

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНТЕРОСОРБИРУЮЩИХ СВОЙСТВ НОВОЙ БИОПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ И ЖИВОТНЫХ КЛЕТОК

Корнеева О.С., Глаголева Л.Э., Родионова Н.С., Шуваева Г.П.

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж, Россия  
(394000, Воронеж, проспект Революции, 19), e-mail: [milaprofi@mail.ru](mailto:milaprofi@mail.ru)

---

Исследована возможность использования растительных полисахаридных комплексов из семян тыквы, топинамбура и сухой молочной сыворотки при проектировании новой биополимерной композиции. Исследованы функционально-технологические и сорбционные свойства растительных и животных клеток. Результаты исследований сорбционных свойств компонентов, входящих в рецептуры биополимерной композиции, позволяют предположить наличие сорбционной активности разработанной композиции. Доказано, что наибольшее влияние на сорбционную активность оказывают концентрация, температура и pH исследуемых систем. На модельных растворах изучены энтеросорбирующие свойства биополимерной композиции по отношению к ионам  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Cd}^{2+}$ . Для определения параметров, характеризующих сорбционную емкость биополимерной композиции на основе растительных и животных клеток, были получены изотермы сорбции ионов  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Cd}^{2+}$  при различных значениях pH.

Ключевые слова: полисахаридный растительный комплекс из тыквы, из топинамбура, биополимерная композиция, тяжелые металлы, сорбция, растительная клетка, животная клетка.

## STUDY OF PROPERTIES OF NEW *ENTEROSORBIRUYUSCHEE* BIOPOLYMER COMPOSITIONS BASED ON PLANT AND ANIMAL CELLS

<sup>1</sup>Korneeva O.S., <sup>1</sup>Glagoleva L.E., <sup>1</sup>Rodionova N.S., <sup>1</sup>Shuvaeva G.P.

FSEBUHE "Voronezh State University of Engineering Technology," In the Voronezh, Russia  
(394000, Voronezh, Prospect Revolution, 19), e-mail: [milaprofi@mail.ru](mailto:milaprofi@mail.ru)

The possibility of using vegetable polysaccharide complexes from pumpkin seeds, artichoke and dried whey in the design of the new biopolymer compositions. Investigated functional and technological and sorption properties of plant and animal cells. Results of studies of the sorption properties of the components in the formulation biopolymer compositions suggest the presence of sorption activity of the developed formulation. It is proved that the greatest influence on the sorption activity have concentration, temperature and pH of the systems studied. In model solutions studied the properties of biopolymer *enterosorbiruyuschee* composition in relation to ions  $\text{Cu}^{2+}$  and  $\text{Cd}^{2+}$ . To determine the parameters characterizing the sorption capacity of the biopolymer composition based on plant and animal cells have been obtained sorption isotherms of ions  $\text{Cu}^{2+}$  and  $\text{Cd}^{2+}$  at different pH values.

Keywords: plant complex polysaccharide from pumpkin, from the Jerusalem artichoke, biopolymer composition, heavy metals, sorption, plant cell, animal cell.

### Введение

Перспективным направлением при создании продуктов с энтеросорбирующими свойствами является поиск и внедрение в производство сорбентов на основе растительных клеток, направленно влияющих на технологические и потребительские показатели готовой продукции. Известна сорбционная активность пищевых волокон из различного растительного сырья в отношении ионов тяжелых металлов, что делает перспективным введение растительных ингредиентов, содержащих пищевые волокна в рецептуры биополимерных композиций. Научный подход к данной проблеме обеспечивается исследованиями ученых в области химии, биохимии, физики продуктов питания, а также диетологии и медицинской профи-

лактики. Актуальность поисковых исследований обусловлена необходимостью расширения ассортимента сорбентов с более эффективными свойствами и менее токсичным действием. По разным оценкам от 40 до 70 % новых лекарственных препаратов создается на основе природных молекул или их синтетических аналогов и производных. На основе природных соединений могут быть разработаны биопрепараты, обладающие качественно новыми свойствами.

