

також масова частка вологи у відповідній сировині. Характер втрат за цими факторами пов'язаний як з окислювальною деструкцією, так і з ізомеризацією. Більш наочно обидва вищезазначені механізми можна прослідкувати на прикладах визначених втрат  $\beta$ -каротину в абрикосах та лікопіну у томатах. У кислому середовищі, як вже відзначалося, більш інтенсивно відбуваються зміни стійкості подвійних зв'язків у молекулі каротину, що призводить до зменшення довжини хвилі максимуму поглинання та прояснення забарвлення (епоксидна ізомеризація), а також до зміни співвідношення цис- та транс-ізомерів каротину. Такий механізм при механічному або тепловому впливі супроводжується не тільки загальними втратами каротину і лікопіну, але й зниженням А-вітамінної активності продукту.

Результати досліджень мають практичне значення для проектування моделей рецептур функціональних продуктів та технологій їхнього виготовлення: переважаючими напрямками руйнування каротиноїдів є неферментативні окислювальні перетворення та неокислювальні зміни, пов'язані з ізомеризацією.

#### Висновки

За результатами досліджень визначено найбільш вагомі джерела впливу на втрати показників якості рослинної сировини та напрямки перетворень основних її компонентів:

- окислювальне потемніння, пов'язане з активністю фенолхінонової та аскорбатредуктазної ферментних систем та з активізацією окислювально-відновлювальних реакцій;
- термічна деградація вуглеводів, фенолів, органічних кислот, аскорбінової кислоти з розривом  $C-C$  та  $C-H$  зв'язків із утворенням фурфуролу, оксиметилфурфуролу;
- часткове руйнування структури білка зі втратою основних амінокислот, яке пов'язане із взаємодією редукувальних цукрів з амінокислотами за реакцією Майяра, яка спричиняється на етапі ферментативного окислення вуглеводів та під впливом термічної дії;
- перетворення (ізомеризація і окислення) каротиноїдів.

Вивченню факторів, які впливають на інтенсивність хімічних реакцій та, відповідно, на втрати лабільних біоактивних речовин – вологість, активність води, активна кислотність, наявність кисню, температура, тривалість перебування об'єкту в певній фазі, необхідно приділити особливу увагу через те, що вони найбільш повно відображають загальні характеристики уніфікованого технологічного процесу перероблення рослинної сировини.

#### Література

1. Метлицкий, Л.В. Биохимия плодов и овощей. [Текст] / Л.В. Метлицкий. – М.: Экономика, 1970. – 271 с.
2. Скорикова, Ю.Г. Полифенолы плодов и ягод и формирование цвета продуктов [Текст] / Ю.Г. Скорикова. – М.: Пищевая про-сть, 1973. – 232 с.
3. Марх, А.Т. Биохимия консервированных плодов и овощей [Текст] / А.Т. Марх. – М.: Пищевая про-сть, 1973. – 370 с.
4. Метлицкий, Л.В. Основы биохимии плодов и овощей [Текст] / Л.В. Метлицкий. – М.: Экономика, 1976. – 349 с.
5. Букин, В.Н. Биохимия витаминов. Избранные труды [Текст] / В.Н. Букин. – М.: Наука, 1982. – 320 с.

УДК 663.8

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН ПЛОДООВОЩНОГО СЫРЬЯ

Лилишенцева А. Н., канд. техн. наук, доцент

УО «Белорусский государственный экономический университет», г. Минск

Комарова Н.В.

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию», г. Минск

*Было проведено изучение функциональных свойств пищевых волокон из выжимок плодоовощного сырья, в целях использования их как потенциальных источников волокон для обогащения пищи. Исследован компонентный состав волокон, соотношение растворимых и нерастворимых пищевых волокон.*

*We studied the functional properties of dietary fiber from fruit and vegetable raw bagasse, in order to use them as potential sources of fibers for food fortification. Investigated the component composition of the fibers, the ratio of soluble and insoluble dietary fibers.*

Ключевые слова: пищевые волокна, выжимки плодоовощного сырья, функциональные свойства пищевых волокон.

Пищевые волокна играют важную роль в здоровье человека. Диеты с высоким потреблением диетических волокон используются для предупреждения и лечения различных болезней, таких как коронарная болезнь сердца. Физиологический эффект связан с физико-химическими и функциональными свойствами диетического волокна. Широко известно, что диетическое волокно, полученное различными способами и из различных источников, ведет себя по-разному, проходя через пищеварительные пути, в зависимости от их химического состава, физико-химических характеристик и процессов, которым подверглась пища [1].

