

УДК 66.061.34: 66.063.4

ГЛИКАНЫ И ФЛАВОНОИДЫ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ КАК ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПИЩЕВЫЕ ИНГРЕДИЕНТЫ*

Б.Б. Тихонов¹, А.И. Сидоров², Э.М. Сульман², Е.В. Ожимкова²

¹ООО «Научтест»

²Тверской государственной технической университет

Статья посвящена исследованию процессов экстракции гликанов и флавоноидов *Calendula officinalis*, *Matricaria chamomilla*, *Achillea millefolium* и возможности их использования для производства функциональных хлебобулочных изделий.

Ключевые слова: гликаны, флавоноиды, функциональные пищевые ингредиенты, функциональные продукты питания, экстракция, *Calendula officinalis*, *Matricaria chamomilla*, *Achillea millefolium*.

Введение. Растения являются одними из основных источников получения биологически активных веществ (БАВ) [9]. Среди БАВ растительного происхождения особое место занимают гликаны и флавоноиды, положительное влияние которых на организм человека доказано многочисленными исследованиями, что позволило отнести их к стартовым материалам для создания новых лекарственных средств и биологически активных добавок к пище [12].

Гликаны (полисахариды) – это полимерные углеводы, молекулы которых построены из моносахаридных остатков, соединенных гликозидными связями [4]. В составе полисахаридов обнаружено свыше 20 различных видов моносахаридов и их производных. При гидролизе гликанов образуются олигосахариды, являющиеся субстратом для полезной микрофлоры кишечника. Среди гликанов выделена группа неперевариваемых, так называемых, пребиотических полисахаридов, легко ферментирующихся кишечной микрофлорой. Они обладают иммуностимулирующими свойствами и способствуют росту полезной микрофлоры кишечника [13]. Пребиотики – это вещества, которые обладают одновременно двумя важными свойствами: не перевариваются и не всасываются в верхних отделах пищеварительного тракта и селективно ферментируются микрофлорой толстой кишки, вызывая активный рост полезных микроорганизмов [12]. Неперевариваемые гликаны содержатся в достаточно большом количестве в растениях (до 25%) и могут быть успешно выделены из растительного сырья водной экстракцией.

Флавоноиды – это обширная группа фенольных соединений

* Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ

растительного происхождения, имеющих общую дифенилпропановую структуру и обладающих капилляроукрепляющей (так называемой Р-витаминной активностью) [6]. Флавоноиды входят в состав всех растений, и более 4000 из этих веществ были идентифицированы [11]. Они являются достаточно сильными природными антиоксидантами, предотвращающими порчу фруктов и овощей [10]. В природных источниках флавоноиды встречаются чаще всего в виде гликозидов, являясь так же, как и гликаны, источником олигосахаридов, вследствие чего также относятся к пребиотикам [15]. Кроме того, флавоноиды оказывают ингибирующее действие на рост патогенной микрофлоры на всем протяжении желудочно-кишечного тракта человека. Для извлечения флавоноидов из растительного сырья используется длительная мацерация в растворе этанола с последующим выпариванием [3].

Благодаря своим пребиотическим свойствам гликаны и флавоноиды являются перспективными пищевыми ингредиентами для создания функциональных хлебобулочных изделий. Функциональные продукты питания – такие продукты питания, которые предназначены для систематического употребления в составе пищевых рационов всеми возрастными группами здорового населения с целью снижения риска развития заболеваний, связанных с питанием, сохранения и улучшения здоровья за счет наличия в их составе физиологически функциональных пищевых ингредиентов [2]. Хлебобулочные изделия в нашей стране имеют особое значение, так как входят в ежедневный пищевой рацион подавляющего большинства потребителей. Однако нутриентный состав хлебобулочных изделий, особенно выпекаемых с использованием муки высшего качества, требует коррекции из-за недостаточного содержания пищевых веществ, часть которых удаляется из муки в процессе помола. Подобными компонентами являются в том числе и пребиотические олиго- и полисахариды.

В данном исследовании в качестве источников гликанов и флавоноидов использовались лекарственные растения: календула лекарственная, ромашка аптечная, тысячелистник обыкновенный/

Календула лекарственная (*Calendula officinalis* L.) – однолетнее растение семейства *Asteraceae*. Она широко используется как декоративная и лекарственная культура [7]. Цветочные корзинки содержат флавоноиды (до 3,5%, в частности, 3-О-гликозиды изорамнетина и кверцетина, астрагалин, гиперозид, изокверцитрин и рутин), полисахариды, тритерпеновые сапонины, эфирные масла, сесквитерпены, каротиноиды, дубильные вещества, витамин С [14]. Календула применяется в качестве противовоспалительного, ранозаживляющего, успокаивающего, антисептического, желчегонного, спазмолитического, противовирусного средства [17].