В последнее время был разработан обширный ассортимент сорбентов различного происхождения, что привело к возникновению современных представлений о механизмах сорбции [1]. Наиболее распространенная механическая сорбция заключается в том, что нерастворимая пищевая клетчатка, обладающая разветвленной структурой, создает эффект «молекулярного сита», благодаря чему достигается сорбционный эффект, но помимо эндогенных токсинов, удалению из организма при механической сорбции могут подлежать клетки крови, иммунные комплексы, иммуноглобулины, антигены и другие компоненты. В связи с этим во всех инновационных схемах энтеросорбции считается, рекомендуется сочетать вещества, обладающие свойствами механической сорбции с веществами, действующими через механизм биохимической сорбции, который обеспечивают – пектины, камедь, альгинаты и др., которые способны растворяться в содержимом кишечника до отдельных молекул. Это свойство позволяет растворимым пищевым волокнам взаимодействовать с эндогенными токсинами уже на биохимическом уровне и практически не нарушать усвоение витаминов и минеральных веществ [2].

### **Материалы и методы**

Важность сочетания механической и биохимической сорбции предопределило включение в состав новой биополимерной композиции полисахаридного растительного комплекса из семян тыквы и топинамбура, которые обладают обширными терапевтическими свойствами и сбалансированным составом и сухой молочной сыворотки.

Тыква – это белково-витаминный комплекс растительного происхождения, который является аккумулятором биологически активных веществ. В своем составе содержит все незаменимые аминокислоты, витамины группы В, С, макро и микро элементы (кальций, фосфор, железо, марганец, цинк), пищевые волокна, кукурбитин до 0,3 %. Особую роль занимает цинк, который не вырабатывается в организме. При его дефиците новые клетки, особенно иммунные, не образуются, а поврежденные не восстанавливаются. Недостаток его приводит к задержке развития роста и полового созревания у детей, образованию угревой сыпи, повышению уровня холестерина в крови, выпадению волос, замедленного роста ногтей и ухудшения состояния кожи у женщин. Растительный комплекс из тыквы стимулирует иммунитет, улучшает функционирование сердечно-сосудистой и кроветворной систем, повышает умст-

венную и физическую работоспособность (за счет большого содержания аминокислот), снижает токсическую нагрузку на печень, понижает содержание сахара и холестерина в крови, нормализует обмен веществ. В медицине применяется в качестве противопаразитарного, противоглистного средства [3].

По своему составу топинамбур является полноценным сырьем для питания человека. В нем содержатся свободные сахара (фруктоза, глюкоза, сахароза), олигосахариды. Среди структурных элементов в процессе исследования были обнаружены пектиновые вещества. Основная доля белков приходится на водо- и солерастворимые. В топинамбуре идентифицировано 17 связанных аминокислот, среди которых преобладают глутаминовая и аспарагиновая. Фенольные соединения представлены хлорогениновой и хинной кислотами. Наличие в составе топинамбура растительных жиров, образованных непредельными и полинепредельными жирными кислотами, также способствует увеличению пищевой ценности растения.

В клетках топинамбура наряду с моносахаридами содержится до 40 % полисахарида инулина, который сопровождается в небольших количествах псевдоинулином, инулинином, гелиантелианом и синантрином. Инулин относится к группе фруктанов с эмпирической формулой  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Результаты изучения структуры гидролиза получаемого продукта позволили сделать вывод, что молекула инулина представляет собой линейную структуру, состоящую из соединенных  $\beta$ , (1-2)-связями Д-фруктофуранозных остатков фруктозы ( $n = 32-34$ ), заканчивающихся невосстановленными остатками сахарозы [4].

Молочная сыворотка является продуктом с естественным набором жизненно важных минеральных соединений. Из белковых веществ в ней преобладают альбумин и другие сывороточные белки. Белки молочной сыворотки имеют самую высокую скорость расщепления среди пищевых белков. Концентрация аминокислот и пептидов в крови резко возрастает уже в течение первого часа после приема продуктов питания, приготовленных с применением сывороточных, исключает нарушение его работы и образование газов. Минеральные вещества в сыворотке представлены солями фосфора, кальция, магния. В сухой сыворотке обнаружены витамины А, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, С. [7]. Использование сыворотки способствует обогащению разработанной композиции легкоусвояемыми белками, незаменимыми аминокислотами.

