

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСИ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра физической химии и электрохимии

БЕЗНОСИК Татьяна Викторовна

**БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ ПЛЕНКИ ДЛЯ УПАКОВКИ ПИЩЕВЫХ
ПРОДУКТОВ И ТРАНСМУКОЗАЛЬНОЙ ДОСТАВКИ
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ**

Магистерская диссертация

специальность 7-06-0531-01 «Химия»

Научный руководитель:
Савицкая Татьяна Александровна
доктор химических наук,
профессор

Допущена к защите

«__» _____ 2025 г.

Зав. кафедрой физической химии и электрохимии

_____ Е.А. Стрельцов

доктор химических наук,

профессор

Минск, 2025

АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертация состоит из 136 страниц, содержит 83 рисунка, 21 таблицу, 1 приложение, 40 литературных источников.

Ключевые слова: пищевые полимеры, растительные добавки, реологические свойства, антиоксидантная активность, антимикробная активность, упаковочные плёнки, гидрофильные покрытия, снижение кислородопроницаемости, ородиспергируемые плёнки (*oral strips*), трансмукозальная доставка.

Объект исследования: биоразлагаемые, съедобные плёнки и покрытия для упаковки пищевых продуктов с целью продления их сроков хранения; быстрорастворимые плёнки-полоски на основе полисахаридов с различными биологически активными и вкусовыми ингредиентами, а также лекарственными препаратами.

Предмет исследования: реологические свойства формовочных композиций, химический состав растительных экстрактов, функциональные свойства (физико-механические, структурные, антимикробные, антиоксидантные) биоразлагаемых плёнок в контексте их применения для упаковки пищевых продуктов и трансмукозальной доставки биологически активных ингредиентов.

Цель исследования: разработка составов формовочных композиций на основе пищевых полимеров и растительных добавок для получения упаковочных плёнок, ородиспергируемых плёнок и покрытий на гидрофобные упаковочные материалы для снижения их кислородопроницаемости. Исследование выполнено в рамках ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биохимия» (подпрограмма «Лесохимия-2», задание НИР «Разработка новых составов многофункциональных съедобных пленок и покрытий с биоцидными свойствами из растительного сырья» № гос. регистрации 20211446).

Методы исследования: подбор оптимальных составов формовочных композиций и исследование их реологических свойств, а также исследование состава растительных добавок, вводимых в эти формовочные композиции, наработка экспериментальных упаковочных плёнок и ородиспергируемых плёнок-полосок на основе полисахаридов, с введенными в них биологически активными веществами, оценка их физико-механических, органолептических и структурных свойств, антиоксидантной и антимикробной активности, оценка влияния полученных плёнок и покрытий на сохранность пищевых продуктов; оценка релиза лекарственных веществ из ородиспергируемых плёнок.

Научная новизна: разработаны новые упаковки на основе биоразлагаемых полимеров, а также гидрофильные покрытия на синтетические плёнки, способные продлевать сроки хранения пищевых продуктов; получены новые трансмукозальные терапевтические системы доставки биологически активных веществ и прототипы лекарственных препаратов в виде лекарственной формы *oral strips*.

Положения, выносимые на защиту:

- новые рецептуры формовочных композиций для получения пленок и покрытий на основе кукурузного крахмала, альгината натрия, хитозана, поливинилового спирта и растительных экстрактов с антиоксидантными, антибактериальными, индикаторными и другими функциональными свойствами, обеспечивающими увеличение сроков хранения скоропортящихся продуктов;

- реологические характеристики, исследованных систем, проявляющих свойство псевдопластичности, поведение которых соответствует в наибольшей степени модели Оствальда-де-Вилла;

- оптимизированные методики введения растительных компонентов в выбранные формовочные композиции;

- методики получения наночастиц серебра с использованием растительных экстрактов и наночастиц полифенолов методом замены растворителя;

- режимы получения плёнок методом сухого формования вручную и на автоматической установке с движущейся фильерой *doctor blade* по технологии *casting solutions*;

- зависимости физико-механических характеристик полученных плёнок, их антиоксидантных и антимикробных свойств от химического состава полимерных композиций и фитохимических веществ;

- составы и способы нанесения гидрофильных покрытий на синтетические упаковочные плёнки для увеличения их кислородопроницаемости;

- новые рецептуры и условия получения ородиспергируемых плёнок, содержащих БАДы и лекарственные вещества, с улучшенными органолептическими свойствами, биodeградирующих в модельных средах организма.

Достоверность результатов: результаты достоверны и статически подтверждены. Достоверность результатов обеспечивается корректным выбором методов исследования. Все выводы подтверждены серией повторных опытов и согласуются с теоретическими представлениями и литературными данными.

