

D. A. SAFRONOVA

THE INTERNATIONAL CONFERENCE «THE WORLD OF JUICE — 2015»

The articles discuss the questions, which are discussed at the international conference and are related to manufacturing of juice products, amounts of consumption, consumption tastes and issues related to juice consumption, innovative packing solutions, control of quality and safety at the stage of juice products delivery.

УДК 664.2:543.5

Проведен морфологический и фазовый анализ картофельных белоксодержащего препаратов «Туберит» и «Тубелак», а также осуществлены ИК-спектроскопические исследования, изучены сорбционные свойства (влияние эссенциальных и токсичных металлов на сорбционную емкость) картофельного белоксодержащего препарата «Туберит».

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БЕЛОКСОДЕРЖАЩИХ
ПРЕПАРАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ КЛЕТОЧНОГО
КАРТОФЕЛЬНОГО СОКА**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

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

**Учреждение образования «Белорусский государственный университет»,
г. Минск, Республика Беларусь**

*С. А. Мечковский, доктор химических наук, профессор кафедры аналитической химии;
И. В. Мельситова, кандидат химических наук, доцент кафедры аналитической химии*

**ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича
Национальной академии наук Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь**

*В. И. Домаш, доктор биологических наук, руководитель сектора метаболизма
и функций белков растений*

Основные отходы крахмало-паточной отрасли — картофельная мезга и клеточный сок. Состав сухих веществ клеточного сока следующий, %: крахмал — 8,3; растворимые углеводы — 20–25; азотистые вещества — 35–40; минеральные вещества — 14–15; жиры — 2,8; другие вещества — до 20 [1].

Белорусскими учеными выделены белоксодержащие препараты из картофельного (клеточного) сока — отхода картофелекрахмальной отрасли [2, 3]:

1. «Туберит» (картофельный белок — ингибитор протеаз, м. м. > 1000 Да).
2. «Тубелак» (сумма свободных аминокислот, макро- и микроэлементов, витаминов, углеводов и прочих низкомолекулярных веществ — биостимулятор роста растений, м. м. < 1000 Да).

По биологической ценности белки картофеля превосходят белки многих зерновых культур и мало уступают белкам мяса и яйца [4]. Полноценность белков определяется составом аминокислот и, в частности, соотношением незаменимых аминокислот. В картофельном белке и в составе свободных аминокислот картофеля содержатся все аминокислоты, встречающиеся в растениях, в том числе в удачном соотношении незаменимые: лизин, метионин, треонин, триптофан, валин, фенилаланин, лейцин, изолейцин, поэтому перспективность и актуальность исследований в направлении изучения данного белка и его способности сорбировать эссенциальные и токсичные металлы не представляет сомнения.

Цель — исследовать основные характеристики белоксодержащих препаратов, полученных из картофельного клеточного сока.

Объект и методы исследования. *Объект исследования.* Объектом исследования являлся белоксодержащий препарат «Туберит» особенности технология получения, которого представлено на рис. 1.

Клубни картофеля измельчаются в скоростной терке **1** в картофельную кашку, поступающую во встроенный в терку инерционный сепаратор с вращающейся сетчатой поверхностью для выделения мезги (клетчатки) и соко-крахмального молочка. Мезга обезвоживается на пресс-фильтре или фильтрующей центрифуге **2** и используется для получения сухой клетчатки. Крахмал выделяется из соко-крахмального молочка также на пресс-фильтре или фильтрующей центрифуге **2**.

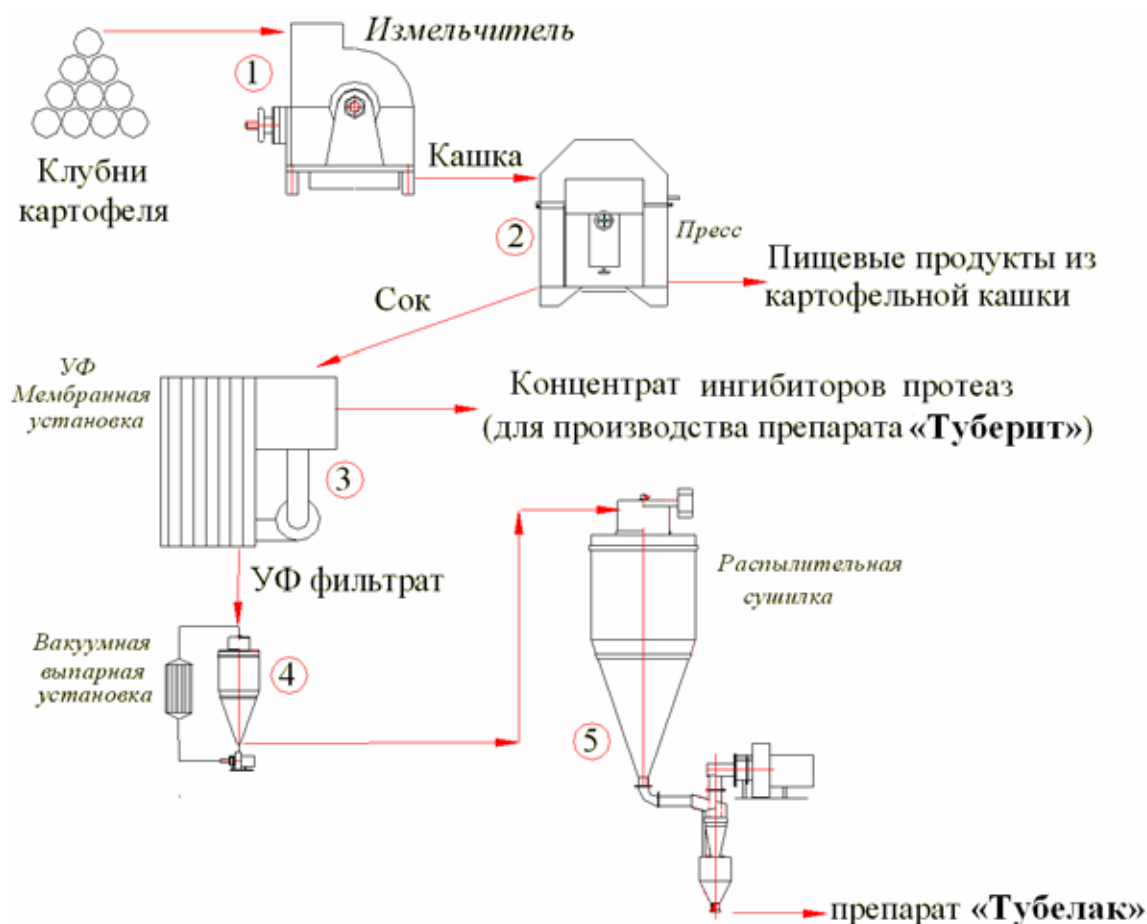


Рис. 1. Аппаратурно-технологическая схема установки для производства биостимулятора «Туберит» и средства защиты растений «Тубелак» из картофельного сока

Выделенный и очищенный от примесей сок перерабатывается на ультрафильтрационной (УФ) мембранной установке **3** в концентрат белков-ингибиторов протеаз и низкомолекулярный

фильтрат, содержащий свободные аминокислоты. Выделенный в УФ установке фильтрат упаривается на вакуумно-выпарной установке в аминокислотный концентрат.