В технологиях пищевых производств пищевые волокна используются в составе натурального сырья растительного происхождения либо в виде чистых препаратов растительного или микробного происхождения.

Волокна часто разделяют на растворимые диетические волокна и нерастворимые диетические волокна [2]. Разделение является неточным, однако соотношение растворимых и нерастворимых волокон является важным как для диетических, так и для функциональных свойств. В целом принято, что источники волокна, используемые в качестве обогащаемого ингредиента в продуктах питания, должны иметь соотношение растворимых и нерастворимых волокон отношение близкое к 1:2 [3]. Волокно, полученное из фруктов и овощей, имеет сравнительно высокое количество растворимых диетических волокон, в то время как волокна хлебных злаков содержат больше нерастворимой целлюлозы и гемицеллюлозы. Волокна растений обладают такими функциональными свойствами, как влагоудерживающая способность, набухающая способность, вязкость или гелевая структура, раздражительные и связывающие свойства, и возможность обмена катионами, изучение которых необходимо для понимания физиологического эффекта диетического волокна. Эти свойства связаны с пористой матрицей структуры, сформированной цепями полисахаридов, которые могут удерживать большие количества воды с помощью водородных связей.

В настоящее время существует большое количество сырья, в том числе и отходы основных пищевых производств – выжимки, из которых получают диетический волоконный порошок. Основными характеристиками промышленных волоконных продуктов являются: общее содержание диетического волокна – более 50 %, влажность – менее 9 %, низкое содержание липидов, малая энергетическая ценность, нейтральный вкус и запах.

Химическое строение отдельных волокон может существенно различаться в зависимости от некоторых структурных особенностей, к которым относят: состав и структура мономерных фрагментов, образующих молекулу биополимера (пентозы, гексозы, уроновые кислоты, фенолы и ароматические спирты), степень разветвленности молекул (линейные или разветвленные), число и вид функциональных групп (первичные и вторичные гидроксильные, карбоксильные, фенольные); тип внутри- и межмолекулярных связей ( $\alpha$ - и  $\beta$ -гликозидные, эфирные, водородные и др.); степень полимеризации и молекулярная масса (от десятков единиц до сотен тысяч); плотность упаковки биополимеров (фибриллы, аморфные разветвленные биополимеры).

Знание химического состава пищевых волокон, в частности, содержание в них моносахаридов, не дает по существу, объяснения их физиологической эффективности. Прогресс в установлении специфики действия различных пищевых волокон в желудочно-кишечном тракте был преимущественно достигнут благодаря выяснению их физических характеристик [4].

*Водосвязывающая способность.* Эта характеристика пищевых волокон обусловлена их свойством задерживать воду в своем матриксе.

*Вязкость.* Некоторые виды пищевых волокон могут образовывать гели с высокой вязкостью. К ним относятся пектины, различные камеди,  $\beta$ -глюканы и полисахариды морских водорослей, такие как агар и карагинан.

*Чувствительность к гидролизу.* Пищевые волокна наряду с устойчивостью к действию пищеварительных ферментов желудка, поджелудочной железы, тонкого кишечника в определенной степени ферментируются микрофлорой толстого кишечника. На глубину и скорость ферментализации существенное влияние оказывают тип пищевых волокон, их физическая форма и структура (размер и структура частиц, находятся ли пищевые волокна в составе продукта питания или применяются в отдельном виде), а также характер микрофлоры кишечника.

*Ингибирование пищеварительных ферментов.* Данные исследований *in vitro* свидетельствуют, что различные виды пищевых волокон могут ингибировать активность панкреатических ферментов, гидролизующих белки, жиры, углеводы. Механизм этого ингибирования еще недостаточно изучен, но обнару-

жено, что в некоторых неочищенных пищевых волокнах, например в пшеничных отрубях и зародышах, содержатся специфические ингибиторы ферментов, в частности ингибитор панкреатической липазы.

*Связывание желчных кислот.* Было установлено, что пищевые волокна отличаются по эффективности связывания желчных кислот *in vitro* и *in vivo*. Так, целлюлоза характеризуется крайне незначительной степенью связывания по сравнению с пшеничными отрубями и люцерной. Несколько выше степень связывания у гуаровой камеди, а наиболее высокая у лигнина.

*Катионообменные свойства.* В исследованиях *in vivo* показано, что многие виды пищевых волокон проявляют катионообменные свойства, свидетельствующие об их возможности связывать минеральные вещества в желудочно-кишечном тракте.