Ромашка аптечная (*Matricaria chamomilla* L.) – однолетнее

растение семейства *Asteraceae* [7]. В ее цветочных корзинках содержатся эфирное масло, флавоноиды (до 8% сухого веса, в том числе производные апигенина, лютеолина и кверцетина), полисахариды, органические и жирные кислоты, никотиновая кислота, β -каротин, витамин С, кумарины, тритерпеновые спирты [8]. Средства из ромашки аптечной оказывают противовоспалительное, противовирусное, обезболивающее, спазмолитическое, противогипоксическое, противоаллергическое, желчегонное, кардиотоническое, успокоительное действие [16].

Тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.) – многолетнее травянистое растение семейства *Asteraceae* [7]. Содержит полисахариды, обладающие иммуностимулирующими свойствами (до 4,6%), флавоноиды (до 3% в основном – лютеолин, лютеолин-7-глюкопиранозид, апигенин-7-глюкопиранозид (космосиин), а также рутин, 5-гидрокси-3,6,7,4-тетраметоксифлавоон, артемизинин, кастицин, гликозиды кверцетина, кемпферола, изорамнетина), эфирные масла, кумарины, дубильные вещества, танины, органические кислоты, витамины С, К, β -каротин [5]. Препараты тысячелистника оказывают кровоостанавливающее, противомикробное, противовоспалительное, болеутоляющее, умеренное успокаивающее, мочегонное, спазмолитическое, сосудорасширяющее действие [18].

Цель работы – последовательная экстракция гликанов и флавоноидов из растительного сырья – цветков календулы лекарственной, цветков ромашки аптечной, травы тысячелистника обыкновенного, определение содержания гликанов и флавоноидов в полученных составах и их использование для получения хлебобулочных изделий функционального назначения.

Материал и методика. В процессе работы использовались следующие реактивы и материалы: цветки календулы лекарственной (*Calendula officinalis*), цветки ромашки аптечной (*Matricaria chamomilla*), трава тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium*) – ОАО «Тверская фармацевтическая фабрика»; $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ (Реахим); ледяная уксусная кислота (Мосреактив); рутин (Sigma), спирт этиловый ректифицированный (40% и 70%, ООО «Химмедсервис»); вода дистиллированная; HCl (конц., ООО «Химмедсервис»); мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта (ОАО «Мелькомбинат», г.Тверь); дрожжи хлебопекарные (ЗАО РПК-2); соль поваренная (ОАО «Мозырьсоль»); сахар-песок (ОАО «Городейский сахарный комбинат»)

Для экстракции полисахаридов растительное сырье предварительно высушивалось на воздухе при комнатной температуре в течение суток. Экстракцию проводили в воде в течение 6 часов при соотношении растительное сырье: вода 1:20 (вес). Содержание гликанов в экстрактах определяли антроновым методом [4]. Кроме того, для наблюдения за ходом процесса экстракции определяли сухой остаток и

кинематическую вязкость экстракта.

Экстракцию флавоноидов проводили в 40% и 70% этиловом спирте, сочетая при этом способ мацерации в течение 24 часов с нагреванием до температуры 85–90°C на водяной бане. Содержание суммы флавоноидов в экстракте в пересчете на рутин (Ф, %) определяли по оптической плотности стандартного раствора рутина при взаимодействии с $AlCl_3$:

$$\Phi = \frac{D \cdot m_0 \cdot 25}{D_0 \cdot 3}$$

где D – оптическая плотность раствора 2, D_0 – оптическая плотность стандартного раствора рутина, m_0 – навеска рутина в г.

При получении хлебобулочных изделий функционального назначения выделенные экстракты гликанов и флавоноидов из каждого растительного источника были смешаны в объемном соотношении 1:1. В результате получено 3 комплексных экстракта – гликаносодержащие составы *M. chamomilla*, *Calendula officinalis* и *A. millefolium*. Данные составы были использованы для получения хлебобулочных изделий 3 видов. Для этого в лабораторной хлебопечке полного цикла были смешаны 100 г муки, 3 г дрожжей, 0,75 г соли, 15 г сахара, 10 мл гликаносодержащего состава и проводилась выпечка в соответствии с программой.