Белковый концентрат и аминокислотный концентрат поочередно высушиваются на распылительной сушилке 5 в препараты «Туберит» и «Тубелак».

Фотосъемка. Фотосъемка белоксодержащих препаратов осуществлялась с близкого расстояния в режиме «Макро» при помощи фотоаппарата Canon Power Shot S2 IS (digital camera).

ИК-спектроскопия. Для получения ИК-спектров использовали инфракрасный спектрометр «Varian 3100 FT-IR». Препарирование осуществляли методом прямого прессования предварительно высушенных образцов с КВг. Параметры регистрации ИК-спектров: спектральная область: 4000–400 см⁻¹; интервал дискретизации: 0,5–1,0 см⁻¹; количество накоплений: 16.

Фазовый анализ. Запись дифракционных кривых проводили на рентгеновском дифрактометре HZG-4A (Carl Zeiss, Jena), CuK_α излучение, Ni фильтр, поточечная запись. Препарирование образцов осуществляли методом холодного прессования в виде монолитных круглых таблеток толщиной 2 мм и диаметром 18 мм. Относительную степень кристалличности рассчитывали по отношению интенсивностей I_k/I_o , где I_k – интенсивность дифракции рентгеновских лучей на кристаллических областях; I_o – общая интенсивность дифракции рентгеновских лучей.

Морфологический анализ. Морфологию структурных элементов, составляющих частицы образца, изучали с использованием сканирующего электронного микроскопа LEO 1420 (Германия). При изготовлении препарата образец в виде порошка наносили на металлическую подложку и прикрепляли к ее поверхности посредством токопроводящего клея. Затем на образец напыляли слой золота. Напыление проводили в вакуумной установке ЕМІТЕСН К 550Х (Германия).

Потенциометрический анализ. Отбор и подготовка проб. Для каждого анализа отбиралась и взвешивалась на аналитических весах проба препарата «Туберит» массой приблизительно 0,5 г.

Приготовление растворов. Приготовление растворов осуществляли следующим образом:

- ♦ 0,1 н. раствор натрия гидроксида: готовили из фиксанала.
- ♦ 0,1 н. раствор хлористоводородной кислоты: готовили из фиксанала.
- ♦ 0,1 М раствор натрия хлорида: 5,85 г натрия хлорида гексагидрата растворяли в дистиллированной воде и доводили объем до 1000 мл дистиллированной водой.
- ♦ *1 М раствор цинка нитрата: 29,7 г цинка нитрата гексагидрата растворяли в дистиллированной воде и доводили объем до 100 мл дистиллированной водой.
- ♦ *1 М раствор меди сульфата: 25,0 г меди сульфата гексагидрата растворяли в дистиллированной воде и доводили объем до 100 мл дистиллированной водой.
- ♦ *1 М раствор кальция нитрата: 16,4 г кальция нитрата растворяли в дистиллированной воде и доводили объем до 100 мл дистиллированной водой.
- ♦ *1 М раствор кадмия хлорида: 22,8 г кадмия хлорида 2,5-гидрата растворяли в дистиллированной воде и доводили объем до 100 мл дистиллированной водой.

Раствор хранили при температуре 20 °С не более 1 недели. При появлении мути или осадка раствор заменяют на свежеприготовленный.

Проведение испытания. Измерения проводились с помощью иономера рХ-150 (Республика Беларусь, г. Гомель).

В химическом стакан помещали приблизительно 0,5 г образца белка, растворяли в 20 мл 0,1 М раствора NaCl и добавляли 2 мл 1 М раствора соли.

Титрование проводили 0,1 н. раствором соляной кислоты, затем 0,1 н. раствором гидроксида натрия.

Обработка результатов. По полученным данным строили графики зависимости рН от объема титранта и обрабатывали их согласно методу Грегора.

Результаты и их обсуждение. Морфологический анализ. Анализируя фотографию внешнего вида (рис. 2) можно отметить, что белоксодержащие препараты «Туберит» и «Тубелак» представляют собой порошки коричневого цвета. Несмотря на общее сходство, имеются существенные различия между белоксодержащими препаратами «Туберит» и «Тубелак». Так, как видно из рис. 2, препарат «Туберит» имеет темно-коричневый цвет, а препарат «Тубелак» светло-коричневый

цвет. Препарат «Туберит» имеет свойства слеживаемости и образования большого количества комков различного размера. «Тубелак», напротив, сохраняет сыпучесть практически без образования комков. Образующиеся комки «Тубелака» очень мелкие.



Рис. 2. Фотографии белоксодержащих препаратов «Туберит» и «Тубелак»

На рис. 3 приведены сканирующие электронные микрофотографии препарата «Туберит». Анализируя представленный материал на микрофотографиях можно заметить белковую фракцию, которая представлена мелкими комками неправильной формы.

