

УДК 664.22/27

ЭКСТРАКЦИЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КРАХМАЛОВ ИЗ БОБОВЫХ КУЛЬТУР

К.В. Жвирбле, Е.В. Ожимкова, В.В. Орлов, Р.Н. Тарасова

Тверской государственный технический университет

Представленная работа посвящена разработке эффективного метода экстракции крахмалов из бобовых культур, обеспечивающего высокую степень извлечения ценных компонентов из растительного сырья. Для анализа полученных крахмалов использованы такие физико-химические методы анализа, как инфракрасная Фурье-спектроскопия и фотонная корреляционная спектроскопия.

Ключевые слова: *экстракция, крахмал, ультразвук, инфракрасная спектроскопия.*

Крахмал – один из самых распространенных природных полимеров и основной резервный источник энергии в растительных клетках [1]. Наряду с другими полисахаридами, которые используются в биотехнологии, крахмал имеет несколько неоспоримых преимуществ:

- ежегодная возобновляемость сырьевых ресурсов для его получения;
- простота модификации молекул крахмала и придание новых практически ценных свойств путем химического, физического, микробиологического или комбинированного воздействия;
- возможность использования крахмалов для создания новых биodeградируемых материалов;
- нетоксичность и удобство работы с крахмалом как с полимером.

В биотехнологии крахмал нашел применение при производстве этанола, ацетона и бутанола, подсластителей и сиропов, глюкозы, фруктозы, молочной кислоты и т.д. [2].

В настоящее время широко используются в основном картофельный и кукурузный крахмалы, которые, к сожалению, обладают рядом существенных недостатков. Вследствие этого во многие процессы внедряют крахмалы, полученные из других видов растительного сырья, например, гороха, фасоли, чечевицы и т.д. Например, в пищевой промышленности все чаще стал использоваться гороховый крахмал, прежде всего как эффективное средства сгущения и связывания жидкости, а также в качестве оптимизатора в процессе образования желе. Многочисленные производители особенно охотно работают с крахмалами из бобовых культур при изготовлении мясных и молочных продуктов, а также кондитерских и хлебобулочных изделий, консервов, супов и т.д.

В представленной работе предложена эффективная методика ультразвуковой экстракции крахмалов из бобовых культур, а также проведен анализ полученных полисахаридов современными физико-химическими методами. В качестве растительного сырья использовались чечевица, зеленый и желтый горох, белая и красная фасоль.

Для ультразвуковой экстракции крахмалов из растительного сырья использовался прибор IKASONIC U 50 control, генерирующий продольные механические колебания с частотой 30 кГц, в диапазоне мощностей от 12.5 Вт/см² до 460 Вт/см². К измельченной навеске растительного сырья добавляли дистиллированную воду (гидромодуль 1:5) и 0.5 н раствор едкого натра до pH=8.5, после чего и проводили ультразвуковую обработку. Затем полученную суспензию фракционировали и одновременно промывали дистиллированной водой на сите с диаметром пор 50 мкм для отделения мезги от суспензии крахмала. Крахмал отделяли от супернатанта центрифугированием (3500 об/мин, 15 мин), для промывки вносили дистиллированную воду, полученный раствор нейтрализовали до pH=6.0 добавлением 1 н HCl, а затем повторно центрифугировали (3500 об/мин, 15 мин) и крахмал лиофильно высушивался. Для выбора и обоснования оптимальных условий ультразвуковой обработки были проведены серии экспериментов с варьированием мощности и продолжительности ультразвукового воздействия. В качестве контроля проводилась экстракция без ультразвукового воздействия. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Сравнительный анализ выходов крахмала при различных условиях экстракции

Растительное сырье	выход крахмала, %	
	без ультразвукового воздействия	ультразвуковая экстракция
Зеленый горох	22±0.1	30±0.1
Желтый горох	18±0.1	23±0.1
Белая фасоль	18±0.1	25±0.1
Красная фасоль	15±0.1	19±0.1
Зеленая чечевица	20±0.1	25±0.1

