

Для корреспонденции

Лашнева Нина Васильевна – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории энзимологии питания ГУ НИИ питания РАМН

Адрес: 109240, г. Москва, Устьинский пр., 2/14

Телефон: (495) 698-53-65

В.А. Тутельян, Н.В. Лашнева

Биологически активные вещества растительного происхождения. Фенольные кислоты: распространенность, пищевые источники, биодоступность

ГУ НИИ питания РАМН, Москва

В обзоре рассматриваются данные о распространенности и содержании фенольных кислот 2 классов (гидроксibenзойных и гидроксикоричных) в пищевых продуктах (ягодах, фруктах, овощах, специях, зерновых, чае, кофе и других напитках). Приведены сведения об их основных пищевых источниках. Обсуждаются вопросы биодоступности и метаболизма фенольных кислот и их производных.

Biological active substance of plant origin. Phenolic acids: occurrence, dietary sources bioavailability

V.A. Tutelyan, N.V. Lashneva

Data for phenolic acids of two classes (hydroxybenzoic and hydroxycinnamic acids) occurrence and content in foodstuffs (fruits, berries, vegetables, species, cereals, tee, coffee and other beverages) are reviewed. Data on their main dietary sources are shown. Bioavailability and metabolism of phenolic acids and their derivatives are discussed.

Среди множества растительных фенольных веществ в последние годы особый интерес вызывают фенольные кислоты (ФК) в связи с их выраженными антиоксидантными свойствами, способностью оказывать антибактериальное, противовоспалительное, хемопревентивное действие, а также установленным положительным влиянием на здоровье человека (снижение риска развития сердечно-сосудистых и ряда других заболеваний) [4, 10, 25, 37, 56, 93, 94, 97, 98]. Как и другие полифенолы, ФК, не являясь эссенциальными компонентами пищи, могут играть определенную роль в регуляции важнейших процессов жизнедеятельности.

Для выяснения влияния ФК на состояние здоровья населения и проведения соответствующих эпидемиологических исследований необходима информация (база данных) о содержании этих полифенолов в пищевых продуктах и уровне их потребления с пищей.

ФК представляют собой вторичные метаболиты растений, являющиеся одними из существенных компонентов рациона человека. На долю ФК и их производных приходится около $\frac{1}{3}$ всех полифенолов, поступающих с пищей [14, 83]. В зависимости от структуры они делятся на 2 основных класса: гидроксibenзойные (ГБК) и гидроксикоричные (ГКК) кислоты.

Гидроксibenзойные кислоты

ГБК являются производными бензойной кислоты с общей структурой C_6-C_1 . Вариации базовой структуры включают гидроксирование или метоксилирование ароматического кольца. По расположению карбоксильной и гидроксильной групп ГБК делятся на 2 основные группы (рисунок), одна из которых включает салициловую, о-пирокатеховую и гентизиновую кислоты, другая – р-гидроксibenзойную (р-ГБК), протокатеховую, галловую, ванилиновую и сиреневую кислоты.

ГБК довольно широко распространены в мире растений. Такие кислоты, как р-ГБК, протокатеховая и ванилиновая обнаружены практически у всех покрытосеменных растений. Часто встречаются также галловая и сиреневая кислоты, значительно реже – салициловая [3]. ГБК присутствуют в растениях в свободном виде и главным образом в связанной форме (в виде гликозидов и конъюгатов). Галловая кислота может конъюгироваться с образованием димеров, тримеров, тетрамеров. Димеры галловой кислоты встречаются как в свободном состоянии, так и в виде полимеров. Димером галловой кислоты является, например, эллаговая кислота – ЭК (дилактон гексагидроксидефеновой кислоты). Галловая кислота также образует сложные эфиры с сахарами (обычно D-глюкозой), продуктами ее полимеризации являются галло- и эллаготанины (растворимые танины). Р-ГБК, ванилиновая, сиреневая кислоты и являются компонентами фенольного полимера – лигнина [1–3, 99].

Содержание ГБК в пищевых продуктах и напитках

Многочисленными исследованиями установлено, что многие фрукты, ягоды, овощи, специи, напитки на основе пищевых растений, а также зерновые продукты содержат ФК, в том числе ГБК, и могут служить их источниками [12, 17–19, 22, 30, 34, 35, 56, 61–63, 66, 76, 78, 83–85, 88–91, 99, 101, 102]. В пищевых продуктах ГБК в основном содержатся в виде гликозидов. Из индивидуальных ГБК наиболее общими и изученными являются р-ГБК, протокатеховая, ванилиновая и галловая кислоты.

Согласно имеющимся данным, существуют большие различия в качественном составе (наборе) ГБК и их количественном содержании во фруктах, овощах, пряных и других растениях в зависимости от вида, сорта, места произрастания и других факторов. Отличия свойственны и разным частям растений (пульпа плодов, семена, кожура и т.д.). Для большинства съедобных растений, за исключением нескольких видов и семейств, характерно довольно низкое общее содержание ГБК. В то же время относительное содержание некоторых ГБК в ряде растений и продуктах из них (например, галловой кислоты в чае) достигает довольно значительных величин.