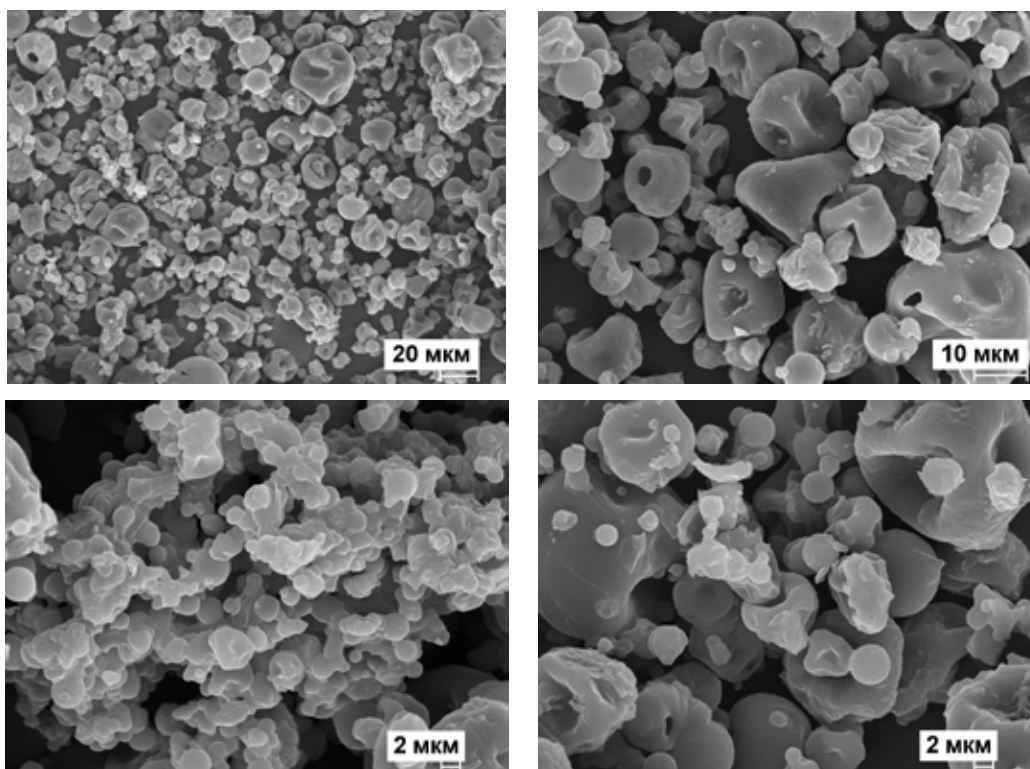


Рис. 3. Сканирующие электронные микрофотографии белоксодержащего препарата «Туберит»

Кроме того, четко наблюдается крахмальная фракция. Гранулы картофельного крахмала (в основном размера 5–15 мкм) неправильной округлой формы. На поверхности крахмальных

гранул имеется большое количество дефектов: «вмятин» и разного рода «выемок», «бороздок» и «складок». Поверхность крахмальных гранул гладкая, но имеется большое количество гранул с шероховатой, «сморщенной» поверхностью.

Сканирующие электронные микрофотографии препарата «Тубелак» представлены на рис. 4.

Как видно из рис. 4 крахмальные гранулы отсутствуют. На рисунках представлена одна только белковая фракция. По-видимому, в результате дополнительной технологической операции (фильтрации на УФ мембранной установке) можно достичь полного отделения белковой и крахмальной фракции.

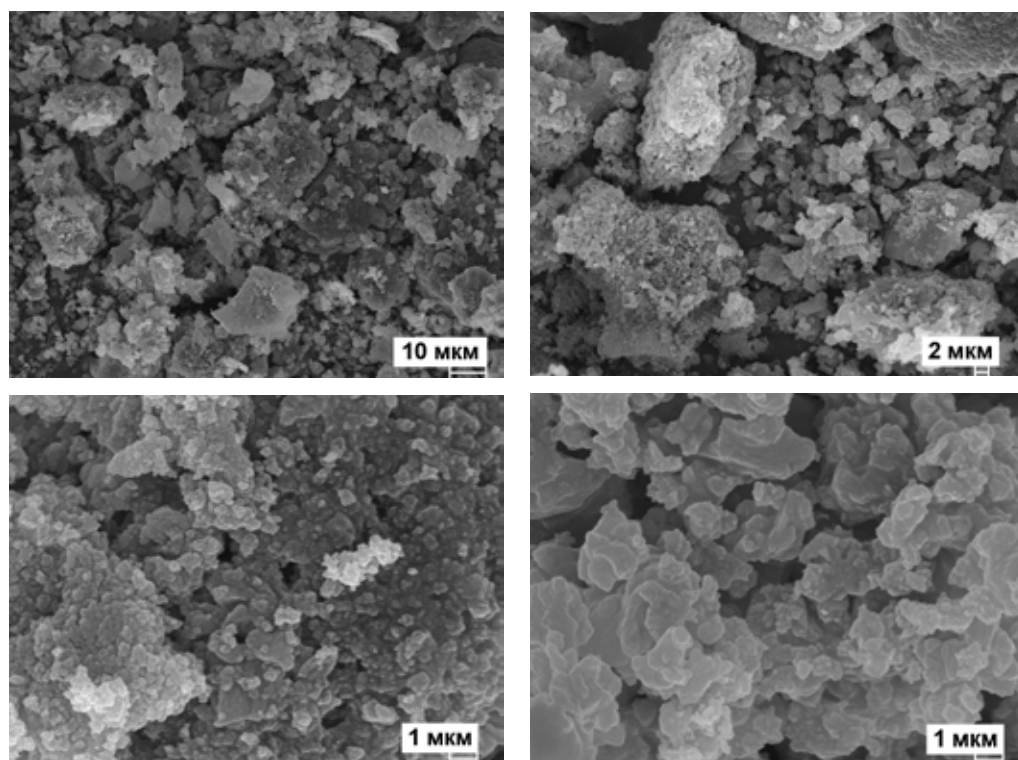


Рис. 4. Сканирующие электронные микрофотографии белоксодержащего препарата «Тубелак»

Белок на сканирующих электронных фотографиях представлен в виде мелких (1 мкм и менее) комков неправильной формы (безформенных). Кроме того, некоторые мелкие бесформенные частицы белка сгруппированы в более крупные. Так, имеется небольшое количество белковых комков размером 10 мкм, состоящих из мелких бесформенных частиц.

Фазовый анализ. На рис. 5 приведены рентгенограммы белоксодержащих препаратов «Туберит» и «Тубелак», а также для сравнения нативного картофельного крахмала. Препарат «Тубелак» в основном является преимущественно аморфным галом. Кристаллических участков содержится небольшое количество. В отличие от препарата «Тубелак», белоксодержащий препарат «Туберит» содержит гораздо большее количество кристаллических областей. По-видимому, большее содержание кристаллических участков у препарата «Туберит» связано с тем, что в нем присутствуют примеси крахмала. Так, у нативного картофельного крахмала, выделенного из картофеля сорта белорусской селекции «Атлант» относительная степень кристалличности составляет 60,0 %.

ИК-спектроскопические исследования. На рис. 6 и в табл. 1 представлены ИК-спектроскопические исследования образца препарата «Туберит» в области частот 4000–400 см⁻¹.

Особенностью поглощения белков в твердом состоянии является наличие сильных полос в области 3000–3500 см⁻¹ и около 1600–1400 м⁻¹. Эта особенность обусловлена ионным диполярным состоянием молекулы: в высокочастотной области — валентными колебаниями NH₂⁺ или NH₃⁺, а полосы 1600 и 1400 см⁻¹ соответствуют двум основным колебаниям карбоксильной группы —

COO⁻. По мере удлинения полипептидной цепи проявление концевых групп становится менее заметным, зато отчетливо наблюдается сильное поглощение пептидной (амидной) группы. Валентные колебания NH- связи дают сильную полосу около 3300 см⁻¹. В области ниже 2000 см⁻¹ выделяются несколько сильных полос, обозначаемых Амид-1 (около 1650 см⁻¹), Амид-2 (около 1550 см⁻¹) и Амид-3 (около 1200–1300 см⁻¹), обусловленных колебаниями в плоскости, и широкая полоса поглощения неплоских деформационных колебаний NH (Амид-5).