Функциональные свойства растительного волокна зависят от соотношения нерастворимых и растворимых волокон, размера частиц, условий получения и вида сырья. Исследования компонентного состава плодоовощных выжимок показали, что содержание пищевых волокон составляет 44,2...89,2 г/100 г (на сухое вещество) с высокой долей нерастворимой фракции волокон. Содержание белка составляет 3.1...8,5 г/100 г сухого вещества, липидов 0,9...4,5 г/100 г сухого вещества. Энергетическая ценность довольно низкая 50–175 ккал/100 г или 213–901 кДж/100 г).

Измельчение сухих выжимок из фруктов и овощей до идеального порошка может неблагоприятно сказаться как на водоудерживающей способности, так и на возможности его набухания; данный эффект наблюдается не только при уменьшении размера частиц, но и при изменении волоконной структурной матрицы [5].

Изучение функциональных свойств пищевых волокон необходимо для разработки новых видов пищевых продуктов на плодоовощной основе специализированного назначения. При добавлении в продукт волокно должно восприниматься как естественный компонент создаваемого диетического продукта. При этом диетическое волокно должно соответствовать, кроме всего прочего, следующим требованиям: не содержать посторонних питательных компонентов, быть максимально концентрированным, быть мягким на вкус, цвет и аромат, иметь необходимый срок годности, выдерживать технологическую обработку базового продукта, иметь сбалансированный состав биоактивных компонентов, иметь хорошо выраженный физиологический эффект, быть совместимым с продуктами питания. Обогащение волокнами не только влияет на качество еды, изменяя её физиологические свойства, но также существенно влияет на сенсорные свойства продукта. При добавлении в продукты питания растительные волокна влияют на водоудерживание и вязкость продукта.

Гигроскопические свойства диетических волокон определяются способностью удерживать воду внутри своей матрицы. Волокна с сильными гигроскопическими свойствами могут увеличивать вес «стула» и потенциально уменьшать коэффициент всасывания нутриентов из кишечника. Также они могут увеличить вязкость потребляемой пищи.

Пищевые волокна состоят из различных некрахмальных полисахаридов, которые включают в себя целлюлозу, гемицеллюлозу, пектин,  $\beta$ -глюканы, гумми, лигнин [6]. Диетические волокна в основном состоят из остатков растительных клеток, паренхимные ткани являются основным источником овощного волокна. Клеточные оболочки фруктов, овощей, пульпы и хлебных злаков составляют большую часть диетического волокна.

Диетические волокна злаков используются чаще фруктовых, однако, фруктовые волокна имеют лучшее качество из-за более высокого содержания общих и растворимых волокон, водо- и жиродерживающей способности и высокой ферментируемости в кишечнике, а также низкого содержания фитиновой кислоты и энергетической ценности. Следовательно, технологии переработки фруктового сырья должны включать процессы получения фруктовых волокон, что минимизирует потери биоактивных компонентов, которые могут оказывать большее влияние, нежели само диетическое волокно. Концентраты диетических волокон могут быть использованы в различных областях пищевой промышленности. Выжимки, содержащие 15 % растворимых диетических волокон способны связывать удерживать количество воды, в несколько раз превышающее их собственную массу [7].

Доказано, что использование волоконных концентратов в виде порошков с размерами частицы от 460 до 600 мкм обеспечивает высокую степень задержки воды и способность к жиропоглощению. Волоконные концентраты с содержанием более 60 % (на абсолютно сухое вещество) общих диетических волокон являются богатыми источниками диетического волокна [8].

Сегодня, благодаря развитию объективных аналитических методов контроля качества и безопасности пищевых продуктов, появилась реальная возможность оценить наличие, пищевую и энергетическую ценность, биодоступность и функциональные свойства важнейших ингредиентов питания.

Для определения содержания пищевых волокон использовался ферментативно-гравиметрический метод, применяемый в ряде европейских стран и США и имеющего статус официального метода Ассоциации американских химиков-аналитиков (AOAC) [9]. Аналогично процессам пищеварения в организме

человека метод АОАС базируется на биохимическом расщеплении *in vitro* крахмала и протеина с последующим анализом негидролизированных частей пробы.

Для определения пищевых волокон в продуктах питания используют как отдельные реактивы, так и готовые наборы реактивов, например набор «Bioquant» фирмы MERCK, содержащий все необходимые ферменты с точно установленными активностями (растворы  $\alpha$ -амилазы 60 U/дм<sup>3</sup>, протеазы 7-15 U/мг и амилоглюкозидазы 1200-300 U/см<sup>3</sup>). Обезжиренные и измельченные пробы обрабатывают последовательно растворами ферментов для деструкции основных ингредиентов с последующим определением содержания волокон с учетом белка и золы [10].

