

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра физической химии и электрохимии

Гурщенкова Лилия Александровна

**КОНЬЮГАТЫ ПОЛИСАХАРИДОВ С ПРИРОДНЫМИ  
ФЕНОЛЬНЫМИ КИСЛОТАМИ: СИНТЕЗ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ  
АНАЛИЗ АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ**

Дипломная работа

Научный руководитель:  
ведущий научный сотрудник  
ГНУ «Институт химии новых  
материалов» НАН Беларуси,

к.х.н., доцент

К.С. Гилевская

Научный консультант:

д. х. н., профессор

В.В. Паньков

Допущена к защите

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 г.

Зав. кафедрой физической химии и электрохимии

д. х. н., профессор

Е. А. Стрельцов

Минск, 2025

## РЕФЕРАТ

Дипломная работа состоит из 126 страниц, в том числе 45 рисунков, 14 таблиц, 147 использованных источника.

Тема: «Конъюгаты полисахаридов с природными фенольными кислотами: синтез и сравнительный анализ антиоксидантных свойств».

Ключевые слова: ХИТОЗАН, ПЕКТИН, ФЕНОЛЬНЫЕ КИСЛОТЫ, КОНЪЮГАТЫ ПОЛИСАХАРИД-ФЕНОЛЬНАЯ КИСЛОТА, КАРБОДИИМИДНОЕ СВЯЗЫВАНИЕ, АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ.

Цель работы – получение конъюгатов полисахаридов (хитозана, пектина) с фенольными кислотами (галловой и феруловой) карбодиимидным методом и сравнительный анализ антиоксидантных свойств.

Объекты исследования – полисахариды (хитозан, пектин), фенольные кислоты (галловая и феруловая), а также их конъюгаты, полученные методом карбодиимидной конъюгации.

Предметы исследования: закономерности формирования, синтез конъюгатов полисахарид-фенольная кислота, их структурная характеристика и сравнительная оценка антиоксидантной активности методами ABTS, DPPH и Фолина-Чокальтеу.

Методы исследования: УФ- и видимая спектроскопия (определение эффективности связывания и емкости), метод электрофоретической подвижности (определение дзета-потенциала), метод динамического светорассеяния (определение гидродинамического размера и индекса полидисперсности), атомно-силовая микроскопия и сканирующая электронная микроскопия (определение размеров частиц), ИК-спектроскопия (доказательство образования конъюгатов), термогравиметрический анализ (доказательство образования конъюгатов).

Разработаны методики синтеза конъюгатов полисахарид-фенольная кислота, изучены количественные закономерности их формирования

(содержание фенольной кислоты в конъюгате и эффективность её связывания с полисахаридом). Установлена взаимосвязь между составом комплексов и их физико-химическими свойствами (дзета-потенциал, гидродинамический диаметр, индекс полидисперсности). Изучены антиоксидантные свойства конъюгатов методами ABTS, DPPH и Фолина-Чокальтеу.

## РЭФЕРАТ

Работа складаецца з 126 старонак, уключаючы 45 малюнкаў, 14 табліц, 147 выкарыстаных крыніцы.

Тэма: «Кан'югаты поліцукрыдаў з прыроднымі фенольнымі кіслотамі: сінтэз і параўнальны аналіз антыаксідантных уласцівасцяў».

Ключавыя словы: ХІТАЗАН, ПЕКЦІН, ФЕНОЛЬНЫЯ КІСЛОТЫ, КАН'ЮГАТЫ ПОЛІЦУКРЫД-ФЕНОЛЬНАЯ КІСЛАТА, КАРБАДЫМІДНАЕ ЗВЯЗВАННЕ, АНТЫАКСІДАНТНАЯ АКТЫУНАСЦЬ.

Мэта працы – атрыманне кан'югатаў поліцукрыдаў (хітазана, пекціну) з фенольнымі кіслотамі (галавай і ферулавай) карбадымідным метадам і параўнальны аналіз антыаксідантных уласцівасцяў.

Аб'екты даследавання – поліцукрыды (хітазан, пекцін), фенольныя кіслоты (галавая і ферулавая), а таксама іх кан'югаты, атрыманыя метадам карбадыміднай кан'югацыі.

Прадметы даследавання: заканамернасці фарміравання, сінтэз кан'югатаў поліцукрыд-фенольная кіслата, іх структурная характарыстыка і параўнальная адзнака антыаксідантнай актыўнасці метадамі ABTS, DPPH і Фоліна-Чокальцеу.

Метады даследавання: УФ-і бачная спектраскапія (вызначэнне эфектыўнасці звязвання і ёмістасці), метады электрафарэтычнай рухомасці (вызначэнне дзета-патэнцыялу), метады дынамічнага святлорасейвання (вызначэнне гідрадынамічнага памера і індэкса палідысперснасці), атамна-сілавая мікраскапія і сканавальная электронная мікраскапія (вызначэнне памераў часціц), ІК-спектраскапія ( доказы утварэння кан'югатаў), тэрмагравіметрычны аналіз ( доказы утварэння кан'югатаў).

Распрацаваны метадыкі сінтэзу кан'югатаў поліцукрыд-фенольная кіслата, вывучаны колькасныя заканамернасці іх фарміравання (утрыманне фенольнай кіслаты ў кан'югаце і эфектыўнасць яе звязвання з поліцукрыдам). Устаноўлена ўзаемасувязь паміж складам комплексаў і іх фізіка-хімічнымі

ўласцівасцямі (дзэта-патэнцыял, гідрадынамічны дыяметр, індэкс полідысперснасці). Вывучаны антыаксідантныя ўласцівасці кан'югатаў метадамі ABTS, DPPH і Фоліна-Чокальцеу.

## ABSTRACT

The graduate thesis consists of 126 pages, including 45 figures, 14 tables, and 147 cited sources were used.

Theme: «Polysaccharide conjugates with natural phenolic acids: synthesis and comparative analysis of antioxidant properties».

Key words: CHITOSAN, PECTIN, PHENOLIC ACIDS, POLYSACCHARIDE-PHENOLIC ACID CONJUGATES, CARBODIIMIDE COUPLING, ANTIOXIDANT ACTIVITY.

The purpose of this thesis – to obtain polysaccharide (chitosan, pectin) conjugates with phenolic acids (gallic and ferulic) through carbodiimide methodology and conducting comparative evaluation of their antioxidant characteristics.

The objects of the study – native polysaccharides (chitosan, pectin), phenolic compounds (gallic acid, ferulic acid), and their respective conjugates synthesized via carbodiimide-assisted conjugation.

The subjects of the study: synthesis patterns, structural features of polysaccharide-phenolic acid conjugates, and their comparative antioxidant performance assessed through ABTS, DPPH, and Folin-Ciocalteu assays.

Research methods: UV and visible spectroscopy (binding efficiency and capacity determination), electrophoretic mobility (zeta potential measurement), dynamic light scattering (hydrodynamic diameter and polydispersity index evaluation), atomic force and scanning electron microscopy (particle size characterization), IK-spectroscopy (conjugate formation verification), and thermogravimetric analysis (conjugate confirmation).

Methods for the synthetic protocols for polysaccharide-phenolic acid conjugates enabled have been developed and quantitative analysis of formation kinetics (phenolic acid incorporation efficiency and binding yield) has been studied. Structure-property relationships regarding physicochemical parameters (zeta potential, hydrodynamic diameter, polydispersity index) has been established. The

antioxidant properties have been systematically evaluated using standardized ABTS, DPPH, and Folin-Ciocalteu assays.