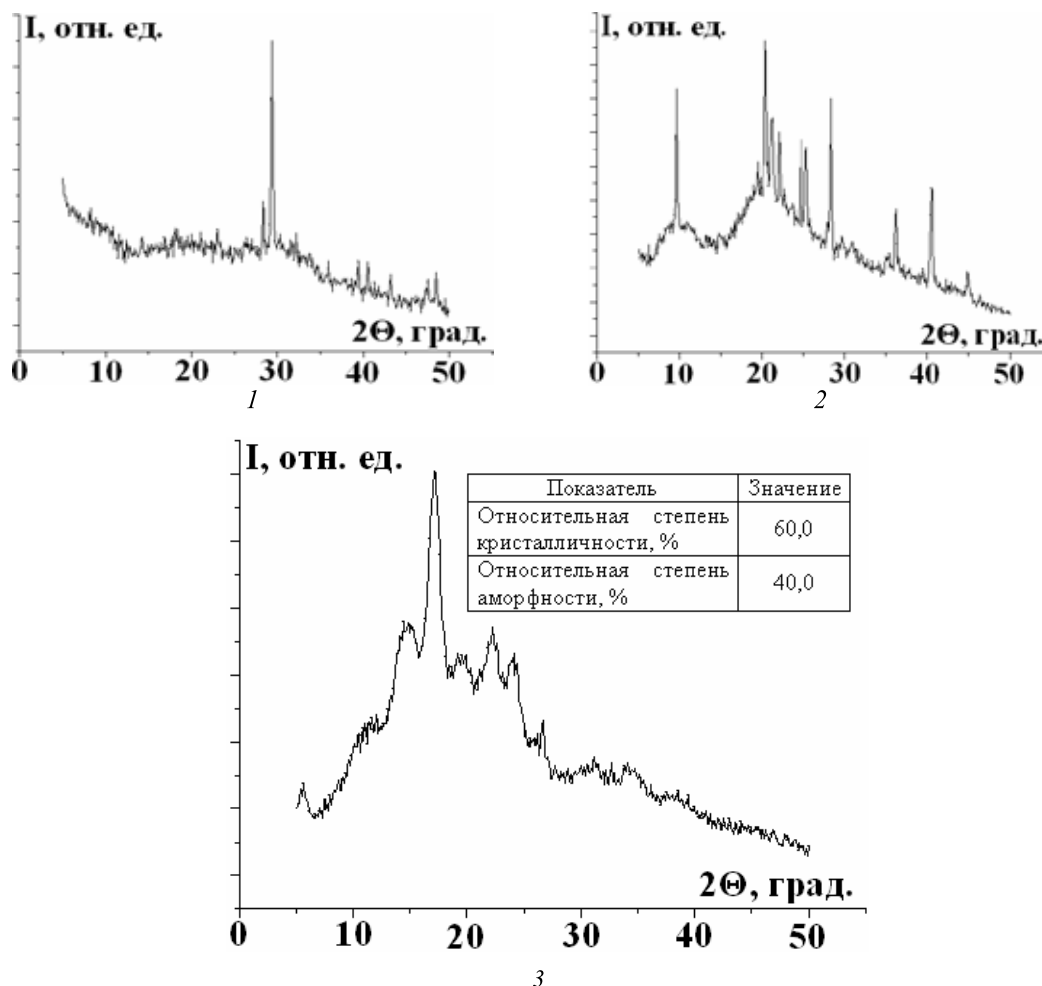


Рис. 5. Рентгенограммы:
 1 — препарат «Тубелак»; 2 — препарат «Туберит»;
 3 — нативный картофельный крахмал, выделенный из сорта «Атлант»

Другим характерным признаком амидных колебаний могут служить сдвиги частот в сильно разбавленных растворах полярных растворителей. Этот эффект обусловлен разрывом водородной связи N—H---O=C.

Наблюдаемые изменения нетрудно объяснить, если представить пептидную группу в виде шариков с пружинками: при разрыве водородной связи силовые коэффициенты связей NH и CO увеличиваются, т. к. уменьшаются длины этих связей. Отсюда следует, что валентное колебание NH в пептидной группе без водородной связи будет иметь более высокую частоту (около 3300 см⁻¹). Точно также и полоса Амид-1, обусловленная колебанием, при котором сильно изменяется длина связи CO, будет иметь соответственно более высокую частоту (на 40–50 см⁻¹). Частоты деформационных колебаний Амид-2, Амид-3 и Амид-5 сдвигаются при разрыве водородной связи в сторону низких частот. Величина сдвига частоты характеризует силу водородной связи. Наибольший сдвиг имеют валентное и неплоское деформационное колебания группы NH. Сильно изменяются также ширина полос и их интенсивность: при наличии водородной связи полосы

поглощения шире и приблизительно на порядок интенсивнее. В большинстве белков полоса валентных колебаний NH-группы имеет частоту максимума в интервале 3280–3310 см⁻¹; исключение составляют белки группы коллагена (3330 см⁻¹). Такая большая стабильность частоты объясняется тем, что основные параметры пептидной водородной связи (главным образом расстояние N–O) во всех этих структурах остаются приблизительно постоянными. Частота валентного колебания остается практически неизменной даже тогда, когда белок имеет беспорядочную конформацию цепей, но при этом ширина полосы становится заметно больше.

