

Авторефер
462

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

НІКІТІНА ОЛЕКСАНДРА ВАЛЕРІЇВНА

Александр

УДК 613.292-021.632:[547.11:635.82]

**ТЕХНОЛОГІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ІНГРЕДІЄНТІВ НА ОСНОВІ
БІОПОЛІМЕРІВ КУЛЬТИВОВАНИХ ГРИБІВ**

Спеціальність 03.00.20 – біотехнологія

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Одеса – 2015

КОНТРОЛЬНИЙ АРКУШ ТЕРМІНІВ ПОВЕРНЕННЯ

Дисертацією є
Робота викона
Міністерства с

Кількість попередніх видач: _____

Книгу треба повернути
не пізніше вказаного тут терміну:

хнологій

Науковий ке

іни,

зих технологій,
здри.

Офіційні опо

ий
чової біотех-

і біотехнології, доцент кафедри.

згії, вірусології

Захист відбудеться 26 червня 2015 року о 10³⁰ на засіданні спеціалізованої
вченої ради Д 41.088.02 в Одеській національній академії харчових
технологій за адресою: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112 в ауд. А-234.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Одеської національної
академії харчових технологій за адресою: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112.

ку.

ОНАХТ

Автореф

Технологія функціона



v018559

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Розвиток цивілізації обумовив не тільки зміну способу життя, але й структури харчування людини, яка характеризується розбалансованістю за вмістом та співвідношенням основних макрокомпонентів і дефіцитом мікронутрієнтів. Це сприяє появі і прогресуванню таких патологій як ожиріння, цукровий діабет та анемії різної етіології, які в теперішній час набули статусу хронічних неінфекційних захворювань, що супроводжуються порушеннями функціональної активності імунної системи.

Висока ймовірність розвитку імунодефіцитних станів на фоні порушень метаболізму речовин визначає доцільність використання для їхньої профілактики та безмедикаментозної корекції функціональних інгредієнтів комплексної дії, що поєднують інгібіторну активність щодо травних ферментів із здатністю позитивно впливати на компенсаторно-адаптаційні реакції організму, а при негативному балансі заліза в організмі людини – таких, що одночасно проявляють антианемічні та імуномодулюючі властивості.

Ефективними імуномодуляторами є β -(1 $\rightarrow$ 3)/(1 $\rightarrow$ 6)-D-глюкани – сполуки природного походження, що характеризуються низьким алергізуючим профілем. Сучасним засобом посилення біологічної активності глюканів є їхня модифікація шляхом обмеженого ферментативного гідролізу.

Потенційним джерелом таких полісахаридів є культивовані гриби, серед яких за обсягами виробництва в Україні лідирують печериця двоспорова (*Agaricus bisporus*) і глива звичайна (*Pleurotus ostreatus*). Однак вітчизняні технології функціональних інгредієнтів з цього виду сировини відсутні, що обумовлено обмеженістю відомостей про склад, вміст, характеристики біополімерів, можливості їхнього використання як неспецифічних транспортних систем, здатних захистити біологічно активні речовини, зокрема інгібітори травних ферментів, від деструктивної дії внутрішнього середовища організму людини.

Сукупність вищенаведеного визначає актуальність теми дисертаційної роботи, присвяченої характеристиці біологічно активних речовин культивованих грибів, розробленню технологій отримання функціональних інгредієнтів на основі біотехнологічно модифікованих біополімерів грибів.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Робота відповідає тематиці досліджень проблемної науково-дослідної лабораторії Одеської національної академії харчових технологій (ОНАХТ) 1/12-П «Рослинні і мікробні полісахариди як об'єкти біомодифікації» № держреєстрації 0112U000108; науковим тематикам кафедри харчової хімії ОНАХТ – «Полісахариди і комплекси на їх основі як компоненти наносистем» (2011 р.) і «Біополімери дріжджів і культивованих грибів» (2012 р.).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є отримання, характеристика та розроблення технологій виробництва функціональних інгредієнтів на основі біотехнологічно модифікованих біополімерів грибів.

Для здійснення поставленої мети було визначено основні завдання дослідження:

- характеристика біологічно активних речовин печериці та гливи;

- встановлення складу і будови полісахаридів грибів;
- обґрунтування умов біомодифікації полісахаридів грибів;
- отримання, характеристика та медико-біологічна оцінка залізовмісних комплексів на основі біомодифікованих полісахаридів;
- одержання функціонального інгредієнту адаптогенної дії на основі біополімерних комплексів клітинних стінок грибів, характеристика його складу та медико-біологічна оцінка; оптимізація ключових параметрів процесу його отримання;
- обґрунтування складу та оптимізація ключових параметрів процесу отримання функціонального інгредієнту комплексної дії, що поєднує інгібіторну та біополімерну складові;
- розроблення технологій виробництва функціональних інгредієнтів на основі біотехнологічно модифікованих біополімерів грибів; їхня реалізація у виробничих умовах, оцінка якості отриманих продуктів, розроблення нормативної документації на виробництво функціональних інгредієнтів на основі біотехнологічно модифікованих біополімерів грибів.