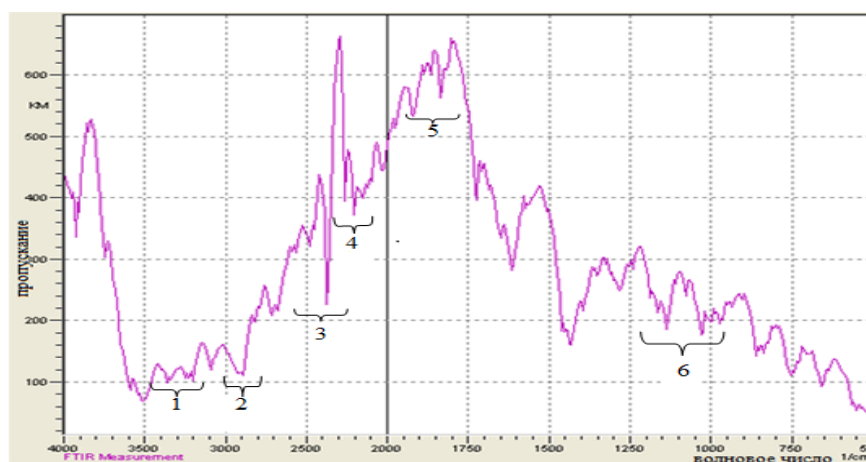
Для определения размеров частиц использовался анализатор размера частиц 90 Plus/MAS с лавинным детектором, (Brookhaven Instruments). Метод динамического рассеяния света (метод квазиупругого светорассеяния или фотонной корреляционной спектроскопии) имеет несколько существенных достоинств: длительность эксперимента невелика, требуются скромные затраты на проведение измерения, а также обеспечивается возможность анализа данных, содержащих широкий

диапазон распределений видов самых различных молекулярных масс. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Эффективные диаметры частиц крахмалов

Растительное сырье	Диаметр частиц ,нм
Зеленый горох	799.3
Желтый горох	916.8
Белая фасоль	667.3
Красная фасоль	688.3
Зеленая чечевица	1228.4



ИК-спектр крахмала, полученного из желтого гороха

Устойчивость структуры биополимеров обеспечивают межфрагментные связи, максимальное количество которых образуется при свертывании полимерной цепи в конформации с оптимальным соотношением поверхности к объему и организацией координационной насыщенности донорных атомов функциональных групп и входящих в состав композиций молекул воды [4].

Каждая структурная модификация молекул биополимеров характеризуется набором жестких конформаций цепи. Причины таких особенностей заключены в полифункциональности молекул крахмала. Взаимодействие групп различной природы приводит к возникновению устойчивых внутримолекулярных связей. В простейших случаях эти связи обуславливают свернутые (приближающиеся к глобулярным) конформации цепи. В других случаях они приводят к возникновению конформационных состояний цепи, аналогичных линейным кристаллам.

Даже в наиболее плотно свернутых состояниях макромолекул в атомно-молекулярной архитектуре существуют пустоты, соизмеримые с размерами молекул. Вода может заполнять такого рода пустоты в макромолекуле и, таким образом, становится составной частью макромолекулярной глобулы [3–5].

При анализа полученных спектров (см. рисунок) установлено, что все крахмалы по своей структуре похожи. В табл. 3 приведены основные функциональные группы, которые обнаружены во всех исследуемых образцах крахмалов.