Результаты и обсуждение

Экстракция гликанов. Как показали эксперименты, кинематическая вязкость и сухой остаток экстрактов увеличиваются в процессе экстракции только до определенного времени (около 1 часа), а далее остаются практически постоянными. Это свидетельствует о том, что наибольшая доля гликанов извлекается в первый час экстракции. В табл. 1 представлено содержание гликанов в полученных экстрактах. Наиболее высокий выход гликанов был получен из *Matricaria chamomilla*, наименьший – из *Calendula officinalis*.

Таблица 1

Содержание гликанов в исследуемом растительном сырье

Растительное сырье	Содержание гликанов в экстракте, мг/мл
<i>Calendula officinalis</i>	0,25
<i>Matricaria chamomilla</i>	0,34
<i>Achillea millefolium</i>	0,28

Экстракция флавоноидов. Содержание флавоноидов в полученных спиртовых экстрактах, определенное по стандартному раствору рутина, приведено в табл. 2.

Содержание флавоноидов в исследуемых экстрактах

Растительное сырье	Экстрагент	Ф, % от массы исходного сырья
<i>Calendula officinalis</i>	Этанол (40%)	1,10
	Этанол (70%)	2,02
<i>Matricaria chamomilla</i>	Этанол (40%)	1,10
	Этанол (70%)	2,76
<i>Achillea millefolium</i>	Этанол (40%)	1,28
	Этанол (70%)	1,28

Таким образом, наибольшее количество флавоноидов было экстрагировано из ромашки аптечной. Также по результатам экспериментов очевидно, что использование 70% этанола в качестве экстрагента обеспечивает значительно более высокий выход флавоноидов по сравнению с 40%.

Получение хлебобулочных изделий. На рисунке представлены хлебобулочные изделия, полученные с использованием гликанов и флавоноидов из растительного сырья. Были определены показатели качества хлебобулочных изделий, которые представлены в табл. 3.



Р и с у н о к . Примеры полученных на основе гликаносодержащих составов хлебобулочных изделий

Таблица 3

Показатели качества полученных хлебобулочных изделий с добавлением гликанов и флавоноидов, полученных из разных растений

Показатели	Календула	Ромашка	Тысячелистник
Вкус	свойственный данному виду изделия	свойственный данному виду изделия	свойственный данному виду изделия
Запах	свойственный данному виду изделия	свойственный данному виду изделия	свойственный данному виду изделия
Состояние мякиша	пропеченный, без следов непромеса	пропеченный, без следов непромеса	пропеченный, без следов непромеса
Внешний вид	соответствующая форма с выпуклой верхней коркой	соответствующая форма с выпуклой верхней коркой	соответствующая форма с выпуклой верхней коркой
Цвет	светло-коричневый	светло-коричневый	светло-коричневый
Влажность, %	42,4	41,8	39,1
Кислотность, град.	2,1	2,8	2,7
Содержание жира, %	5,8	4,5	4,8

Было выявлено, что данные показатели полностью соответствуют требованиям ГОСТ 25832-89 [1], что свидетельствует о том, что изменение рецептуры хлебобулочных изделий не повлияло отрицательным образом на качество продукта.

Заключение. Осуществлена последовательная водно-спиртовая экстракция гликанов и флавоноидов из цветков *Calendula officinalis*, *Matricaria chamomilla* и травы *Achillea millefolium*. Определено количественное содержание этих компонентов в экстрактах. Наибольшее количество гликанов и флавоноидов выявлено в экстрактах *Matricaria chamomilla*. Выделенные экстракты, содержащие гликаны и флавоноиды были использованы в качестве добавки при изготовлении хлебобулочных изделий. Показатели качества полученных изделий полностью соответствуют требованиям ГОСТ 25832-89. Целесообразно внедрение предлагаемой технологии в практику изготовления хлебобулочных изделий.