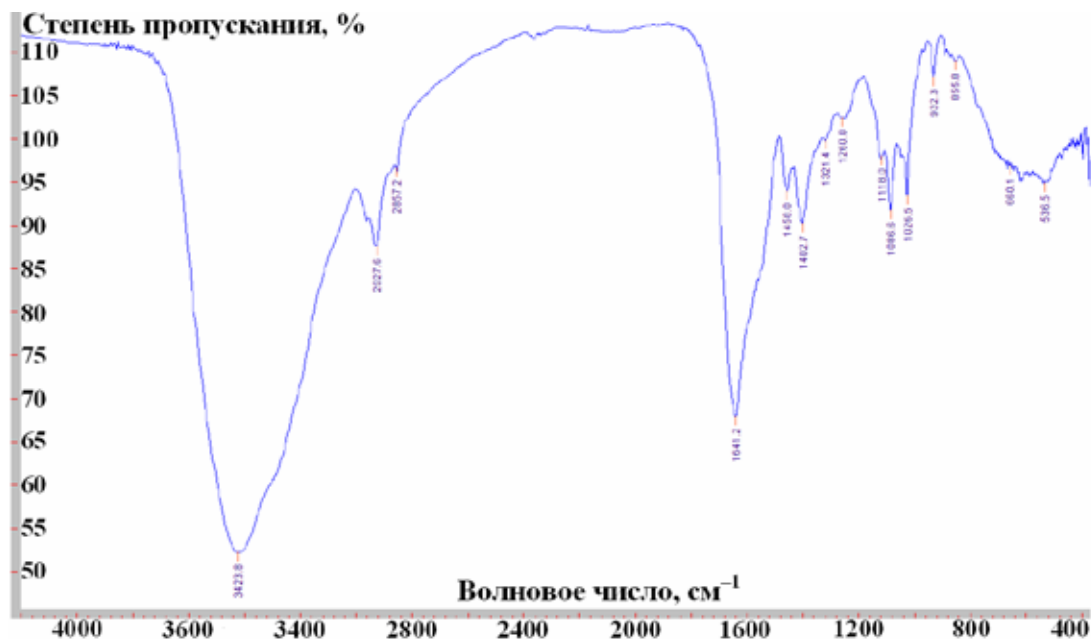


Рис. 6. ИК-спектр белоксодержащего препарата «Туберит»

1.

« »

Волновое число, см ⁻¹	Характеристика полосы	Тип колебания
3423,8	оч. сл. шр.	Валентные колебания групп О-Н или N-Н, связанных водородными связями (амид А)
2927,6	ср.	Валентные колебания С-Н
2857,2	сл.	Валентные колебания С-Н
1641,2	оч. сл.	Валентные колебания С=О (амид I)
1550,0	плечо	Деформационные колебания N-Н (амид II)
1458,0	ср.	Внутренние деформационные (ножничные) колебания СН ₂
1402,7	ср.	Деформационные плоскостные колебания С-О-Н, деформационные внешние (верные) колебания С-СН ₂
1321,4	оч. сл.	
1260,0	сл.	Валентные колебания С-N
1118,0	сл.	Валентные колебания пиранозного кольца, — С-О-Н, — С-О-С
1086,6	ср.	
1026,5	ср.	
932,3	сл.	

Примечания: ср. — среднее;
 сл. — сильное;
 оч. сл. — очень сильное;
 оч. сл. шр. — очень сильное и широкое;
 пл. — плечо.

Для ИК-спектров белков и продуктов их распада — пептидов — характерно наличие двух основных полос поглощения — амида I (1650 см^{-1}) и амида II (1550 см^{-1}), обусловленных валентными колебаниями C=O-связи (амид I) и плоскостными деформационными колебаниями NH-связи (амид II). Таким образом, если в спектрах исследуемого вещества прослеживаются обе полосы, то с большой вероятностью можно утверждать, что в анализируемой пробе есть полипептид или белок. Дополнительным свидетельством присутствия белка может служить наличие в ИК-спектре полосы поглощения при 3423 см^{-1} (амид A), характерной для белков.

При интерпретации полученных спектров имели в виду, что в ИК-спектрах полипептидов и белков проявляется несколько относительно сильных полос поглощения, которые, как правило, относятся к колебаниям пептидной группы — CONH-, как общему структурному компоненту белковых молекул. Полоса на ИК-спектрах, соответствующая основному колебанию групп — NH в структуре молекул большей части белков, находится в области около $3300\text{--}3400\text{ см}^{-1}$. В области $1600\text{--}1700\text{ см}^{-1}$ проявляется сильная полоса, которая смещается в сторону более высоких частот в разбавленном растворе. Она относится к валентному колебанию группы — CO и называется амид I. Третья хорошо изученная — характеристическая — полоса в спектре белковых молекул лежит вблизи области $1510\text{--}1570\text{ см}^{-1}$ и называется амид II.

В ИК-спектрах белков и полипептидов наблюдаются полосы амидной группы, т. е. пептидной связи — CO—NH-. Исследование низкомолекулярных амидов, в частности, метилацетамида $\text{H}_3\text{C}\text{--}\text{CO}\text{--}\text{NH}\text{--}\text{CH}_3$ и родственных веществ, и теоретические расчеты позволили получить колебательные характеристики амидной группы.

Потенциометрические исследования. Анализ рК спектров. В качестве способа оценки емкостных и интенсивных свойств обмена $\text{H}^+ \leftrightarrow \text{Me}^{n+}$ был опробован метод рК-спектроскопии. Данный метод можно считать достаточно информативным при исследовании бренстедовской кислотности сорбентов. Анализ базируется на применении математических методов, преобразующих экспериментальную кривую титрования в функцию распределения ионогенных групп титруемого объекта по величинам кажущихся констант диссоциации. Метод дает наиболее наглядное представление о бренстедовской кислотности. Поскольку материал представляет собой полифункциональный амфолит с различными значениями рК ионогенных групп, выделять дискретные значения констант белка некорректно. Преимущество рК-спектроскопии состоит в том, что она дает плотность вероятности распределения констант ионизации.

Для построения спектра применяется следующий алгоритм расчета [5]. Кривая потенциометрического титрования разбивается на участки. Каждый участок исследуется как кривая титрования отдельной ионогенной группы, для которой $\text{pH} = \text{pK}_{a(b)}$ при $\alpha = 0,5$, в соответствии с уравнением Гендерсона-Хассельбаха. Получаемый рК-спектр представляет собой диаграмму, отражающую зависимость концентраций функциональных групп в ионите от $\text{pK}_{a(b)}$ соответствующих групп. Количество пиков на диаграмме теоретически отвечает числу функциональных групп сорбента, высота пиков — их содержанию, хотя в действительности при анализе сложных объектов, к которым относятся пищевые белки, некорректно соотносить дискретный пик с конкретной функциональной группой.

При расчете рК-спектров был принят шаг базиса с интервалом $0,5\text{--}1,0$ [6, 7].

По результатам титрования белка на фоне солей кальция, кадмия и цинка были получены спектры, представленные на рис. 7.

Из приведенных рК спектров очевидно, что наибольшей сорбционной емкостью белок обладает в интервале рК от 2 до 4, при чем данное свойство сохраняется под влиянием всех рассмотренных металлов, что свидетельствует о существенной доле свободных кислотных функциональных групп. Небольшие пики в области $\text{pK} > 7$ обусловлены наличием в составе белка свободных аминогрупп.

Под влиянием кальция пики в спектре смещаются в более щелочную область (смещение рК составляет приблизительно $0,5\text{--}1$), а высота пиков (т. е. сорбционная емкость) в спектре белка в присутствии кальция усиливается. Это свидетельствует о более сильной ионообменной сорбции белком кальция по сравнению с натрием.

