

УДК 615.322:664

ПОТЕНЦИАЛ ФЛАВОНОИДОВ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**Е.В. Аверьянова, А.А. Вашурина***Бийский технологический институт (филиал) «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Бийск, Россия*

Современные технологии, применяемые при производстве отечественных продуктов питания, основаны на мировых трендах пищевой индустрии «в унисон с иммунитетом», «современная ностальгия», «подлинная аутентичность», которые предполагают использование в составе продукта исключительно натуральных ингредиентов. При этом существенной проблемой является непродолжительный срок хранения, который ограничен развитием микробиологических процессов и загрязнением посторонней микрофлорой, как следствие изменением качества продукта [1]. Интенсивность развития микробиологических и биохимических процессов в продуктах питания связана с их составом и свойствами. Технологические приемы лишь в незначительной степени способствуют увеличению срока хранения пищевых продуктов. Большую эффективность имеет использование консервирующих добавок, которые, как правило, синтетического происхождения. Эти ингредиенты улучшают внешний вид продукции, обеспечивают надлежащее санитарное состояние в течение установленного срока хранения, однако могут вызывать аллергические реакции и другие нежелательные эффекты [2].

Решением этой проблемы может стать поиск природных полифункциональных веществ, обеспечивающих длительное время хранения продукции, замедление автолитических и окислительных процессов, подавление развития посторонней микрофлоры в продукте при этом не оказывая негативного воздействия на организм человека. Наиболее перспективными для использования в пищевой промышленности натуральными консервантами являются вторичные метаболиты растительного сырья фенольного характера, так называемые флавоноиды [3, 4].

Возрастающий интерес к использованию флавоноидов в профилактическом и специализированном питании как таковых или в составе микроингредиентов и сырьевых полуфабрикатов подтверждается результатами многочисленных исследований российских и зарубежных ученых, доказывающих разностороннюю биологическую активность и безопасность их применения. Вместе с тем пероральная биодоступность подавляющего большинства флавоноидов является довольно низкой и убывает в ряду: изофлавоны < мономерные катехины < флаваноны < флавонолы < проантоцианидины < антоцианины. Что объясняется лабильностью флавоноидов в агрессивной среде желудочно-кишечного тракта и ограничивает их использование в нутрициологии и фармацевтике. В связи с этим, терапевтическая эффективность флавоноидов зависит не только от подтвержденной *in vitro* и *in vivo* биологической активности, но и от их стабильности в ЖКТ и эффективности всасывания. В этой связи целесообразно рассмотреть возможность использования флавоноидов в пищевой промышленности на примере существующих и перспективных составов продуктов питания.

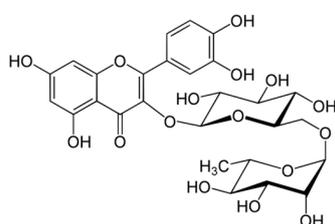
Для предупреждения процессов окисления и повышения биологической ценности продуктов питания в их состав вводят пищевые добавки антиоксидантного действия. Роль последних заключается в дезактивации катализаторов окисления, или в нейтрализации активных форм кислорода, что приводит к обрыву цепей окисления и образованию неактивных продуктов. К настоящему времени известен ряд синтетических антиоксидантов. Однако большое значение придается исследованиям антиокислительных свойств природных соединений, в том числе полифенольных, которые объединяют несколько групп соединений по наличию 1,3 – дифенилпропанового скелета С6-С3-С6: катехины, лейкоантоцианы, антоцианы, флавононы, флавоны, флавонолы, халконы [2, 5]. Структурное разнообразие флавоноидов – производных бензо-γ-пирона (хромона) – предполагает широкий спектр их биологической активности, наиболее изученной является антиоксидантная [6]. Антиоксидантная активность флавоноидов зависит от расположения функциональных групп в структуре ядра. Конфигурация, общее количество и положение гидроксильных групп в ароматическом кольце влияют, как на способность улавливать свободные радикалы, так и на механизм их связывания [7, 8]. Биологическая активность флавоноидов проявляется в подавлении перекисных процессов уже на начальной стадии. Они играют роль «ловушек» супероксид-радикала и перекиси водорода, являются «ловушками» вторичных активных форм кислорода: пероксинитрита, перекисей липидов и свободных радикалов, образующихся под воздействием на организм токсикантов. При этом синергетический эффект флавоноидов проявляется в их совместном действии с витаминами С и Е.

Наиболее распространенными источниками флавоноидов являются такие растения как зверобой (лат. *Hypericum*), ромашка (лат. *Matricaria*), череда (лат. *Bidens*), в перспективе рассматриваются софора (лат. *Styphnolobium*) каштан (лат. *Castanea*) и др. (таблица 1).