Список литературы

1. ГОСТ 25832-89. Изделия хлебобулочные диетические. Технические условия. М.: Госстандарт СССР, 1989. 14 с.
2. ГОСТ Р 52349-2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые

- функциональные. Термины и определения. М.: Госстандарт РФ, 2005. 9 с.
3. Государственная фармакопея Российской Федерации. 12-е издание. М.: Минздравсоцразвития РФ, 2008. 480 с.
 4. Кочетков Н.К., Бочков А.Ф., Дмитриев Б.А. Химия углеводов. М.: Химия, 1967. 674 с.
 5. Куцук Р.В., Зузук Б.М. Тысячелистник обыкновенный. *Achillea millefolium* L. (Аналитический обзор) // Провизор. 2002. № 14. С. 34–38.
 6. Лобанова А.А., Будаева В.В., Сакович Г.В. Исследование биологически активных флавоноидов в экстрактах из растительного сырья // Химия растительного сырья. 2004. № 1. С. 47–52.
 7. Муравьева Д.А., Самылина И.А., Яковлев Г.П. Фармакогнозия. М.: Медицина, 2002. 656 с.
 8. Турова А.Д., Сапожникова Е.Н. Лекарственные растения СССР и их применение. М.: Медицина, 1982. 600 с.
 9. Ушанова В.М., Воронин В.М., Репях С.М. Исследование влияния компонентов лекарственного растительного сырья на состав получаемых экстрактов // Химия растительного сырья. 2001. № 3. С. 105–110.
 10. Kinsella J.E., Frankel E., German B., Kanner J. Possible mechanisms for the protective role of antioxidants in wine and plant foods // Food Technol. 1993. Vol. 47. P. 85–89.
 11. Manach C., Scalbert A., Morand C., Remesy C., Jimenez L. Polyphenols: food sources and bioavailability // Am. J. Clin. Nutr. 2004. Vol. 79. P. 727–747.
 12. Roberfroid M., Gibson G.R., Hoyles L., McCartney A.L., Rastall R., Rowland I., Wolvers D., Watzl B., Szajewska H., Stahl B., Guarner F., Respondek F., Whelan K., Coxam V., Davicco M.J., Leotoing L., Wittrant Y., Delzenne N.M., Cani P.D., Neyrinck A.M., Meheust A. Prebiotic effects: metabolic and health benefits // Brit. J. Nutr. 2010. Vol. 104. Suppl. № 2. P. 1–63.
 13. Sarkar S. Potential of prebiotics as functional foods – a review // Nutrition et Food Science. 2007. Vol. 37, № 3. P. 168–177.
 14. Varljen J., Liptak A., Wagner H. Structural analysis of a rhamnoarabinogalactan and arabinogalactans with immunostimulating activity from *Calendula officinalis* // Phytochemistry. 1989. Vol. 28. P. 2379–2383.
 15. Vinson J. A., Hao Y., Su X., Zubik L. Phenol antioxidant quantity and quality in foods // J. Agric. Food Chem. 1998. Vol. 46, № 9. P. 3630–3634.
 16. WHO monographs on selected medicinal plants. Vol. 1. WHO, 1999. 295 p.
 17. WHO monographs on selected medicinal plants. Vol. 2. WHO, 2004.

- 358 p.
18. WHO monographs on selected medicinal plants. Vol. 4. WHO, 2009.
456 p.

GLYCANS AND FLAVONOIDS FROM RAW MATERIALS AS FUNCTIONAL FOOD COMPONENTS

B.B. Tikhonov¹, A.I. Sidorov², E.M. Sulman², E.V. Ozhimkova²

¹Naughtest

²Tver State Technical University

Present article is devoted to research into processes of extraction of glycans and flavonoids from *Calendula officinalis*, *Matricaria chamomilla* and *Achillea millefolium* and possibilities of their use for production of functional bread.

Keywords: *glycans, flavonoids, functional food components, functional food, extraction, Calendula officinalis, Matricaria chamomilla, Achillea millefolium.*

Об авторах:

ТИХОНОВ Борис Борисович—кандидат химических наук, директор ООО «Научтрест», 170026, Тверь, ул. Коноплянниковой, д. 21, оф. 27, e-mail: tiboris@yandex.ru

СИДОРОВ Александр Иванович—кандидат химических наук, п. доцент кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет», 170026, Тверь, наб. А. Никитина, д. 22, e-mail: sulman@online.tver.ru

СУЛЬМАН Эсфирь Михайловна—доктор химических наук, заведующая кафедрой биотехнологии и химии, профессор, ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет», 170026, Тверь, наб. А. Никитина, д. 22, e-mail: sulman@online.tver.ru

ОЖИМКОВА Елена Владимировна—кандидат химических наук, доцент кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет», 170026, Тверь, наб. А. Никитина, д. 22, e-mail: sulman@online.tver.ru