Под влиянием ионов цинка пиковая сорбционная емкость белка смещается область более низких pK и значения Q колеблются в пределах $1 \pm 0,5$ г-экв/л. Данный эффект может являться как следствием способности ионов цинка взаимодействовать с аминными группами белка, связывая их в комплексы и изменяя соотношение кислотных и основных функциональных групп, так и с более слабым сродством ионов цинка по сравнению с ионами кальция к карбоксильной группе (что согласуется с классическими представлениями теории Льюиса-Пирсона).

Под влиянием кадмия значительных смещений pK спектра белка не наблюдается, однако сорбционная емкость картофельного белка увеличивается, о чем свидетельствует увеличение высоты полос в спектре белка, полученного в присутствии соли кадмия. Данный эффект может быть следствием изменения структурных свойств картофельного белка, в результате проникновения в нее ионов кадмия. Как известно, кадмий обладает высоким сродством к остаткам серо-содержащих аминокислот [8, 9], которые согласно литературным данным [1], присутствуют в составе картофельного белка. Кадмий также может образовывать комплексные соединения со свободными аминокислотными группами белка, в результате чего сорбция белком кадмия увеличивается.

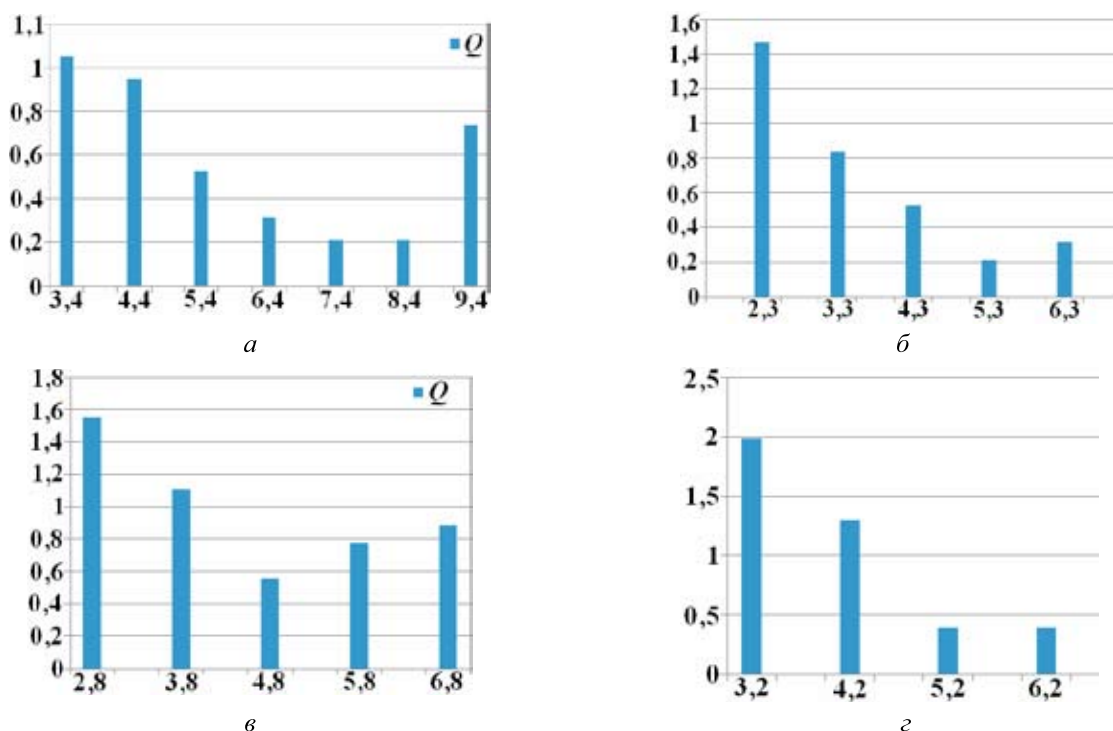


Рис. 7. pK спектры белоксодержащего препарата «Туберит»: а — без ионов; б — с ионами кальция; в — с ионами цинка; г — с ионами кадмия

Анализ графиков функции Грегора. Для обработки данных потенциометрического титрования нами использовались два распространенных расчетных метода оценки интенсивных и экстенсивных параметров брэнстедовской кислотности полиэлектролитов. Метод Грегора [10, 11] основан на уравнении, предложенном автором для описания кислотно-основного равновесия и диссоциации ионогенных групп в полимерных электролитах с помощью трех детерминирующих параметров: емкости ионита Q , кажущейся константы диссоциации в виде pK_n и дополнительного параметра n , характеризующего взаимодействие полимерных ионов.

Ниже представлены функции Грегора для образцов белка, титрованного в различных средах (рис. 8).

При оценке протолитических свойств полифункциональных ионообменников важно учитывать не только значение кажущихся констант, но и угловые коэффициенты функций Грегора. Угловым коэффициентом n представляет собой тангенс угла наклона (первая производная) функ-

ции $pK_n = f(\lg \alpha/(1-\alpha))$ (где α — степень оттитрованности белка), то есть характеризует количественно скорость изменения рН с изменением альфа.