К преимуществам ферментативно-гравиметрического метода определения пищевых волокон в продуктах питания следует отнести высокую точность и достоверность результатов, а также простоту пробоподготовки и быстрое проведение анализа. Использование ферментативно-гравиметрического метода АОАС в отечественной практике позволит улучшить контроль потребительских свойств широкого ассортимента продуктов, содержащих пищевые волокна. Данная методика, несомненно, дополнит и усовершенствует комплекс аналитических методов, используемых в системах контроля качества продукции, при сертификации, а также при разработке рецептур и технологий новых продуктов питания на современных пищевых предприятиях.

В таблице приводятся данные по содержанию общего диетического волокна, нерастворимого диетического волокна, растворимого диетического волокна в выжимках фруктов и овощей и отношение между ними.

**Таблица – Состав пищевых волокон фруктовых и овощных выжимок**

Источник волокна	Нерастворимые волокна, г/100 г сухого вещества	Водорастворимые волокна, г/100 г сухого вещества	Общее кол-во волокон, г/100 г сухого вещества	Соотношение нерастворимых и растворимых волокон
Яблоки	80,5±0,25	8,2±0,15	88,7±0,27	9,9:1
Апельсины	55,0±0,22	10,5±0,30	65,5±0,25	5,5:1
Лимоны	50,6±0,20	9,2±0,22	59,8±0,23	4,9:1
Грейпфрут	56,0±0,18	4,5±0,35	62,6±0,3	12,7:1
Тыква	88,2±0,20	6,5±0,21	94,7±25	11,5:1

Пищевые волокна плодоовощного сырья являются хорошим источником волокна с хорошо сбалансированным отношением растворимых и нерастворимых волокон, а также биоактивных компонентов, таких как флавоноиды, полифенолы и каротины [11].

Рекомендуемое количество пищевых волокон в ежедневной диете составляет 25-30 г/день [12]. Поэтому желательно увеличивать количество ежедневно употребляемой пищи, которая может быть источником диетических волокон и может помочь преодолеть дефицит волокна. Диетические волокна являются важным обогащающим компонентом не только благодаря их питательным свойствам, но и из-за их функциональных и технологических параметров, и поэтому могут быть использованы для создания новых видов пищевых продуктов с доказанными функциональными свойствами.

При производстве фруктовых и овощных соков образуются значительные количества вторичных продуктов – выжимок, которые обычно эти продукты используются в кормлении животных. Высокое содержание диетического волокна в выжимках является важным аргументом их использования при разработке новых продуктов питания, обогащенных натуральными ингредиентами с доказанными функциональными свойствами.

Все более популярной становится точка зрения, что потребление продуктов с натуральными пищевыми волокнами, является неотъемлемой частью здорового образа жизни. Поэтому производители пищевых продуктов увеличивают долю природных материалов в качестве сырья для своей продукции. У потребителей, уделяющих большое внимание тому, что они едят, все возрастающим спросом пользуются продукты с пониженным содержанием жиров и обогащенных натуральными волокнами. Если такие продукты можно получить, используя низкокалорийные материалы, то их польза для здоровья будет очевидной. Это приводит к использованию волокон, которые могут взаимодействовать с водой с образованием новых текстур и выполняют некоторые специфические функции [13].

Таким образом, функциональные свойства волоконных концентратов, полученных из фруктовых и овощных выжимок, открывают широкие возможности для их использования как потенциальных источников пищевых волокон для обогащения пищи. Развитие методов определения пищевых волокон позволяет получать достоверные данные о содержании водорастворимых и нерастворимых пищевых волокон, а значит, оценить функциональные свойства плодоовощного сырья.