Сведения о содержании различных ГБК в пищевых продуктах и напитках, их биодоступности и метаболизме суммированы в обзоре [99]; некоторые приведенные в нем данные представлены в табл. 1.

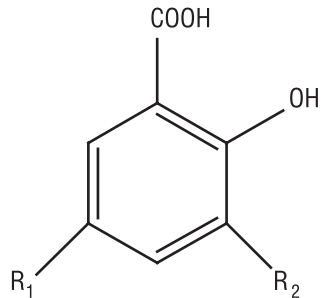
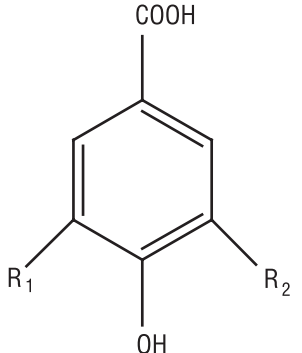
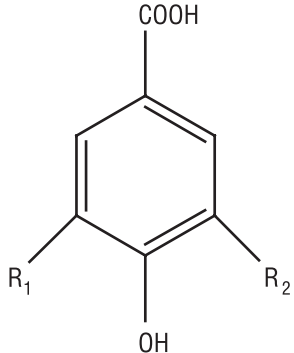
А I  II  Структура фенольных кислот А – Гидроксibenзойные кислоты (ГБК) I салициловая ($R_1=R_2=H$) о-пирокатеховая ($R_1=H, R_2=OH$) гентизиновая ($R_1=OH, R_2=H$) II р-гидроксibenзойная ($R_1=R_2=H$) протокатеховая ($R_1=H, R_2=OH$) галловая ($R_1=R_2=OH$) ванилиновая ($R_1=H, R_2=OCH_3$) сиреневая ($R_1=R_2=OCH_3$)	Б  Б – Гидроксикоричные кислоты (ГКК) р-кумаровая (р-гидроксикоричная) кислота ($R_1=R_2=H$) кофейная кислота ($R_1=H, R_2=OH$) феруловая кислота ($R_1=H, R_2=OCH_3$) синаповая кислота ($R_1=R_2=OCH_3$)
---	--

Таблица 1. Содержание индивидуальных ГБК в некоторых пищевых растениях и продуктах [99]

Кислота	Растение, продукт	Содержание
р-Гидроксibenзойная	Специи: плоды аниса обыкновенного укропа фенхеля тмина петрушки Ягоды: ежевика малина клубника (земляника) смородина черная – « – красная – « – белая	730–1080 мг/кг* 42–188 мг/кг* 30–106 мг/кг* 37– 42 мг/кг* 165 мг/кг* 6–16 мг/кг 15–27 мг/кг 10–36 мг/кг 0–6 мг/кг 10–23 мг/кг 5–19 мг/кг
Протокатеховая	Картофель, кожура – « –, мякоть корица Ягоды: ежевика малина смородина черная – « – красная Вина из черной смородины	100–400 мг/кг 50–200 мг/кг 23–27 мг/кг 68–189 мг/кг 25–37 мг/кг 10–52 мг/кг 3–8 мг/кг 10–16 мг/л
Галловая	Чай черный, лист – на сырой вес – « – черный, напиток – « – зеленый (японск., китайск.) – на сухой вес Вина французские – « – красные (белые), Калифорния Пиво немецкое Rauchbier Ягоды: ежевика малина клубника (земляника) смородина черная – « – белая	3,5 г/кг 24 мг/л 2,3–5,2 г/кг 31–38 мг/л 65–126 (16–46) мг/л 3,5 мг/л 8–67 мг/кг 19–38 мг/кг 11–44 мг/кг 30–62 мг/кг 3–38 мг/кг
Ванилиновая	Картофель, кожура – « –, мякоть ячмень хмель Пиво немецкое Rauchbier	20–200 мг/кг 5–40 мг/кг 6–17 мг/кг 59 мг/кг 12,7 мг/л
Сиреневая	Корица Ячмень Хмель	8 мг/кг 1–22 мг/кг 30 мг/кг
Салициловая	Абрикос, апельсин, голубика, финик, изюм, смородина, огурец, укроп, помидор, чай черный Корица Приправы (плоды аниса, порошок карри, паприка, чабрец, кумин и др.)	20–100 мг/кг 7 мг/кг 228–2180 мг/кг
Гентизиновая	Помидор, перец, огурец, киви, цитрусовые, виноград	до 0,04 мг/кг
Эллаговая	Малина, мякоть (семена) – на сырой вес Клубника (земляника) – на сырой вес (на сухой вес) Ежевика – на сухой вес Клюква, мякоть (кожица) – на сухой вес	9–10 (275) мг/кг 12–155 мг/кг (1,55 г/кг) 2,43 г/кг 0,31 г/кг (1,06 г/кг)

Примечание. * – р-ГБК в виде гликозида, содержание агликона р-ГБК составляет примерно 46% от массы гликозида.