Биохимический состав выбранных компонентов позволяет предположить наличие сорбционных свойств разработанной композиции в отношении тяжелых металлов.

Цель работы – исследование на модельных растворах энтеросорбирующих свойств разработанной биополимерной композиции с использованием растительных и животных клеток по отношению к ионам  $Cd^{2+}, Cu^{2+}$ .

Токсическое действие кадмия связано с блокадой сульфгидрильных групп белков, кроме того, он ингибирует активность ферментов, содержащих цинк, кобальт, селен.

Разнообразные проявления хронической медной интоксикации изучены детально в связи с выраженным дозозависимым токсическим действием меди на кровеносную систему и лёгкие [5].

Процесс сорбции проводили до достижения равновесной концентрации ионов  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ , которую определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии на аппарате КВАНТ «АФА» с предварительной минерализацией образцов по ГОСТ 26929 – 94 «Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов».

Эксперименты проводили на модельных (водных) растворах с концентрацией ионов  $\text{Cu}^{2+}$  – 4,80 мг/л и  $\text{Cd}^{2+}$  – 0,42 мг/л при внесении 2,00 г. Ингредиенты, входящие в состав биополимерной композиции, можно отнести к набухающим полимерным сорбентам, в связи с этим исследования сорбции ионов  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  проводили в статических условиях после предварительного набухания сорбента в течение 1 часа в температуре 313 К с учетом продолжительности контакта фаз.

### Обсуждение результатов

Важнейшими характеристиками сорбентов являются величина сорбционной емкости и время достижения сорбционного равновесия. С целью определения времени установления сорбционного равновесия в системах водный раствор  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Cd}^{2+}$  – и биополимерная композиция были получены кинетические кривые сорбции (рисунок 1).

Из полученных данных следует, что время достижения сорбционного равновесия в исследуемых системах составляет 40 мин.

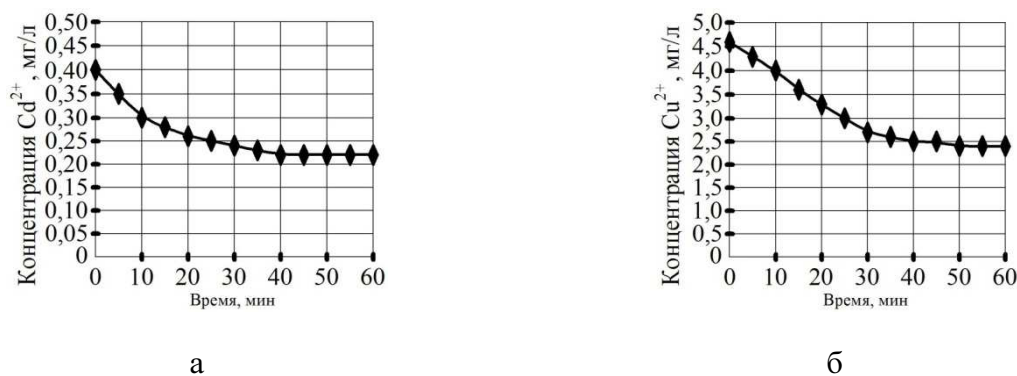


Рисунок 1. Изменение концентрации  $\text{Cd}^{2+}$  (а),  $\text{Cu}^{2+}$  (б) в модельных растворах при внесении биополимерной композиции при температуре 288 К

В зависимости от природы полимерных групп биополимеры могут быть катион-

ными, анионными и амфотерными. Последние содержат в своем составе одновременно кислотные и основные группы. В зависимости от pH среды они диссоциируют как кислоты или как основания, т.е. как в кислой, так и в щелочной среде молекулы высокомолекулярных соединений (ВМС) обладают нескомпенсированным зарядом разного знака. Регулируя pH раствора, можно добиться перевода ВМС в изоэлектрическое состояние. Небольшое количество электролита подавляет ионизацию ионогенных групп и приводит к тому, что форма макромолекул приближается к наиболее статистически вероятным конформациям. При больших концентрациях электролитов происходит высаливание вследствие уменьшения растворимости полимера – макромолекулы образуют плотные клубки. Действие ионов на полиэлектролиты изменяется в том порядке, в котором они стоят в лиотропном ряду.

