

V. ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Реализация Стратегии призвана способствовать:

- ♦ увеличению активного долголетия и ожидаемой продолжительности жизни населения;
- ♦ достижению массовой приверженности принципам здорового питания как одного из факторов здорового образа жизни;
- ♦ повышению доли качественной пищевой продукции, прежде всего отечественного производства, в структуре продовольственного рынка;
- ♦ снижению удельного веса пищевой продукции, находящейся в обращении, способной оказать потенциально вредное воздействие на человека и будущие поколения;
- ♦ созданию целостной научной системы, обеспечивающей на постоянной основе комплексные исследования в сфере производства, обращения и потребления качественной пищевой продукции, в том числе связанные с передовыми технологиями;
- ♦ развитию кадрового потенциала в сфере производства пищевой продукции;
- ♦ созданию благоприятного инвестиционного климата для отечественного бизнес-сообщества в сфере производства пищевой продукции с учетом роста потребностей населения;
- ♦ снижению расходов на оказание медицинской помощи, обусловленных необходимостью лечения заболеваний населения, связанных с некачественным, в том числе неполноценным и нерациональным питанием;
- ♦ росту доверия потребителей к отечественной пищевой продукции и повышению ее конкурентоспособности, за счет улучшения потребительских свойств продукции при сохранении уровня ее доступности для населения.

Коллектив авторов:

З. В. Ловкис, генеральный директор, заслуженный деятель науки Республики Беларусь, член-корреспондент НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор;

Е. М. Моргунова, заместитель генерального директора, кандидат технических наук, доцент;

Е. З. Ловкис, заместитель начальника отдела сертификации, метрологии и систем качества, старший научный сотрудник, кандидат экономических наук.

УДК 664.8.047.014

Нативный пектин порошков с ионами тяжелых металлов образует нерастворимый комплекс, который выводится из организма человека. Приведены результаты исследований связывания ионов тяжелых металлов функциональными пребиотическими порошками с целью определения их радиопротекторных свойств в сравнении с чистым пектином. В результате исследований впервые определены высокие комплексообразовательные свойства пребиотических растительных порошков.

СВЯЗЫВАНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ПРЕБИОТИЧЕСКИМИ ПОРОШКАМИ

Институт технической теплофизики Национальной академии наук Украины,
г. Киев, Украина

Ж. О. Петрова, доктор технических наук, главный научный сотрудник

Взаимодействие элементов триады «человек — техника — природа» очень далеко от гармонии. Силовое воздействие первых двух составляющих на третью ведет к необратимому противостоянию. Природа отвечает разрушительными стихийными катаклизмами, методической

работой по коррозии металлических деталей технических изделий, введением в организм человека (через органы дыхания и приема пищи) вредных для него веществ [1, с. 4-5].

К числу последних относятся тяжелые, в том числе радиоактивные металлы, контакт с которыми наиболее вероятный в зоне риска повышенного загрязнения окружающей среды (металлургические заводы, атомные электростанции и т. д.). Для группы населения, проживающей в таких условиях, проблема профилактического питания, предназначенного для вывода тяжелых металлов и радионуклидов, является одной из главных. Для Украины это актуально после черновыльских событий.

В процессе усваивания продуктов питания в организме человека происходит поддержка его жизненных функций, здоровья. При правильном и сбалансированном питании уменьшается риск различных заболеваний, происходит профилактика старения.

На рынке Украины продукты оздоровительного питания представлены в основном в виде диетических пищевых добавок. Разница между диетическими пищевыми добавками и функциональными продуктами состоит в том, что в состав биологически активных добавок в максимальном количестве входят компоненты, которые не несут пищевой ценности. В отличие от них, продукты функционального питания содержат пищевые нативные микронутриенты.

Функциональные продукты относятся к категории продуктов, которые обеспечивают организм человека не только энергией и пластическими веществами, а выполняют в первую очередь оздоровительную функцию.

Создание таких профилактических и лечебных продуктов основано на концепции введения в их рецептуру ингредиентов, удовлетворяющих следующим требованиям: безопасность для организма и эффективное связывание тяжелых металлов (образование с ними прочных нерастворимых комплексов, устойчивых к действию ферментов в широком диапазоне pH). В некоторой степени этим требованиям отвечают пищевые полисахариды, которые находятся в пребиотических функциональных порошках.