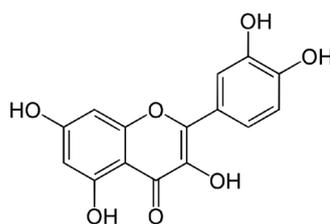
Анализ данных, приведенных в таблице 1, показывает, что наиболее часто в составе полифенольного комплекса растительного сырья встречаются флавоноиды: рутин, кверцетин и дигидрокверцетин, структуры которых представлены на рисунке 1.

Таблица 1 – Растительные источники флавоноидов, используемых в качестве микроингредиентов пищи

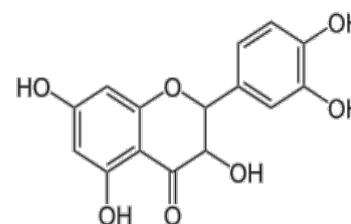
Наименование растения	Состав флавоноидов	Биологическая активность
Зверобой продырявленный (лат. <i>Hypericum</i>)	рутин (0,50–0,70 %), кверцитрин (0,40–0,50 %), изокверцитрин (1,20 %), гиперин (0,60–1,80 %) [9]	выраженное антимикробное действие на большинство микроорганизмы
Ромашка аптечная (лат. <i>Matricaria</i>)	аигенина (0,9 %), кверцетин (0,9 %), лютеолина (0,9 %) [10]	умеренное спазмолитическое действие
Черда трехраздельная (лат. <i>Bidens</i>)	рутин (не менее 0,5 %), другие флавоноиды: битеин, сульфуретин, сульфуреин, лютеолин, цинарозид и др. (от 1 до 3 %) [9]	желчегонное действие
Софора японская (лат. <i>Styphnolobium</i>)	рутин (не менее 16 %, в бутонах до 20 %), кемпферол, кверцетин [9]	предупреждают образование тромбов, способствуют сохранению эластичности и прочности кровеносных сосудов
Каштан посевной (лат. <i>Castanea</i>)	спиреозид, би- и триозиды кверцетина и кемпферола (не менее 1 %) [9]	повышают прочность сосудистых стенок, оказывают желчегонное действие
Лиственница сибирская (лат. <i>Lárix sibirica</i>)	дигидрокверцетин, нарингенин, изорамнетин	антиоксидантное действие, ангиопротекторное действие



Рутин



Кверцетин (агликон рутина)



Дигидрокверцетин

Рисунок 1 – Структурные формулы флавоноидов

Согласно данным аналитических исследований отдельные флавоноиды и их комплексы нашли применение в молочной, масложировой, мясной, хлебопекарной и других отраслях пищевой промышленности (рисунок 2).

Согласно проведенному аналитическому исследованию выявлено, что в промышленных масштабах получения пищевых продуктов нашли применение в основном два флавоноида – рутин и дигидрокверцетин. Это, по-видимому, связано с доступностью сырья и отработанной технологией их получения, в том числе в масштабах производства. Особенностью использования флавоноидов в пищевой промышленности является их доказанная эффективность с одной стороны в качестве пищевой добавки консервирующего действия, которая позволяет увеличить срок годности продукта за счет подавления развития микробиологических процессов [11], а с другой – в качестве микроингредиента для создания продуктов функционального назначения. Так, например, применение дигидрокверцетина, выделенного из комлевой части лиственницы сибирской, в мясной, рыбной и молочной продукции обусловлено тем, что он увеличивает срок хранения продуктов примерно в два с половиной раза и не влияет на органолептические и стоимостные характеристики конечной продукции [12].

