозиды; реже встречаются 7-О-глюкурониды и 7-О-дигликозиды. Для флавонов, помимо О-гликозидов, характерно образование С-гликозидов (что является особенностью флавонов), где сахара присоединяются непосредственно к атому углерода в положениях С6 или С8, реже – С3' и С4' [1, 3]. Следует отметить, что присоединение сахара, как правило, приводит к повышению растворимости флавоноидов в воде, вследствие чего гликозиды лучше растворяются в клеточном соке, чем агликоны. При этом О-гликозиды, за небольшим исключением, сравнительно легко поддаются кислотному и ферментному гидролизу до агликонов и сахарных остатков. В то же время С-гликозиды обладают большей устойчивостью к кислотному гидролизу.

О многочисленности и разнообразии гликированных производных флавонолов и флавонов может свидетельствовать тот факт, что к 2003 г. было идентифицировано 1384 флавоноловых О-гликозида и 680 флавоновых О-гликозидов [77]. За последние годы установлена структура ряда новых О- и С-гликозидов флавонолов и флавонов [77]. Только для кемпферола в настоящее время известно более 200 гликозидов [24].

Некоторые, наиболее распространенные в растительном мире гликозиды флавонолов и флавонов перечислены в табл. 1. Самым извест-