Область возможного практического применения: пищевая и фармацевтическая промышленности, медицина.

АНАТАЦЫЯ

Магістарская дысертацыя складаецца з 136 старонак, змяшчае 83 малюнка, 21 табліцу, 1 дадатак, 40 літаратурных крыніц.

Ключавыя словы: харчовыя палімеры, раслінныя дабаўкі, рэалагічныя ўласцівасці, антыаксідантная актыўнасць, антымікробная актыўнасць, пакавальныя плёнкi, гідрафільныя пакрыцці, зніжэнне кіслародапранікальнасці, арадыспергаваныя плёнкi (*oral strips*), трансмуказальная дастаўка.

Аб'ект даследавання: біяраскладальныя, ядомыя плёнкi і пакрыцці для пакавання харчовых прадуктаў з мэтай падаўжэння іх тэрмінаў захоўвання; хуткарастваральныя плёнкi-палоскі на аснове поліцукрыдаў з рознымі біялагічна актыўнымі і смакавымі інгрэдыентамі, а таксама лекавымі прэпаратамі.

Прадмет даследавання: рэалагічныя ўласцівасці фармовачных кампазіцый, хімічны склад раслінных экстрактаў, функцыянальныя ўласцівасці (фізіка-механічныя, структурныя, антымікробныя, антыаксідантныя) біяраскладальнага плёнак у кантэксце іх прымянення для ўпакоўкі харчовых прадуктаў і трансмукозальнай дастаўкі біялагічна актыўных інгрэдыентаў.

Мэта даследавання: распрацоўка складаў фармовачных кампазіцый на аснове харчовых палімераў і раслінных дабавак для атрымання ўпаковачных плёнак, арадыспергаваных плёнак і пакрыццяў на гідрафобныя ўпаковачныя матэрыялы для зніжэння іх кіслародапранікальнасці. Даследаванне выканана ў рамках ДПНД "Хімічныя працэсы, рэагенты і тэхналогіі, біярэгулятары і біяхімія" (падпраграма "Лесахімія-2", заданне НДР "Распрацоўка новых складаў шматфункцыянальных ядомых плёнак і пакрыццяў з біяцыднымі ўласцівасцямі з расліннай сыравіны" № дзярж. рэгістрацыі 20211446).

Метады даследавання: падбор аптымальных складаў фармовачных кампазіцый і даследаванне іх рэалагічных уласцівасцяў, а таксама даследаванне складу раслінных дабавак, якія ўводзяцца ў гэтыя фармовачныя кампазіцыі, напрацоўка эксперыментальных пакавальных плёнак і арадыспергаваных плёнак-палосак на аснове поліцукрыдаў, з уведзенымі ў іх біялагічна актыўнымі рэчывамі, ацэнка іх фізіка-механічных, арганалептычных і структурных уласцівасцей, антыаксідантнай і антымікробнай актыўнасці, ацэнка ўплыву атрыманых плёнак і пакрыццяў на

захава насць харчовых прадуктаў; ацэнка рэлізу лекавых рэчываў з ародиспергіруемых плёнак.

Навуковая навізна: распрацаваны новыя ўпакоўкі на аснове біяраскладальных палімераў, а таксама гідрафільныя пакрыцці на сінтэтычныя плёнкі, здольныя падаўжаць тэрміны захоўвання харчовых прадуктаў;

атрыманы новыя трансмуказальныя тэрапеўтычныя сістэмы дастаўкі біялагічна актыўных рэчываў і прататыпы лекавых прэпаратаў у выглядзе лекавай формы *oral strips*.

Палажэнні, якія выносяцца на абарону:

- новыя рэцэптуры фармовачных кампазіцый для атрымання плёнак і пакрыццяў на аснове кукурузнага крухмалу, альгінату натрыю, хітазану, полівінілавага спірту і раслінных экстрактаў з антыаксідантнымі, антыбактэрыяльнымі, індыкатарнымі і іншымі функцыянальнымі ўласцівасцямі, якія забяспечваюць павелічэнне тэрмінаў захоўвання скорасавальных прадуктаў;

- рэалагічныя характарыстыкі, даследаваных сістэм, якія праяўляюць уласцівасць псеўдапластычнасці, паводзіны якіх адпавядаюць у найбольшай ступені мадэлі Оствальда-дэ-Віла;

- аптымізаваныя метадыкі ўвядзення раслінных кампанентаў у выбраныя фармовачныя кампазіцыі;

- метадыкі атрымання наначасціц срэбра з выкарыстаннем раслінных экстрактаў і наначасціц поліфенолаў метадам замены растваральніка;