Полисахариды, которые относятся к классу крахмалов, в своем большинстве легко перевариваются в желудочно-кишечном тракте. Полисахариды, которые не относятся к крахмалу, перевариваются только частично. Значительное их количество попадает в толстую кишку, где частично или полностью подвергается ферментации аэробными микроорганизмами, конечными продуктами ферментации являются короткоцепочечные жирные кислоты, легко усваиваемые организмом и используемые им как источник энергии [2, с. 575-576]. Галактомананы и гумирабик ферментируются полностью, пектин частично [3, с. 169-186]. Поэтому только анионные полисахариды (альгинаты и пектин) могут иметь свойство связывания и выведения из организма тяжелых металлов.

Пектин и альгинаты являются естественными ионообменниками, способными замещать водород карбоксильных групп на катионы поливалентных металлов. Установлено [4, 28-29], что родственность альгината к щелочноземельным и переходным металлам увеличивается в ряду $Mg \ll Ca < Sr < Ba$, который практически совпадает с рядом для пектина $Mg \ll Ca, Sr < Ba$. Доказано [5, 13-19], что выборочное связывание альгинатами щелочноземельных и переходных металлов заметно усиливается при увеличении содержания в цепи остатков α -L-гулороновой кислоты, тогда как полиманурановая кислота практически не имеет избирательности. Для пектинов отмечается [6, с. 79-81], что связывание поливалентных катионов усиливается при уменьшении степени этерификации макромолекулы, при переходе от групп $-COOCH_3$ в группы $-COOH$. Эти факты, с учетом зеркальной симметрии между полигалактуроновой и полигулурановой кислотами, однозначно указывают на то, что у пектина и альгината действует единый механизм связывания поливалентных катионов металлов. И, видимо, этот механизм обусловлен не только кулоновским взаимодействием, но и халатным присоединением катионов, что и определяет прочность комплексов [6 с. 82].

Если в теоретическом плане альгинаты и пектины равноценны как агенты, связывающие тяжелые металлы, то в практическом плане, при использовании, предпочтение отдается пектину. Дело в том, что получение низкоэтерифицированных пектинов проще и дешевле, чем получе-

ние альгинатов с достаточно регулярными G-G-блоками. С другой стороны, альгинаты не имеют пищевой ценности [6, с. 84].

Пектины выполняют те же функции, и в то же время являются ценными пищевыми волокнами с эффектом разнообразного положительного физиологического воздействия на организм.

Сорбционную функцию пектинов характеризует комплексообразующая способность (КО) — количество миллиграммов ионов металла, связываемого 1 г пектина. Комплексообразующая способность зависит от первичной структуры пектина, природы связываемых металлов и pH среды. При этом [7, с. 58-60]:

- ♦ по способности образовывать комплексы с пектином металлы разделяются на две группы: группа свинца и меди и группа стронция и цезия;
- ♦ комплексообразующая способность металлов первой группы слабо зависит от содержания полигалактуроновой кислоты в пектине и от степени этерификации образцов;
- ♦ для образцов второй группы зависимость от полигалактуроновой кислоты и степени этерификации более сильная. Так, образцы со степенью этерификации <20% связывают до 50% и более цезия и стронция, тогда как высокоэтерифицированные пектины малоэффективны для выведения данных радионуклидов из организма;
- ♦ комплексообразование конкретного иона металла зависит от происхождения пектинов. Так, комплексообразующая способность калия в 3,8 раз выше в свекольном пектине, чем в цитрусовом. Для свинца эта цифра равна 5,1;
- ♦ связывание свинца происходит более интенсивно в кислой среде, стронция — в щелочной (при pH 11 реакция соответственно [7, с. 60-61] происходит интенсивнее в связи с реакцией деметилирования и освобождения реакционных карбоксильных групп).

Пребиотические растительные порошки были разработаны на основе комплексного исследования тепломассообменных процессов переработки функционального растительного сырья. Технология получения вышеуказанных порошков предусматривает предварительную подготовку сырья, сушку при разработанных энергоэффективных режимах до влажности, ниже равновесной (5-8 %), что в последующем позволяет измельчить и сепарировать высушенные продукты и получить растительные пребиотические порошки дисперсностью от 0,16 мм до 0,5 мм [8 с. 1-3].