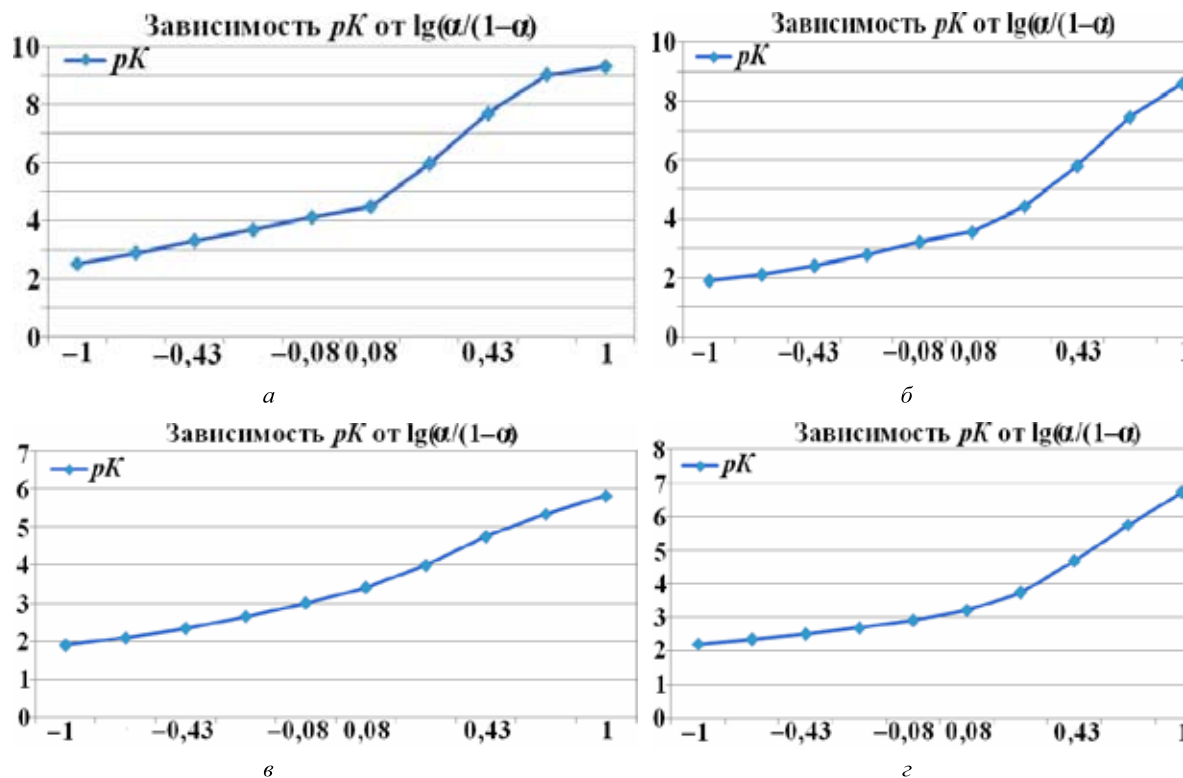


Рис. 8. График функции Грегора белоксодержащего препарата «Туберит»: а — без ионов; б — с ионами кальция; в — с ионами цинка; г — с ионами кадмия

В табл. 2 приведены рассчитанные значения параметра n функции Грегора для исследованных систем. В случае наличия нескольких участков определялся средний коэффициент для каждого участка.

Согласно табл. 2, в некоторых областях рН наблюдаются участки с коэффициентами n , близкими к единице. Эти участки могут быть отнесены к обменным процессам, протекающим в режимах структурного соответствия двух фаз. [12]. Некоторым областям свойственны значения n , превышающие единицу. Причиной этого явления, возможно, служит отклонение процесса взаимодействия ионита с титрантом от закона действующих масс, т. е. изменение относительной активности участников обмена (что весьма существенно при оценке и прогнозировании протолитических свойств такого рода материалов в случае варьирования химических условий их эксплуатации), а также полифункциональный состав белка и явления самоорганизации и кооперативности в системе [13]. До последнего времени нет однозначной трактовки наблюдаемых отклонений от закона действующих масс. Большинство авторов относит это к сильным эффектам, связанным с взаимным электростатическим воздействием близко расположенных функциональных групп. Согласно концепции Маннинга, на полимерных цепях с высокой плотностью фиксированных зарядов имеет место процесс конденсации противоионов, что, естественно, может вызвать наблюдаемые эффекты. В данной концепции предусматривается наличие определенной «критической» плотности зарядов, достижение которой связывается с началом процесса конденсации и, следовательно, сверхэквивалентного связывания противоионов. Последнее в определенной мере согласуется с представлениями о «статистическом связывании» противоионов [14], основанном на взаимодействии малых ионов с «зарядовым облаком полиэлектролита». Предполагаемое существование некоторой критической плотности

заряда для реализации данного типа межмолекулярного взаимодействия выражается в виде изломов на графиках превращения ионных форм как функции рН.

Среда	Интервал pK_n	Значение
Препарат Туберит	2,5–4,1	1,74
	4,1–7,7	9,2
	7,7–9,4	0,7
Туберит + Ca^{2+}	1,9–3,6	1,53
	3,6–8,6	6,15
Туберит + Zn^{2+}	2,1–6,0	1,98
Туберит + Cd^{2+}	2,2–3,2	0,933
	3,2–5,7	4,89
	5,7–7,3	4,4

Что касается изменения величины значений углового коэффициента под влиянием металлов, то здесь очевидно изменение протолитических свойств. Причиной этому могли послужить различные типы взаимодействия ионов металлов с молекулой белка: электростатические взаимодействия между ионами противоположных знаков, взаимодействие ионов металлов с функциональными группами и боковым цепями пептидной цепи, а также процессы комплексообразования. Причем общий вид зависимости, изломов и значений параметра n для кальция и кадмия аналогичны чистому белку, а под влиянием цинка изломы исчезают, а среднее значение n приближается к 1 (т. е. механизм обменных процессов приближается к режиму эквивалентного обмена).

Также было обнаружено различие в форме кривой зависимости $pK_n = f(\lg \alpha/(1-\alpha))$ (рис. 7в, 7г). В случае эссенциального металла цинка и токсичного кадмия, несмотря на близость их физических параметров и химических свойств, форма кривой отличается. У цинка в графике функции Грегора изломов в отличие от кадмия не наблюдается. Данный факт представляет собой научный интерес и требует дальнейшего исследования на предмет различий во влиянии на сорбционные свойства белка между эссенциальными и токсичными металлами.

Учитывая приведенные выше наблюдения, представляет также интерес возможность исследования усвояемости организмом картофельного белка и получение ответа на вопрос, способствует белок накоплению в организме тяжелых металлов или более склонен выводиться из организма в форме ассоциатов с ионами металлов.

Как видно, механизмы, приводящие к отклонениям ионообменных процессов от закона действующих масс, заслуживают дальнейшего изучения. Это требует привлечения разнообразных средств экспериментального исследования и подходов к интерпретации результатов.

Исходя из полученных данных можно заключить, что метод Грегора является умеренно пригодным для количественного описания протолитических и сорбционных свойств. Он позволяет выявить и дать количественную оценку функциональных групп белка. Становится возможным расчет сорбционной емкости белка. Однако на некоторых графиках зависимости $pK_n = f(\lg \alpha/(1-\alpha))$ наблюдаются труднообъяснимые изломы, а также выпадение точек, что не позволяет отнести метод Грегора к оптимальным для описания кислотных свойств исследуемых материалов.

Заключение. Проведен морфологический и фазовый анализ картофельных белоксодержащих препаратов «Туберит» и «Тубелак», а также осуществлены ИК-спектроскопические исследования, изучены сорбционные свойства (влияние эссенциальных и токсичных металлов на сорбционную емкость) картофельного белоксодержащего препарата «Туберит».

Белоксодержащие препараты «Туберит» и «Тубелак» — порошки коричневого цвета. Цвет препарат «Туберит» — темно-коричневого, а «Тубелак» — светло-коричневого цвета. Препарат «Туберит» имеет свойства слеживаемости и образования большого количества комков различного размера, «Тубелак», сохраняет сыпучесть практически без образования комков.