Об'єкт дослідження – технології функціональних інгредієнтів на основі біополімерів культивованих грибів.

Предмет дослідження – біологічно активні речовини печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*) і гливи звичайної (*Pleurotus ostreatus*), будова полісахаридів, ферментоліз, іммобілізація.

Методи дослідження – комплекс традиційних і сучасних біохімічних, фізико-хімічних, мікробіологічних та технологічних методів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів визначається тим, що в дисертаційній роботі вперше:

- надано характеристику біологічно активних речовин культивованих в Україні печериці двоспорової та гливи звичайної;
- визначено склад та будову полісахаридної компоненти грибів;
- встановлено закономірності гідролізу полісахаридів ферментним препаратом *Rovabio Excel AP*, встановлено умови ферментолізу, що дозволяють отримати біомодифіковані полісахариди із заданою молекулярною масою;
- обґрунтовано умови отримання залізовмісних комплексів на основі біомодифікованих полісахаридів грибів; надано їхню характеристику та доведено антианемічну активність;
- отримано та охарактеризовано біополімерні комплекси клітинних стінок грибів – функціональних інгредієнтів адаптогенної дії;
- визначено умови іммобілізації інгібіторів амілази і ліпази на біополімерах грибів, надано характеристику їхніх фізико-хімічних властивостей;
- розроблено технології функціональних інгредієнтів на основі біотехнологічно модифікованих біополімерів грибів.

Наукову новизну підтверджено одним патентом на винахід № 107173 «Спосіб отримання дієтичної добавки» і трьома патентами України на корисну модель: № 85872 «Спосіб отримання поліфункціональної дієтичної добавки», № 92650 «Спосіб отримання водорозчинних полісахаридів», № 92651 «Спосіб отримання функціональної добавки».

Практичне значення отриманих результатів. На підставі отриманих результатів розроблено технологічні схеми виробництва залізовмісних комплексів на основі біомодифікованих полісахаридів, функціонального інгредієнту адаптогенної дії, функціонального інгредієнту комплексної дії. Розроблено нормативну документацію на функціональні інгредієнти: «Залізовмісний комплекс на основі біомодифікованих полісахаридів», «Функціональний інгредієнт адаптогенної дії» і «Функціональний інгредієнт комплексної дії»; технології апробовано на науково-виробничому підприємстві ТОВ «Аріадна», м. Одеса.

Особистий внесок здобувача полягає у забезпеченні методичного оформлення роботи, виконанні аналітичної та експериментальної роботи, аналізі та узагальненні отриманих даних у вигляді формування висновків і рекомендацій, підготовці матеріалів досліджень до публікацій, розробленні нормативної документації, промисловій апробації розроблених технологій. Особистий внесок здобувача підтверджується поданими документами та науковими публікаціями.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень доповідались і обговорювались на 17 наукових конференціях, зокрема на VI і VIII Міжнародних науково-практичних конференціях «Розвиток наукових досліджень» (Полтава, 2010, 2012 р.р.); V Міжнародній конференції молодих вчених (Харків, 2010 р.), 77-й науковій конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI ст.» (Київ, 2011 р.); VIII і X Міжнародних наукових конференціях студентів та аспірантів «Техника и технология пищевых производств» (Могильов (Білорусь) 2012, 2014 р.р.); Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2013» (Одеса, 2013 р.); Міжгалузевій міжнародній науково-практичній конференції «Харчові добавки, харчування здорової і хворої людини» (Донецьк, 2013 р.); The Second North and East European Congress on Food NEEFood (Київ, 2013 р.); VI Всеукраїнській конференції молодих вчених та студентів «Проблеми формування здорового способу життя у молоді» (Одеса, 2013 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, готельного, ресторанного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг» (Харків, 2013 р.); VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Научная индустрия европейского континента» (Прага (Чеська Республіка), 2013 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Микроэлементы в медицине, ветеринарии, питании: перспективы сотрудничества и развития» (Одеса, 2014 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Инновационная наука и современное общество» (Уфа (Росія), 2015 р.); 72-й, 73-й, 74-й наукових конференціях професорсько-викладацького складу ОНАХТ (Одеса, 2012, 2013, 2014 р.р.).

Публікації. Результати дисертації опубліковано у 30 наукових працях: 10 – у фахових виданнях МОН України, 3 з яких включено до міжнародних наукометричних баз, 2 – у іноземних виданнях; 1 патент України на винахід, 3 патенти України на корисну модель; тези 14 доповідей у матеріалах наукових та науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних літературних джерел та додатків. Дисертаційну роботу викладено на 156 сторінках основного тексту, вона містить 50 рисунків (27 сторінок), 26 таблиць (17 сторінок), 10 додатків (146 сторінок), список літературних джерел з 395 найменувань (41 сторінка), з них 276 іноземних.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, зв'язок роботи з науковими програмами, сформульовано мету і завдання досліджень, висвітлено наукову новизну і практичне значення результатів, їхню апробацію. Визначено особистий внесок здобувача в проведенні дослідженнях і публікаціях за темою дисертаційної роботи.

У першому розділі «Гриби як перспективне джерело біологічно активних речовин» розглянуто хімічний склад макроскопічних грибів, висвітлено будову, фізіологічну активність, механізм дії, методи отримання біологічно активних речовин грибів, їхнє використання у складі дієтичних добавок та лікарських засобів.

У другому розділі «Об'єкти та методи досліджень» викладено інформацію про матеріали і методи досліджень та наведено схему програми досліджень (рис. 1).

Основну частину досліджень проведено в лабораторіях кафедри харчової хімії ОНАХТ, окремі дослідження виконувалися в лабораторіях Одеського селекційно-генетичного інституту Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення УААН, Фізико-хімічного інституту ім. А. В. Богатського НАН України, Інституту стоматології АМН України, Українського науково-дослідного інституту медицини транспорту (м. Одеса), Київського національного університету ім. Т. Г. Шевченка, Інституту фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України (м. Київ), Харківського державного університету харчування та торгівлі (м. Харків).

Надано характеристику методів досліджень як загальнонаукових, так і спеціальних (хімічних, біохімічних). Описано методи виділення полісахаридів грибів, отримання біомодифікованих полісахаридів та залізовмісних комплексів на їхній основі, іммобілізації інгібіторів травних ферментів на біополімерних комплексах.

У третьому розділі «Характеристика біологічно активних речовин культивованих грибів» наведено результати досліджень щодо вмісту біологічно активних речовин у складі печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*) та гливи звичайної (*Pleurotus ostreatus*), визначено їх склад та структурні особливості.

Встановлено, що домінуючим компонентом грибів є вуглеводи, з яких – 25,0...41,1 % полісахариди. На білкові речовини припадає 14,0...17,5 %, ліпіди – 2,3...3,1 %, фенольні сполуки – 4,2...6,6 % сухих речовин сировини. Останні представлені фенольними кислотами – переважно галовою і протокатеховою кислотами та флавоноїдами; високомолекулярні фенольні сполуки є меланінами.

Полісахариди грибів побудовані з залишків глюкози, галактози, манози, фукози, ксилози, глюкозаміну.

На підставі результатів вивчення будови полісахаридів ферментативними та



Рис. 1. Програма досліджень.

фізико-хімічними методами (ІЧ-, ЯМР ^1H -спектроскопія) встановлено, що водорозчинні фракції обох видів грибів представлено щонайменш полісахаридами трьох категорій: розгалуженими $\beta\text{-D-(1}\rightarrow\text{3)/}\beta\text{-(1}\rightarrow\text{6)}$ -глюканами, кор макромолекул яких складається з $\beta\text{-(1}\rightarrow\text{3)}$ -глюкопіранозних залишків, до деяких з них у положеннях О-6 приєднано бічні відгалуження, побудовані з

β -(1 $\rightarrow$ 3)-глюкопіранозних залишків (ступінь розгалуження глюкану гливи становить 0,30, печериці – 0,25); лінійним α -(1 $\rightarrow$ 3)-глюканом, а також маногалактаном. Лугорозчинний полісахарид гливи являє собою β -(1 $\rightarrow$ 3)/(1 $\rightarrow$ 6)-глюкан зі ступенем розгалуження 0,33, а печериці – галактоглюкан, основний ланцюг якого складається з β -(1 $\rightarrow$ 3)-глюкопіранозних залишків, до деяких з них у положеннях О-6 приєднано бічні відгалуження – залишки β -D-глюкопіраноз і β -D-галактопіраноз. На рис. 2а і 2б наведено ^1H ЯМР-спектри водорозчинного і лугорозчинного полісахаридів печериці відповідно.