Химический состав пребиотических порошков, полученных из функционального сырья, представлен в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав пребиотических порошков (% в перерасчете на 100 г сухого вещества)

№	Название порошка	Моно- и дисахара	Клетчатка	Органические кислоты	Белок	Пектин	Зола
1	Яблоко -груша	40,4	32,1	2,5	3,2	11,2	6,8
2	Мандарин-яблоко	33,6	34,6	7,1	2,8	13,6	7,3
3	Виноград-столовая свекла	31,5	32,5	8,3	3,5	17,6	10,1
4	Свекла сахарная-яблоко	30,1	45,1	2,1	1,8	8,1	9,8
5	Кабачок-яблоко	52,6	11,2	9,4	7,5	8,4	5,8

Функциональные порошки — это сухие концентраты мякоти и сока свежих овощей, фруктов, бобовых и зерновых растений. Как видно из табл. 1, при испарении влаги, все вещества концентрируются.

Наше время — это время высоких технологий и рафинированной пищи, поэтому употребление продуктов с большим содержанием клетчатки является очень актуальным. На долю клетчатки в функциональных порошках выпадает от 0,7 до 45% от общего содержания сухих веществ, что является положительным фактором.

К неусваиваемым углеводам относятся пектины. Организмом они не метаболизируются, но играют исключительно важную роль в процессе пищеварения.

Различают два вида пектиновых веществ — пектины и протопектины. Пектины представляют собой метиловый эфир остатков полигалактуроновых кислот. Протопектины — это нерастворимые в воде комплексы пектина с целлюлозой и гемицеллюлозой. Во время сушки и в присутствии кислоты при температуре 80–85 С происходит частичное превращение протопектина в пектин.

Пектиновые вещества имеют выраженное биологическое действие. Под их влиянием угнетается гнилостная микрофлора кишечника, происходит детоксикационное действие, в результате которого адсорбируются экзо- и эндогенные яды. Пектин ингибирует всасывание холестерина в кишечнике [9 с. 53-57, 10 с. 101-113]. Содержание пектиновых веществ в разработанных функциональных порошках составляет 2,1–17,6%.

Пребиотические функциональные порошки представляют собой комплекс пищевых волокон, содержание которых составляет от 50 до 87%. Одним из компонентов пищевых волокон является пектин. Термическая или тепловая обработка растительного сырья изменяет активность пектинов. Под воздействием влаги в мягких температурных условиях происходит перегруппировка тех групп, которые обуславливают желеобразующие и комплексообразующие свойства пектинов. Были исследованы следующие функциональные порошки: яблочно-грушевый, мандариновый-яблочный, виноградно-свекольный, свекольный жом - яблоко, кабачково-яблочный.

Как уже было отмечено другими авторами, комплексообразующие свойства имеют преимущественно пектины. Исследование комплексообразующих свойств пребиотических порошков с разными металлами осуществляли *in vitro*. Для сравнения использовали чистый яблочный пектин (табл. 2).

В основу эксперимента положено изучение комплексообразующих свойств пектина. Раствор соли металлов заданной концентрации контактировал с водной суспензией порошков, процент связывания металла находили по разнице введенного и оставшегося металла. Количество связанного металла устанавливали спектрофотометрическим методом, учитывая условия образования цветных комплексов с соответствующим реактивом в соответствии с методами комплексометрии. Также определяли рН конечных растворов, поскольку растворимые вещества отдельных порошков меняли этот показатель.

Таблица 2. Связывание ионов тяжелых металлов пребиотическими порошками *in vitro* (% связанного металла)

Металл	рН- связывания	Пектин яблочный (контроль)	Функциональные порошки				
			Яблочно-грушевый	Яблочный	Виноградно - свекольный	Свекольный жом - яблоко	Кабачково-яблочный
Свинец	3,5-5,6	60	75	68	76	80	71
Медь	4,0-6,0	55	58	59	60	57	56
Цинк	3,5-6,0	67	72	73	71	69	68
Цирко-ний	2,0-3,5	53	68	67	69	61	62
Цезий	1,5-3,0	47	52	48	51	49	50

В фильтрате контролировали оптимальную величину рН для каждого металла. Для установления количества свинца использовали пиридил-азорезорцин (ПАВ). Нами было установлено *in vitro*, что 1% раствора порошка связывает ионы свинца, цезия, циркония.