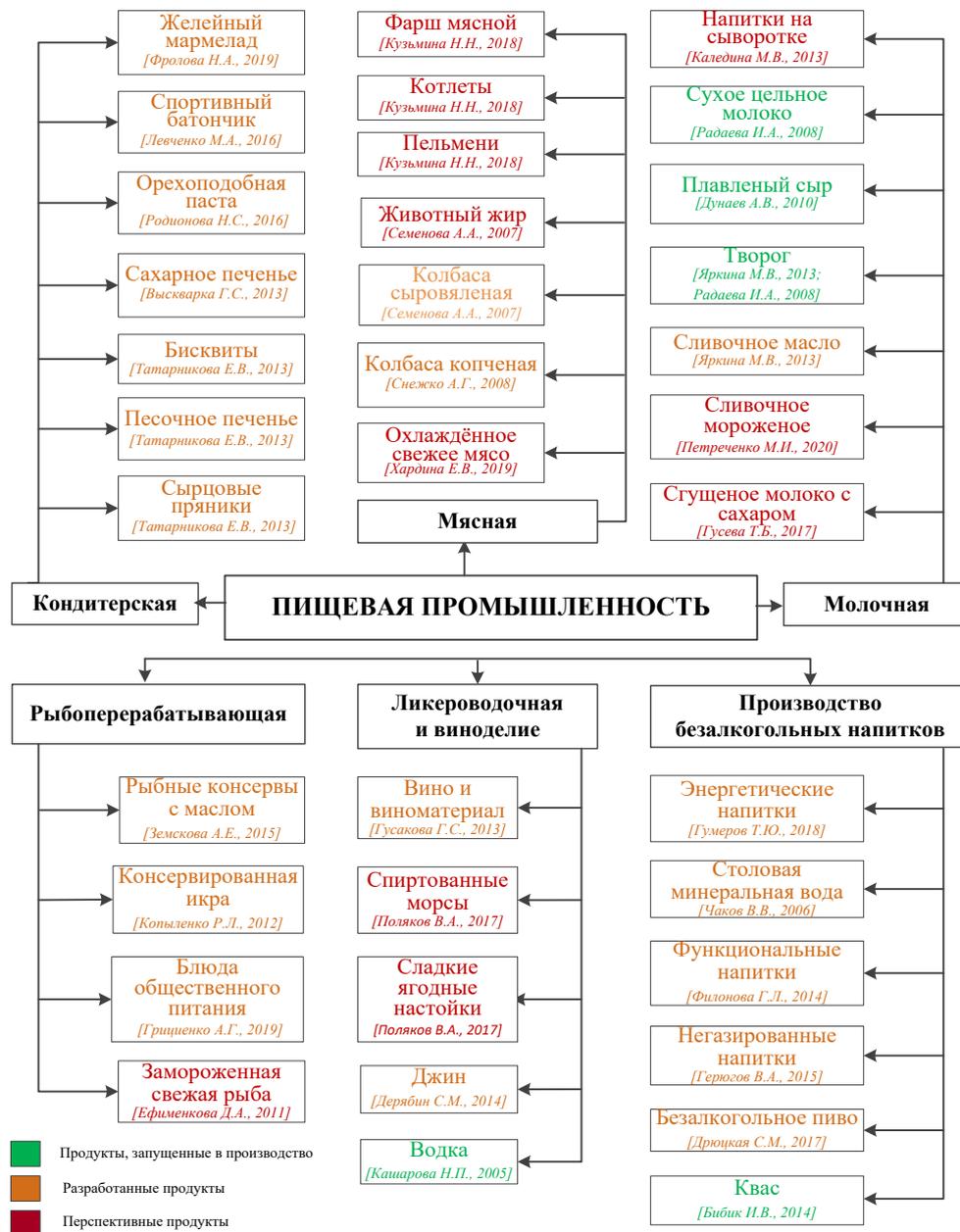


Рисунок 2 – Направления использования флавоноидов в пищевой промышленности

Флавоноиды нашли применение и в качестве добавки в корма животных. При их использовании на птицефабриках для кормления цыплят-бройлеров, на питание которых в современных условиях обращается особое внимание, внесение биологически активных веществ обогащает рацион и создает условия для замены части антибиотиков на природные фитобиотические ингредиенты, к числу которых относится дигидрокверцетин – составляющий компонент кормовой добавки Экостимул-2. Этот премикс не только улучшает переваримость основных питательных веществ в организме птицы, но и позволяет повысить качество продуктов питания, приготовленных из мяса кур [13].

Для животных жиров, которые содержатся и в молочных изделиях, характерно проявление со временем «салистого» вкуса за счет образования продуктов их окисления, из-за чего при употреблении таких продуктов в пищу могут возникать пищевые отравления вплоть до патологических состояний.

Поэтому в масложировой и молочной промышленности в качестве антиокислителя используются флавоноиды, которые предотвращают появление «салостого» вкуса и увеличивают срок годности пищевых продуктов. Исследования показали, что природные флавоноиды не проявляют аллергизирующих, эмбриотоксичных, иммунотоксичных и мутагенных свойств, оказывая противовоспалительное, гипополипидемическое, капилляроукрепляющее, гастропротекторное и радиопротекторное действие в составе продуктов питания [14].

Использование флавоноидов в хлебопекарной промышленности показано на примере экстракта зеленого чая. Установлено, что при потреблении 300 г. хлебобулочных изделий, которые обогащены экстрактом зеленого чая, на 31,6 % обеспечивается потребность человека в его активном компоненте. Однако рецептурный состав и способ выпечки влияют на сохранность флавоноидов. Наибольшее содержание флавоноидов отмечается у подовых изделий с большими корками, которые относятся к малому развесу [15].