Таблица 3

Основные функциональные группы крахмалов

Область, см ⁻¹	Группа	Обозначение на рисунке
3000-3600	- OH	1
2800-2900	- CH -	2
2300-2400	$\begin{array}{c} \\ -C-H \\ \end{array}$	3
2080-2150	$\begin{array}{c} -C-C- \\ \quad \\ H \quad H \end{array}$	4
1800-1900	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C-OH \\ \end{array}$	5
1150-1300	$\begin{array}{c} \quad \\ -C-O-C- \\ \quad \end{array}$	6

В ИК-спектрах крахмалов наблюдаются широкие полосы поглощения валентных колебаний гидроксильных групп в области 3000–3700 см⁻¹, а также ряд полос в низкочастотной области от 2000 до 500 см⁻¹. Проявление всех типов ИК-поглощения гидроксильной группы зависит от того, к какому углеродному атому звена полимера присоединена гидроксильная группа – первичному, вторичному или третичному, является ли эта группа свободной или она связана внутримолекулярными или межмолекулярными водородными связями, какова сила этих водородных связей [6–7].

Предложенная методика экстракции крахмалов обеспечивает эффективное извлечение данных ценных компонентов из бобовых. Ус-

тановлено, что ультразвуковое воздействие не обеспечивает существенного увеличения выхода крахмала из растительного сырья, но способствует сокращению времени процесса. Анализ инфракрасных спектров подтверждает схожую структуру всех полученных крахмалов. Результаты измерения эффективного диаметра частиц крахмала будут полезны для успешного создания различных биоразлагаемых многофазных композиций на его основе.

Крахмалы из бобовых культур могут быть использованы в качестве добавки к картофельному и кукурузному крахмалам для улучшения качества и физико-химических свойств, таких, как устойчивость к ретроградации, увеличение водосвязывающей способности и т.д. Кроме того, ультразвуковая экстракция позволяет получить крахмалы с низким содержанием примесей белковых компонентов. Условия проведения процесса без использования нагревания и дополнительных экстрагентов обеспечивают сохранение биологической активности молекул крахмала, что в свою очередь позволяет использовать их в качестве добавок для повышения биологической ценности пищевых продуктов.

Список литературы

1. Трегубов Н.Н., Жарова Е.Я., Жушман А.И., Сидорова Е.К. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.
2. Гулюк Н. Г. // Пищевая промышленность. 2008. № 2. С. 48–50.
3. Румянцева Г.Н. // Хранение и переработка сельхозсырья. 2009. № 2. С. 44–46.
4. Манк В.В., Мельник О.П., Трачевский В.В. // Химия и технология воды. 2011. № 6. С.666 – 674.
5. Структура и стабильность биологических макромолекул / Под. ред. М.В. Волькенштейна. М.:Мир, 1973. 584 с.
6. Starches: characterization, properties and applications / Ed. C.A. Bertolini. New York: Taylor and Francis Group, LLC, 2010.
7. Накамото К. Инфракрасные спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений. М.: Мир, 1991.

EXTRACTION AND PHYSICOCHEMICAL ANALYSIS OF STARCHES FROM LEGUMES

K.V. Zhvirble, E.V. Ozhimkova, V.V. Orlov, R.N. Tarasova

Tver State Technical University

This work is dedicated to the development of an effective method of extracting starch from legumes, providing a high degree of recovery of valuable components from vegetable raw materials. For the analysis of the starches used are

physical and chemical methods of analysis as a Fourier Transform Infrared Spectroscopy and photon correlation spectroscopy.

Keywords: *extraction, starch, ultrasound, infrared spectroscopy.*

Об авторах:

ЖВИРБЛЕ Кристина Викторовна – магистрант кафедры биотехнологии и химии Тверского государственного технического университета, e-mail: sulman@online.tver.ru

ОЖИМКОВА Елена Владимировна – кандидат химических наук, доцент кафедры биотехнологии и химии Тверского государственного технического университета, e-mail: eozhimkova@mail.ru

ОРЛОВ Владимир Владимирович – студент кафедры биотехнологии и химии Тверского государственного технического университета, e-mail: sulman@online.tver.ru

ТАРАСОВА Регина Николаевна – студент кафедры биотехнологии и химии Тверского государственного технического университета, e-mail: sulman@online.tver.ru