В табл. 2 приведены данные по комплексообразующим свойствам функциональных порошков свинца, меди, цинка, циркония, цезия. Самые высокие показатели получены по связыванию ионов свинца, этот показатель больше на 20% в порошке из свекольного жома и яблок по сравнению с яблочным пектином. Эта зависимость наблюдается также во всех функциональных порошках.

Как видно из табл. 2, комплексообразующая способность пребиотических порошков на 9–20% превышает аналогичный показатель чистого яблочного пектина. Это можно объяснить тем, что пребиотические порошки содержат нативный пектин, а также отличаются высоким содержанием клетчатки.

Пребиотические порошки, которые характеризуются высоким содержанием пектинов, обладают комплексообразующей способностью до 80%, в то время как чистый пектин — 60%, яблочный порошок — 68%. Учитывая, что связывание ионов тяжелых металлов пребиотическими порошками достигает 50–80%, целесообразно признать их высокие радиопротекторные свойства. Самые высокие показатели получены по связыванию ионов свинца в порошке из свекольного жома и яблока, превышающий аналогичный у яблочного пектина на 20%.

Исследования показали, что процент связывания ионов тяжелых металлов функциональными порошками варьируется в широком диапазоне и зависит от рН среды, вида сырья, его технологической обработки и режимов сушки.

Впервые были разработаны пребиотические порошки, комплексообразующая способность которых выше, чем у выделенных препаратов чистого пектина. На эти порошки получены заключения Минздрава и разработана нормативно-техническая документация.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зайцев, А. Н.* Медико-биологические требования к качеству сырья и продуктов / А. Н. Зайцев // Пищевая промышленность. — 1990. — № 6. — С. 4–5.
2. *Chesson, A.* Dietary fiber in A.M. Stephen Food Hydrocolloids and their Applications / A. Chesson // New York: Marcell Decer, Inc., 1995. — 575–576.
3. *Livesey, G.* Nutritional aspects of difficult-to-digest carbohydrates / G. Livesey, G. Philips, P. Williams & D. Wedlock (eds.) // Gums and Stabilisers for the Food Industry 7. — New York: IRL Press, 1994. — P. 169–186.
4. *Кочетков, А. А.* Классификация и применение пектинов / А. А. Кочетков, А. Ю. Колеснов // Пищевая промышленность. — 1995. — № 9. — С. 28–29.
5. *Зайко, Г. М.* Получение очищенного пектина для использования в лечебных и профилактических целях / Г. М. Зайко, М. Ю. Тамова // Известия вузов. Пищевая технология. — 1998. — № 1. — С. 13–19.
6. *Фанг-Юнг, А. Ф.* Использование яблочного пектина для профилактических продуктов / А. Ф. Фанг-Юнг, Ф. И. Каменская, С. Д. Давыдова, С. Н. Бирюкова, Э. С. Иванова // Известия вузов. Пищевая технология. — 1978. — № 3. — С. 79–81.
7. *Бухтоярова, З. Т.* Разработка рецептур пастилы с пектином и β -каротином / З. Т. Бухтоярова, Г. М. Зайко, М. Ю. Тамова // Известия вузов. Пищевая технология. — 1993. — № 3-4. — С. 58–60.
8. *Петрова, Ж. О.* Спосіб одержання пребіотичного порошку з яблук та кабачків / Петрова Ж. О., Снежкін Ю. Ф., Пазюк В. М., Гетманюк К. М. Патент на винахід № 109360 МПК А23Л 1/20; № а 2014 06139, Заявл. 04.06.2014, видан 10.08.2015; Бюл. № 15.
9. *Птичкин, И. И.* Пищевые полисахариды: структурные уровни и функциональность / И. И. Птичкин, Н. М. Птичкина // Саратов: ГУП «Типография №6». — 2012. — 96с.
10. *Krusen B.* Recovery of inulin from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) in the small intestine of man / Bach Krusen KE, Hessov I. // Br J Nutr 1995; 74: 101–113.

Рукопись статьи поступила в редакцию 04.08.2016

Zh. O. Petrova

BINDING OF HEAVY METAL IONS BY MEANS OF FUNCTIONAL PREBIOTIC POWDERS

Native pectin of powder interacting with heavy metals ions forms an insoluble complex and it is output from the human body. This article presents the results of studies of binding heavy metal ions functional prebiotic powder to determine their radioprotective properties compared with pure pectin. As a result of studies (for the first time) was identified high complexing properties of prebiotic vegetable powders.