Морфологический анализ показал, что белоксодержащий препарат «Туберит» является бикомпозитом и содержит две фракции: белковую и крахмальную, а препарат «Тубелак», в результате фильтрации на УФ мембранной установке, содержит только белковую фракцию.

Белоксодержащий препарат «Тубелак» в основном является преимущественно аморфным гало, а препарат «Туберит» содержит как аморфные, так и кристаллические области, что связано с наличием примесей нативного картофельного крахмала.

Спектроскопические исследования белоксодержащего препарата «Туберит», полученного из картофельного (клеточного) сока — отхода картофельнокрахмального производства показывают, что для него характерен типичный ИК-спектр белка. Наиболее сильное валентное колебание, характерное для $C=O$ отмечено при $1641,2 \text{ см}^{-1}$, а валентное колебание при $1550,0 \text{ см}^{-1}$ принадлежащее $N-H$ находилось на плече.

У картофельного белоксодержащего препарата «Туберит» рК-спектроскопия является чувствительным и информативным способом оценки полиэлектролитов, а угловые коэффициенты функции Грегора позволяют оценить особенности ионообменных взаимодействий ионов металлов с полифункциональными электролитами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Литвяк, В. В. Разработка технологий получения картофельного концентрата из отходов крахмало-паточной отрасли / В. В. Литвяк, Е. В. Попова, В. В. Москва // Современные технологии сельскохозяйственного производства: XI Межд. научно-практ. конф. Гродно, 2008 г. / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, УО «Гродненский государственный аграрный университет». — Гродно, 2008. — С. 463–464.
2. Домаш, В. И. Стимулятор роста растений и способ его получения: Патент № 15015. ВУ, МПК⁷ А 01N 65/00 / В. И. Домаш, С. Г. Азизбемян, В. А. Тимофеева, А. Р. Набиулин, В. В. Шманай, Т. П. Шапиро, С. А. Забрейко, В. С. Голубева; заявка № а20080918; патентообладатель: ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси», ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси». — заявл. 11.07.2008; опубл. 30.10.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. — 2011.
3. Домаш, В. И. Фунгицидное средство защиты растений и способ его получения: Патент № 15856. ВУ, МПК⁷ А 01N 65/38 / В. И. Домаш, С. Г. Азизбемян, А. Р. Набиулин, В. В. Шманай, Т. П. Шапиро, С. А. Забрейко, В. А. Тимофеева, В. С. Голубева; заявка № а20091771; патентообладатель: ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси», ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси», ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», Научно-техническое общество с ограниченной ответственностью «АКТЕХ». — заявл. 10.12.2009; опубл. 30.06.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. — 2012.
4. Ловкис, З. В. Картофель и картофелепродукты: наука и технология / З. В. Ловкис, В. В. Литвяк, А. М. Мазур, И. М. Почицкая, Н. Н. Петюшев. — Минск: Беларус. навука, 2009. — 537 с.
5. Зареченский, В. М. Константы кислотно-основных равновесий / В. М. Зареченский [и др.] // Журнал прикладной химии. — 1995. Т. 68, № 4. — С. 643–649.
6. Гармаш, А. В. Потенциметрический анализ сложных протолитических систем методом рК-спектроскопии с использованием линейной регрессии / А. В. Гармаш [и др.] // Журнал аналитической химии. — 1998. — Т. 53. — № 3. — С. 241–248.
7. Гармаш, А. В. Потенциметрический анализ полиэлектролитов методом рК-спектроскопии с использованием линейной регрессии / А. В. Гармаш [и др.] // Журнал аналитической химии. — 1998. — Т. 53. — № 4. — С. 411–417.
8. Скальный, А. В. Биоэлементы в медицине / А. В. Скальный, И. А. Рудаков. — Москва: Мир, 2003. — 272 с.
9. Юрин, В. М. Основы ксенобиологии / В. М. Юрин. — Минск: Издательство БГУ, 2001. — 234 с.

10. *Лейкин, Ю. А.* Уравнение Грегора для описания кислотно-основного равновесия фосфорсодержащих катионитов / Ю. А. Лейкин, Т. А. Черкасова // Журнал физич. химии. — 2004. — Т.4. — № 5. — С. 625–638.
11. *Jian-Feng Chen.* Derivative analysis of potentiometric titration data to obtain protonation constant / Jian-Feng Chen, Yuan-Xian Xia, Gregory R. Choppin // J. anal. chem. 1996. — Vol. 68. — P. 3973–3978.
12. *Залкин, В. М.* Влияние межзатомного взаимодействия контактирующих веществ на свойства их граничных слоев / В. М. Залкин. // Журнал физич. химии. — 1996. — Т.70. — № 9. — С. 1638–1642.
13. *Овчинников, Ю. А.* Структура и функции ионных насосов биологических мембран / Ю. А. Овчинников, Н. Н. Модянов // Науч. сообщ. Вест. АН СССР. — 1987. — № 12. — С. 34–45.
14. *Lifson, S.* Neighbour interactions and symmetric properties of polyelectrolytes / S. Lifson, B. Kaufman, H. Lifson. // J. Phys. Chem. — 1957. — Vol.27. — № 6. — P. 1356–1362.

Рукопись статьи поступила в редакцию 05.02.2015

V. V. Litvyak, Z. V. Lovkis, S. A. Mechkovsky, I. V. Melsitova, V. I. Domash

STUDY CHARACTERISTICS CONTAINING PROTEIN PREPARATIONS DERIVED FROM CELLULAR POTATO JUICE

The morphological and phase analysis of potato containing squirrels of preparations «Tuberit» and «Tubelak» is carried out, and also I_k-spectroscopic researches are carried out, studied сорбционные свойства (influence essential and toxic metals on sorption capacity) a potato preparation containing fiber «Tuberit».

УДК 663.52

В статье рассмотрен процесс струйного перемешивания жидких пищевых сред, изучена схема взаимодействия струйных потоков, создаваемых статически закрепленными насадками, погруженными в жидкую среду. Предложена конструкция аппарата со струйным смесителем, проведены теоретические исследования и получены аналитические зависимости для определения скорости истечения затопленной струи для конического сходящегося насадка, установленного в цилиндрическом аппарате, скорости распространения струи на расстоянии от насадка, учитывающие конструктивные и технологические параметры струйного смесителя и насадка, силы реакции струи, а также влияние физико-механических свойств обрабатываемой среды.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ЖИДКОТЕКУЧИХ ПИЩЕВЫХ СРЕД

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь

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

А. А. Садовский, кандидат технических наук

Процесс перемешивания жидкотекучих сред широко используется с целью совершенствования технологических процессов и получения однородных дисперсных продуктов [1].

Самыми распространёнными способами перемешивания являются механический (с использованием лопастных мешалок) и циркуляционный (с использованием реакции струи жидкости).