Молекулы высокомолекулярного электролита обладают всеми свойствами обычных электролитов и в том числе способностью подавлять ионизацию, увеличение концентрации самого высокомолекулярного электролита в растворе будет действовать так же, как если бы в систему вводили индифферентный электролит. Можно сделать вывод, что pH и введение электролитов влияет на заряд и форму молекул высокомолекулярных электролитов, а также на свойства раствора, которые зависят от формы растворенных макромолекул – вязкость, осмотическое давление, объем студня набухшего высокомолекулярного вещества и процессы сорбции [6].

Получены экспериментальные зависимости, характеризующие изменение концентрации ионов  $\text{Cd}^{2+}$  и  $\text{Cu}^{2+}$  от pH среды при введении в раствор биополимерной композиции. Установлено, что минимальные значения  $\text{Cd}^{2+}$  (0,22 мг/л) и  $\text{Cu}^{2+}$  (2,5 мг/л) получены в щелочной среде.

Массовую долю  $\text{Cd}^{2+}$  и  $\text{Cu}^{2+}$  сорбированных биополимерной композицией  $\omega_i$ , мас.%, рассчитали по формуле

$$\omega_i = \frac{m_i}{m_j} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $m_i$  – масса сорбированного  $\text{Cd}^{2+}$  и  $\text{Cu}^{2+}$  г;

$m_j$  – масса  $\text{Cd}^{2+}$  и  $\text{Cu}^{2+}$ , введенных в раствор, г.

Проведенные исследования подтвердили наличие сорбционной активности новой композиции по отношению ионов  $\text{Cd}^{2+}$  и  $\text{Cu}^{2+}$ . Наибольшее количество связанных ионов металлов составляет для ионов  $\text{Cd}^{2+}$  – 85,0 %, для ионов  $\text{Cu}^{2+}$  – 72,0 %.

Установлено, что разработанная композиция имеет более высокую сорбционную активность по сравнению с компонентами, формирующими их состав за счет синергетиче-

ского эффекта, увеличения количества групп, способных прочно связывать и удерживать ионы  $Cd^{2+}$  и  $Cu^{2+}$ .

#### Список литературы

1. Белякова Н.А. Энтеросорбция. – Л.: Центр сорбционных технологий, 1991. – 336 с.
2. Вайнштейн, С. Г. Пищевые волокна и усвояемость нутриентов // Вопросы питания. – 1984. – № 3. – С. 6-12.
3. Полянский, К. К., Родионова Н.С., Глаголева Л.Э. Топинамбур: перспективы использования в молочной. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1999. – 104 с.
4. Пустырский, И. Н. Лекарственные растения. – М.: Книжный дом, 2005. – 704 с.
5. Тихонов М.Н., Цыган В.Н. Металлоаллергены: общая характеристика и оценка неблагоприятного воздействия на здоровье работающих // Современная медицина. – 2004. – № 2. – С. 23-76.
6. Фридрихсберг, Д. А. Курс коллоидной химии. – СПб.: Изд-во «Химия», 1995. – 394 с.
7. Храмцов А.Г., Нестеренко П.Г. Технология продуктов из молочной сыворотки: учебное пособие. – М.: ДеЛи, 2004. – 587 с.

#### Рецензенты:

Суханов П.Т., д.х.н., профессор, декан факультета «Экология и химические технологии» ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж.

Нифталиев С.И., д.х.н., профессор, зав. кафедры неорганической химии и химических технологий ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж.