

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ЗБІРНИК ПРАЦЬ

VI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІННОВАЦІЙНІ  
ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ»**



**ОДЕСА**

2017

Публікуються доповіді, представлені на VI Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні енерготехнології» (4 – 8 вересня 2017 р.) і присвячені актуальним проблемам підвищення енергоефективності в сфері АПК, харчових та хімічних виробництвах, розробки та впровадження ресурсо-та енергоефективних технологій та обладнання, альтернативних джерел енергії.

Редакційна колегія:

доктор техн. наук, професор

О.Г. Бурдо

Ю.О. Левтринська

Е.Ю. Ананійчук

О.В. Катасонов

## МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

- Єгоров**  
*Богдан Вікторович* - голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор
- Бурдо**  
*Олег Григорович* - вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор
- Атаманюк**  
*Володимир Михайлович* – Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор
- Васильєв**  
*Леонард Леонідович* – Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н, професор
- Гавва**  
*Олександр Миколайович* – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Гумницький**  
*Ярослав Михайлович* – Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор
- Долинський**  
*Анатолій Андрійович* –Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАНУ
- Зав’ялов**  
*Владимир Леонідович* – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Керш**  
*Владимир Яковлевич* – Одеська державна академія будівництва та архітектури, д.т.н., професор
- Колтун**  
*Павло Семенович* – Technident Pty. Ltd., Australia, Dr.
- Корнієнко**  
*Ярослав Микитович* – Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Малежик**  
*Іван Федорович* – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Михайлов**  
*Валерій Михайлович* – Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н, професор
- Паламарчук**  
*Ігор Павлович* – Вінницький національний аграрний університет, д.т.н., професор
- Снежкін**  
*Юрій Федорович* –Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., член-кор. НАНУ
- Сорока**  
*Петро Гнатович* – Український державний хіміко-технологічний університет, д.т.н., почесний професор
- Тасімов**  
*Юрій Миколайович* – Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України
- Товажнянський**  
*Леонід Леонідович* – Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Ткаченко**  
*Станіслав Йосифович* – Вінницький національний технічний університет, г. Вінниця, д.т.н., професор
- Ульєв**  
*Леонід Михайлович* – Національний технічний університет Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Черевко**  
*Олександр Іванович* – Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н, професор
- Шит**  
*Михайл Львович* – Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с.

**Литература**

1. Theodore Nymowitz. The History of the Soybean. - Department of Crop Sciences, University of Illinois, Urbana-Champaign, IL 61801, September ,2015, pages 1–31.
2. Снежкин Ю.Ф., Петрова Ж.А. Теплообменные процессы во время получения каротиносодержащих порошков. - Киев: ВД «Академперіодика», 2007.-162 с.
3. Снежкин Ю.Ф., Петрова Ж.А., Пазюк В.М. Энергоэффективные теплотехнологии производства функциональных пищевых порошков, Винница: ВНАУ, 2016. –458 с.
4. Петрова Ж.А., Слободянюк Е.С. Исследование кинетики сушки соево-морковной композиции. – Киев: НУХТ, материалы 83 международной научной конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Научные достижения молодежи – решение проблем питания человечества в XXI столетии», часть 2, 5-6 апреля 2017. – 159с.

УДК 664.8.047.014

**СВЯЗЫВАНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ПРЕБИОТИЧЕСКИМИ ПОРОШКАМИ**

**Петрова Ж.О., доктор технических наук, главный научный сотрудник  
Институт технической теплофизики  
Национальной академии наук Украины, г. Киев**

**BINDING OF HEAVY METAL IONS BY MEANS OF  
FUNCTIONAL PREBIOTIC POWDERS**

**Petrova Zh. A., Doctor of Technical Sciences,  
Institute of Engineering Thermophysics,  
National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev**

***Аннотация.** В результате энергоэффективной предварительной обработки растительного сырья, оптимальных режимов сушки и дробление высушенного продукта, были получены пребиотические функциональные порошки.*

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

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

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

**Abstarct.** As a result of energy-efficient pre-treatment of plant raw materials, optimal drying regimes and drying of dried product, prebiotic functional powders were obtained.

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. In the process of

assimilation of food in the human body, there is support for his vital functions, health. With the right and balanced nutrition reduces the risk of various diseases, there is prevention of aging.

Functional products belong to the category of products that provide the human body not only with energy and plastic substances, but in the first place perform a health function.

The creation of prophylactic and curative products of this direction is based on the concept of introducing impurities into their formulation that meet the following requirements: safety for the organism and effective binding of heavy metals (formation of strong insoluble complexes resistant to enzymes in a wide pH range). To some extent these requirements are met by food polysaccharides which are in prebiotic functional powders.

**Ключевые слова:** пребиотические порошки, пектины, связывание, функциональные продукты.

**Key words:** prebiotic powders, pectins, binding, functional products.

Взаимодействие элементов триады «человек - техника - природа» очень далеки от гармонии. Силовое воздействие первых двух составляющих третью ведет к необратимому противостоянию. Природа отвечает разрушительными стихийными катаклизмами, методической работой с коррозией металлических деталей технических изделий, введением в организм человека (через органы дыхания и приема пищи) вредных для него веществ [1-2].

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, которые проживают в таких условиях, проблема профилактического питания предназначенного для вывода тяжелых металлов и радионуклидов является одной из главных. Для Украины это актуально после черныбыльских событий.

Как пектин так и альгинаты являются естественными ионообменниками, способными замещать водород карбоксильных групп на катионы поливалентных металлов. Если в теоретическом плане альгинаты и пектины равноценны как агенты, связывающие тяжелые металлы, но в практическом плане, при использовании, предпочтение отдается пектину. Дело в том, что получение низкоэтерифицированных пектинов проще и дешевле, чем получение альгинатов с достаточно регулярными G - G - блоками. С другой стороны альгинаты не имеют пищевой ценности [3].

Пектины имеют те же функции, в то же время являются ценными пищевыми волокнами со свойством разнообразного положительного физиологического воздействия на организм.

Связывающую функцию пектинов характеризует комплексообразующая способность (КО) - количество миллиграммов ионов металла, связывающей 1 г пектина. Комплексообразующая способность зависит от первичной структуры пектина, природы связанных металлов и pH среды. При этом [4]:

- 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 с <20% этерификацией связывают до 50% и более цезия и стронция, тогда как высокоэтерифицированный пектины малоэффективны для выведения радионуклидов из организма;
- комплексообразования данного иона металла зависит от происхождения пектинов. Так, комплексообразовательная способность калия в 3,8 раз выше в свекольном пектине, чем в цитрусов. Для свинца эта цифра соответствует 5,1;
- связывания свинца происходит более интенсивно в кислой среде, Sr - в щелочной (при pH 11 реакция соответственно [4] происходит интенсивнее в связи с реакцией деметилирования и освобождения реакционных карбоксильных групп).

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.

Продукты функционального питания в отличие от них содержат пищевые нативные микронутриенты.

Пребиотические растительные порошки были разработаны на основе комплексного исследования тепломассообменных процессов переработки функционального растительного сырья. Технология получения этих порошков предусматривает предварительную подготовку сырья, сушку за разработанными энергоэффективными режимами ниже равновесной влажности (5-8 %). Это дало

возможность измельчить и сепарировать высушенные продукты с получением растительных пребиотических порошков дисперсностью от 0,16 мм до  $\geq 0,5$  мм.

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

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

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

№	Название порошка	Моно и дисахара	Клетчатка	Органические к-ты	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-ст. 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

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 веществ, что является положительным фактором.

К неусваиваемых углеводов относятся пектины. Организмом они не усваиваются, но играют исключительно важную роль в процессе пищеварения.

Различают два вида пектиновых веществ - пектины и протопектины. Пектины являются метиловый эфир полигалактуроновых кислот. Протопектины являются нерастворенные в воде комплексами пектина с целлюлозой и гемицеллюлозой. Во время сушки, и в присутствии кислоты при температуре 80 - 85°C происходит частичное превращение протопектина в пектин.

Пектиновые вещества имеют выраженное биологическое действие. Под их влиянием снижается гнилостная микрофлора кишечника, происходит детоксикационное действие, во время которой адсорбируются экзо и эндогенные яды. Пектин ингибируя всасывание холестерина в кишечнике [5]. Содержание пектиновых веществ в функциональных порошках 2,1 - 17,6%.