В качестве защиты от окисления жиров выступают и естественные антиокислители, присутствующие в пищевом сырье, – токоферол, ретинол, аскорбиновая кислота, каротиноиды и некоторые аминокислоты. Однако их количество колеблется, а активность в процессе тепловой обработки, особенно при пастеризации и стерилизации, снижается, поэтому вводятся антиокислители. Известно, что к умеренным температурным (до 90 °С) и механическим воздействиям устойчивы агликаны флавоноидов. Так, например, образование активных радикалов в сливочном масле после внесения дигидрохверцетина замедляется и даже через 8 месяцев хранения количество перекисей в жировой фракции находится в допустимых пределах [14].

Активно используются флавоноиды и в других отраслях пищевой промышленности: ликероводочной и виноделии, кондитерской и в производстве безалкогольных напитков и др. [16–17].

Литература

Тренды в пищевой индустрии [Электронный ресурс] // Веб-сайт компании «AUSPICE» – URL: <https://auspice.ru/trendy-v-pishhevoj-industrii-2021/>.

Наумова, Н.Л. О пищевой ценности растительного сырья, используемого в производстве макаронных изделий / Н.Л. Наумова, Д.Г. Лигостаев // АПК России. – 2017. – № 24. – С. 154–159.

Касьянов, Д.Г. Получение флавоноидов для обогащения продуктов питания людей с малоподвижным образом жизни / Д.Г. Касьянов, В.С. Гринченко // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. – 2020. – С. 528–536.

Базарнова, Ю.Г. Исследование состава биологически активных веществ экстрактов дикорастущих растений / Ю.Г. Базарнова, О.Б. Иванченко // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85. – № 5. – С. 100–107.

Наумова, Н.Л. Современный взгляд на проблему исследования антиоксидантной активности пищевых продуктов / Н.Л. Наумова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2014. – Т. 2. № 1. – С. 5–8.

Куркин, В.А. Флавоноиды лекарственных растений: прогноз антиоксидантной активности / В.А. Куркин, В.В. Поройков, А.В. Куркина, Е.В. Авдеева, О.Е. Правдивцева // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2–2. – С. 517–517.

Эргашев, Н.А. Антирадикальная активность некоторых флавоноидов / Н.А. Эргашев, У.Г. Гайилов, Э.Д. Комилов и др. // Рецепторы и внутриклеточная сигнализация. – 2019. – С. 128–132.

Волков, В.А. Антиоксиданты растительного происхождения: содержание, структура, активность / В.А. Волков // Сборник трудов международной конференции молодых ученых «Окисление, окислительный стресс, антиоксиданты», 28–30 октября 2019 года, г. Москва. – Москва: Издательство: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2019. – С. 154–178.

Государственной фармакопеи СССР XI издания (ГФ XI). Выпуск 2 «Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье»

Тихонов, Б.Б. Комплексная экстракция гликанов и флавоноидов из растительного сырья / Б.Б. Тихонов, А.И. Сидоров, Э.М. Сульман // Вестник ТвГТУ. – 2011. – № 19. – С. 57–63.

Школьникова, М.Н. Исследование антибактериальной активности флавоноидов облепихового шрота / М.Н. Школьникова, Е.В. Аверьянова, Е.Д. Рожнов, Е.С. Баташов // Индустрия питания. – 2020. – Т. 5. – № 3. – С. 61–69.

Филиппов, С.В. Натуральные ингредиенты для производства функциональных продуктов / С.В. Филиппов, О.С. Козлова // Переработка молока. – 2010. – № 7. – С. 20–21.

Минченко, В.Н. Влияние биологически активных веществ на морфофункциональные показатели цыплят-бройлеров / В.Н. Минченко, П.П. Донских, Е.С. Бас // Агроконсультант. – 2017. – № 6. – С. 17–24.

Токаев, Э.С. Сравнительная характеристика антиоксидантной активности растительных экстрактов / Э.С. Токаев, Г.Г. Манукьян // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. – № 9. – С. 36–39.

Жамукова, Ж.М. Экстракт зеленого чая для теста из пшеничной муки / Ж.М. Жамукова, Л.И. Пучкова, Т.Г. Богатырева // Хлебопродукты. – 2006. – № 2. – С. 38–40.

Зорина, Н.В. Применение дигидрохверцетина в пищевой промышленности / Н.В. Зорина // Приоритетные научные направления: от теории к практике. – 2013. – № 8. – С. 162–165.

Бакулина, О.Н. Развитие пищевых технологий: использование растительных экстрактов / О.Н. Бакулина // Пищевая промышленность. – 2007. – № 5. – С. 32–33.