## Литература

1. Figuerola, F. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment / Fernando Figuerola, Maria Luz Hurtado, Ana Maria Estevez, ItaloChiffelle, Fernando Asenjo // Journal of Food Science. – 2004. – № 52(6). – P. 1595–1599.
2. Gorinstein, S. Comparative content of dietary fiber, total phenolics, and minerals in persimmons and apples / Gorinstein S., Zachwieja Z., Folta M., Barton H., Piotrowicz J., Zember M., Weisz M., Trakhtenberg S., Martin-Belloso O. // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2001. – № 49. – P. 952–957.
3. Jaime, L. Structural carbohydrates differences and potential source of dietary fiber of onion (*Allium cepa* L.) tissues / Jaime L., Molla E., Fernandez A., Martin-Cabrejas M., Lopez Andreu F., Esteban R. // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2002. – № 50. – P. 122–128.
4. Ипатова Л.Г. Пищевые волокна в продуктах питания / Л.Г. Ипатова, А.А. Кочеткова, А.П. Нечаев, В.В. Тарасова, А.А. Филатова // Пищевая промышленность. – 2007. – № 5. – С. 8–10.
5. Kethireddipalli, P. Evaluating the role of cell material and soluble protein in the functionality of cowpea (*Vigna unguiculata*) pastes / Kethireddipalli P., Hung Y.C., Phillips R.O., Mc Watters K. H. // Journal of Food Science. – 2001. – № 67(1). – P. 53–59.
6. Lamghari, R. Comparison of effects of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* sp.) fruits, arabic gum and citrus pectin on viscosity and in vitro digestibility of casein / Lamghari, R., Sanchez C., El Boustani E., Maucour T, Sauvage Y., Mejean L., Villaume C. // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2002. – № 80. – P. 359–364.
7. Larrauri, J.A. Elaboracion de unabebida en polvo a base de fibradietetica: Fibrax / Larrauri J.A., Borroto B., Perdomo U., Tabares Y. // Marzo: Alimentaria. – 2004. – P. 23–25.
8. Tamayo, Y. Los residuos vegetales de lanaranja como fuente de fibradietetica / Tamayo Y., Bermudez A. In: F. Lajolo & E. Wenzel de Menezes (Eds.) // Fibradietetica. – 1999. – Vol. 2. – P. 286.
9. Ипатова Л.Г. Пищевые волокна в продуктах питания / Л.Г. Ипатова, А.А. Кочеткова, А.П. Нечаев, В.В. Тарасова, А.А. Филатова // Пищевая промышленность. – 2007. – № 5. – С. 8–10.
10. Филатова, И.А. Ферментативно-гравиметрический метод определения пищевых волокон в продуктах питания / И.А. Филатова, А.Ю. Колеснов, А.А. Кочеткова, О.А. Гаркуша // Пищевая промышленность. – 1998. – № 11. – С. 44–46.
11. Gorinstein, S. Comparative content of dietary fiber, total phenolics, and minerals in persimmons and apples / Gorinstein S., Zachwieja Z., Folta M., Barton H., Piotrowicz J., Zember M., Weisz M., Trakhtenberg S., Martin-Belloso O. // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2001. – № 49. – P. 952–957.
12. Fernandez-Gines, J. M. Effects of storage conditions on quality characteristics of bologna sausages made with citrus fiber / Fernandez-Gines J. M., Fernandez-Lopez J., Sayas-Barbera E., Perez-Alvarez J. A. // Journal of Food Science. – 2003. – № 68(2). – P. 710–715.
13. Справочник по гидроколлоидам под редакцией Г.О. Филиппа и П.А. Вильямса. Перевод с английского под редакцией А.А. Кочетковой и Л.А. Сарафановой. – Санкт-Петербург: ГИОРД. – 2006. – 39 с.

УДК 664.1.035.6

## ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕКСТРАКЦІЇ ФЕНОЛЬНИХ СПОЛУК ФІТОАДАПТАЦІЙНОЇ СУМІШІ

Стешенко О.М., аспірант, Арсеньсва Л.Ю., д-р техн. наук, професор  
Національний університет харчових технологій, м. Київ

*Людина постійно знаходиться під впливом стресових факторів, що негативно відображається на якості її життя, тому проблеми пошуку ефективних адаптогенів набувають особливої актуальності. У зв'язку з цим у Національному університеті харчових технологій обґрунтовано і розроблено фітоадаптогенну суміш, яка складається із сушених листків ехінацеї, елеутерококу, аралії та гінґо білоба. Відомо, що різні групи фенольних сполук мають адаптогенні властивості, тому метою досліджень було визначення оптимальних параметрів процесу екстракції фітоадаптогенної суміші з метою максимального вилучення фенольних сполук. Визначення проводили спектрофотометричним методом. Основні фактори, що вивчалися для визначення впливу на повноту і швидкість екстракції, були: дисперсність рослинної сировини, природа екстрагенту, тривалість екстрагування, співвідношення сировини:екстрагент, кратність екстракції. На підставі проведених досліджень можна зробити висновок, що оптимальним ступенем подрібнення сировини є 1-2 мм. Найкращими екстрагентами, при використанні*