Пребиотические функциональные порошки представляют собой комплекс пищевых волокон их содержание составляет от 50 до 87%. Одним из компонентов пищевых волокон является пектин. Термическая или тепловая обработка растительного сырья изменяет активность пектинов. При выделении влаги в мягких условиях происходит перегруппировка тех групп, которые обеспечивают желеобразование и комплексообразование. Были исследованы следующие функциональные порошки яблочно-грушевый, мандариновый-яблочный, виноградно-свекольный, свекольный жом - яблоко, кабачково-яблочный.

В основу эксперимента положена комплексообразующая свойство пектина. Раствор соли металлов заданной концентрации контактировал с водной суспензией порошков по разнице введенного и оставленного металла находим процент связывания металла.

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

Количество связанного металла устанавливали спектрофотометрическим методом, учитывая условия образования цветных комплексов с соответствующим реактивом в соответствии с методами комплексометрии. Раствор соли металла известной концентрации некоторое время контактировал с водяным суспензией порошка. По разнице введенного и остаточного металла рассчитали процент

связывания металла. Также определяли рН конечных растворов, поскольку растворимые вещества отдельных порошков меняли этот показатель.

**Таблица 2. Звязывание ионов тяжелых металлов пребиотическими порошками in vitro (% связаного металла)**

Металл	рН- звязывания	Пектин яблочный	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
Цирконий	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 таблице 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 с свекольного жома и яблоки по сравнению с пектином яблочным. Эта зависимость наблюдается во всех функциональных порошках.

Как видно из табл. 2, комплексообразующая свойство пребиотических порошков на 9 - 20% превышает чистую пектин. Это можно объяснить тем, что пребиотические порошки содержат нативный пектин. Это обусловлено также и высоким содержанием клетчатки в этих порошках.

Пребиотические порошки которые имеют высокое содержание пектинов обладают комплексообразующих способность до 80%, а 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 получения по связыванию ионов свинца, этот показатель больше на 20% в порошке с свекольного жома и яблока по сравнению с пектином яблочным. Эта зависимость наблюдается во всех функциональных порошках.

**Выводы.** Исследования показали, что процент связывания ионов тяжелых металлов функциональными порошками разнообразен и зависит от рН среды, вида сырья, его технологической обработки и режимов сушки.

Впервые были разработаны пребиотические порошки, имеющие комплексообразующее свойство выше, чем у препаратов выделенного чистого пектина. На эти порошки полученные выводы Минздрава и разработаны нормативно-техническую документацию.

#### Литература:

1. *Зайцев, А. Н.* Медико-биологические требования к качеству сырья и продуктов / А. Н. Зайцев, // Пищевая пром.-ть, 1990. – № 6. – С. 4 – 5.
2. *Зайко, Г. М.* Получение очищенного пектина для использования в лечебных и профилактических целях / Г. М. Зайко, Тамова М. Ю. // Известия вузов. Пищевая технология, 1998. - №1. – С. 13 – 19.
3. *Бухтоярова, З. Т.* Разработка рецептур пастилы с пектином и β-каротином / З. Т. Бухтоярова, Г. М. Зайко, М. Ю. Тамова // Известие вузов. Пищевая технология, 1993. - № 3-4. – С. 58 – 60.
4. *Птичкин, И. И.* Пищевые полисахариды: структурные уровни и функциональность / Птичкин И. И., Птичкина Н. М. // ГУП «Типография №6» - Саратов, 2012.- 96с.
5. *Krusen B.* Recovery of inulin from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) in the small intestine of man / Bach Krusen KE, Hesson I.// Br J Nutr 1995; 74: 101 – 113.

**ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

СПОСОБИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВОЛОГОВИДАЛЕННЯ ПРИ ЗНЕВОДНЕННІ ПЛОДООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ	
<b>Снежкін Ю.Ф., Гусарова О.В., Шапар Р.О.</b> .....	182
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ФИТОЭСТРОГЕННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОРОШКОВ	
<b>Петрова Ж. А., Слободянюк Е. С.</b> .....	186
СВЯЗЫВАНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ПРЕБИОТИЧЕСКИМИ ПОРОШКАМИ	
<b>Петрова Ж. О.</b> .....	192
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТІВ	
<b>Гоженко Л. П., Коник А. В., Радченко Н. Л., Целень Б. Я., Недбайло А. Є.</b> .....	195
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ МАКЕТА МИКРОВОЛНОВОГО ПРОТИВОТОЧНОГО ЭКСТРАКТОРА КОФЕ	
<b>Левтринська Ю.О., Терзиев С.Г.</b> .....	200
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕФЕКТИВ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ НА ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОДИ	
<b>Авдєєва Л. Ю., Макаренко А. А.</b> .....	209
ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ТА ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ АЕРАЦІЙНО-ОКИСНЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ РОТОРНОГО ТИПУ НА ПРОЦЕС ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ	
<b>Ободович О.М., Сидоренко В. В.</b> .....	211
ВИКОРИСТАННЯ ПОПЕРЕДНЬОГО БЛАНШУВАННЯ СИРОВИНИ В ПРОЦЕСІ ЕКСТРАГУВАННЯ	
<b>Чорний В. М., Прищепя Ю. Ю., Лапіна Н. В., Мисюра Т. Г., Попова Н. В.</b> .....	215
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НАСТОЮВАННЯ ПЛОДІВ КИЗИЛУ	
<b>Степанчук М.С., Лапіна Н.В., Чорний В.М., Мисюра Т.Г., Попова Н.В.</b> .....	219
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НАСТОЮВАННЯ ПЛОДІВ ЖУРАВЛИНИ	
<b>Бараловська О. В., Прищепя Ю. Ю., Чорний В. М., Мисюра Т. Г., Попова Н. В.</b> .....	223
КІНЕТИКА СУШІННЯ НАСІННЯ СОЛЯШНИКУ ТА СОЇ В ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМУ ПОЛІ	
<b>Бандура В.М., Маренченко О. І., Пилипенко Є. О., Катасонов О. В.</b> .....	226
СУШАРКИ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ	
<b>Яровий І.І., Катасонов О.В.</b> .....	232
ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ КИПЕНИИ ПИЩЕВЫХ РАСТВОРОВ	
<b>Зыков А.В., Резниченко Д.Н., Безбах И.В.</b> .....	242
БАЛАНСОВІ, ЕНЕРГЕТИЧНІ, КІНЕТИЧНІ ТА ФАЗОВІ МОДЕЛІ ПРОЦЕСІВ ВИМОРОЖУВАННЯ СОКІВ	
<b>Бурдо О.Г., Мординський В.П., Давар Ростами Пур</b> .....	244
СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КОНСТРУКТИВНОЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ КОНВЕСЕРНИХ ВІБРАЦІЙНИХ СУШАРОК ПРИ ОБРОБЦІ СИПКОЇ СИРОВИНИ	
<b>Паламарчук І. П.</b> .....	250
МАСООБМІН ПРИ ЕКСТРАГУВАННІ КАВИ АКТИВОВАНИМ ЕКСТРАГЕНТОМ	
<b>Вігенько Т.М., Городиський Н.І.</b> .....	254
БАЛАНСОВІ МОДЕЛІ ТА ФАЗОВІ РІВНОВАГИ ПРИ КРІОКОНЦЕНТРУВАННІ ГРАНАТОВОГО СОКУ	
<b>Бурдо А.К., Давар Ростами Пур, Стоянова О. М., Драгні О. І.</b> .....	260
МАШИНА ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБЕЗВОЖИВАННЯ ПЕРА ПТИЦЬ	
<b>Всеволодов А.Н., Романов С.О.</b> .....	266
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ВАКУУМНАЯ СУШИЛКА	
<b>Бурдо О. Г., Мордынский В. П., Светличный П. И., Ананийчук Э. Ю.</b> .....	270
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ОДИНИЧНИХ КРАПЕЛЬ КРОХМАЛЬНОЇ ПАТОКИ ИГ-30 ЯК ОБ'ЄКТУ РОЗПИЛЮВАЛЬНОГО СУШІННЯ	
<b>Шаркова Н. О., Турчина Т. Я., Жукотський Е. К., Декуша Г. В., Костянець Л. О.</b> .....	275
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПЛОДОВОГО СЫРЬЯ	279