- рэжымы атрымання плёнак метадам сухога фармавання ўручную і на аўтаматычнай усталёўцы з фільерай *doctor blade*, якая рухаецца па тэхналогіі *casting solutions*;

- залежнасці фізіка-механічных характарыстык атрыманых плёнак, іх антыаксідантных і антымікробных уласцівасцей ад хімічнага складу палімерных кампазіцый і фітахімічных рэчываў;

- саставы і спосабы нанясення гідрафільных пакрыццяў на сінтэтычныя ўпаковачныя плёнкі для павелічэння іх кіслародапранікальнасці;

- новыя рэцэптуры і ўмовы атрымання арадыспергаваных плёнак, якія змяшчаюць БАДы і лекавыя рэчывы, з палепшанымі арганалептычнымі ўласцівасцямі, якія біядэградуюць у мадэльных асяроддзях арганізма.

Дакладнасць вынікаў: вынікі дакладныя і статычна пацверджаны. Дакладнасць вынікаў забяспечваецца карэктным выбарам метадаў даследавання. Усе высновы пацверджаны серыяй паўторных доследаў і стасуюцца з тэарэтычнымі ўяўленнямі і літаратурнымі дадзенымі.

Вобласць магчымага практычнага прымянення: харчовая і фармацэўтычная прамысловасці, медыцына.

ABSTRACT

The master's thesis consists of 136 pages, contains 83 figures, 21 tables, 1 appendix, 40 literary sources.

Keywords: food polymers, plant additives, rheological properties, antioxidant activity, antimicrobial activity, packaging films, hydrophilic coatings, reduction of oxygen permeability, orally dispersible films (*oral strips*), transmucosal delivery.

Object of study: biodegradable, edible films and coatings for food packaging to extend their shelf life; fast-dissolving film strips based on polysaccharides with various biologically active and flavor ingredients, as well as medicinal products.

Subject of study: rheological properties of molding compositions, chemical composition of plant extracts, functional properties (physicomechanical, structural, antimicrobial, antioxidant) of biodegradable films in the context of their use for food packaging and transmucosal delivery of biologically active ingredients.

Objective of the study: development of molding compositions based on food polymers and plant additives for obtaining packaging films, orodispersible films and coatings on hydrophobic packaging materials to reduce their oxygen permeability. The study was carried out within the framework of the State Program for Scientific Research “Chemical Processes, Reagents and Technologies, Bioregulators and Biochemistry” (subprogram “Forest Chemistry-2”, research task “Development of new compositions of multifunctional edible films and coatings with biocidal properties from plant raw materials” state registration number 20211446).

Research methods: selection of optimal compositions of molding compositions and study of their rheological properties, as well as study of the composition of plant additives introduced into these molding compositions, development of experimental packaging films and orodispersible film strips based on polysaccharides with biologically active substances introduced into them, evaluation of their physicomechanical, organoleptic and structural properties, antioxidant and antimicrobial activity, evaluation of the effect of the obtained films and coatings on the safety of food products; evaluation of the release of medicinal substances from orodispersible films.

Scientific novelty: new packaging based on biodegradable polymers, as well as hydrophilic coatings on synthetic films capable of extending the shelf life of food products have been developed;

new transmucosal therapeutic delivery systems for biologically active substances and prototypes of medicinal products in the form of *oral strips* have been obtained.

The provisions submitted for defense:

– new formulations of molding compositions for obtaining films and coatings based on corn starch, sodium alginate, chitosan, polyvinyl alcohol and plant extracts

with antioxidant, antibacterial, indicator and other functional properties that ensure an increase in the shelf life of perishable products;

- rheological characteristics of the studied systems exhibiting pseudoplasticity, the behavior of which corresponds to the greatest extent to the Ostwald-de Villa model;

- optimized methods for introducing plant components into selected molding compositions;

- methods for obtaining silver nanoparticles using plant extracts and polyphenol nanoparticles by solvent replacement;

- mode for forming films by dry molding manually and on an automatic installation with a moving *doctor blade* die using *casting solutions technology*;

- dependence of the physical and mechanical characteristics of the obtained films, their antioxidant and antimicrobial properties on the chemical composition of polymer compositions and phytochemicals;

- compositions and methods for applying hydrophilic coatings to synthetic packaging films to increase their oxygen permeability;

- new formulations and conditions for obtaining orally dispersible films containing dietary supplements and medicinal substances, with improved organoleptic properties, biodegradable in model environments of the body.

Reliability of results: the results are reliable and statistically confirmed. The reliability of the results is ensured by the correct choice of research methods. All conclusions are confirmed by a series of repeated experiments and are consistent with theoretical concepts and literary data.

Area of possible practical application: food and pharmaceutical industries, medicine.