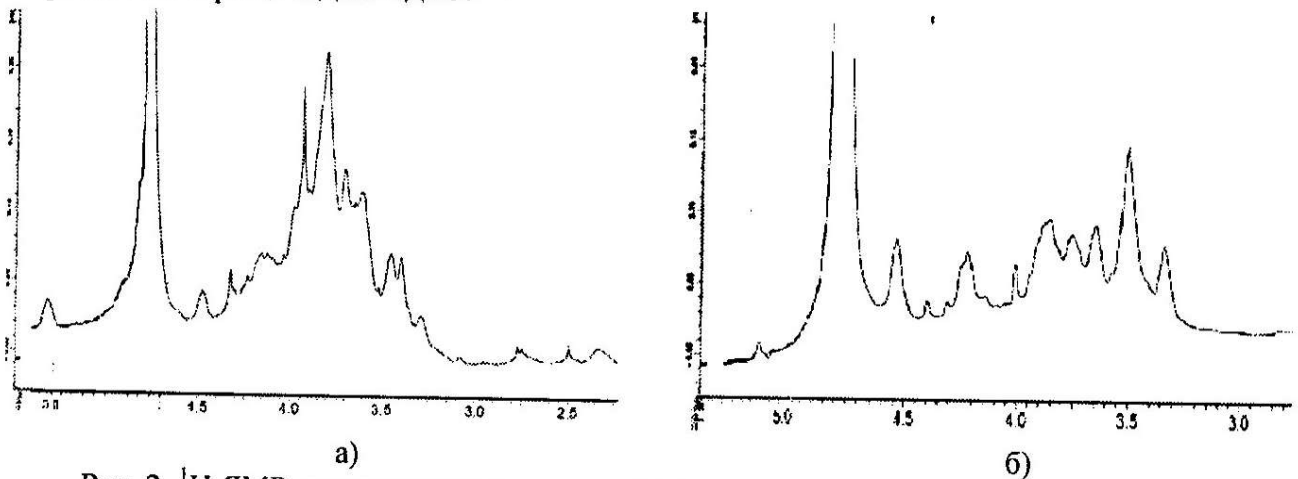


Рис. 2. ^1H ЯМР-спектри водорозчинних (а) і лугорозчинних (б) полісахаридів печериці.

У четвертому розділі «Біотехнологічна модифікація глюканів і глюкановмісних комплексів грибів» наведено дані щодо обґрунтування способів отримання фізіологічно функціональних харчових інгредієнтів на основі полісахаридів грибною сировини – залізовмісного комплексу антианемічної спрямованості та стабілізованих інгібіторів травних ферментів.

Передумовою для отримання першого комплексу є доцільність поєднання складових з антианемічними (іони заліза) та імуномодуючими (β -(1 $\rightarrow$ 3)/(1 $\rightarrow$ 6)-глюкан) властивостями, оскільки дефіцит заліза в організмі людини викликає не тільки захворювання системи крові, але й призводить до дисфункції імунної відповіді.

Відомо, що такі препарати одержують на основі вуглеводів, молекулярна маса яких становить 15...25 кДа. Для отримання такої полісахаридної матриці здійснювали обмежений гідроліз вихідних біополімерів мультиферментним препаратом *Rovabio Excel AP* з β -(1 $\rightarrow$ 3)-глюканазною активністю (500 од/г білка).

Встановлено, що максимальне накопичення цільових продуктів (біомодифіковані полісахариди) має місце за таких умов: концентрація ферменту 0,25 мг/см³, співвідношення Е : S = 1 : 45, тривалість гідролізу 21 год, гідромодуль 150 (табл. 1).

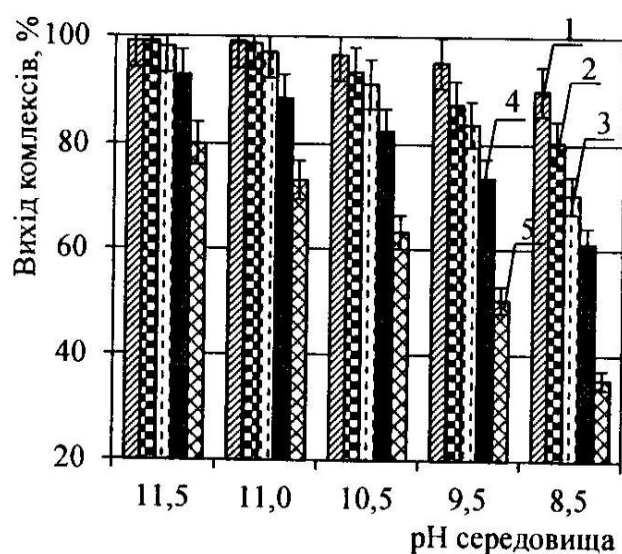
Показано можливість отримання на їхній основі розчинних та нерозчинних залізовмісних комплексів. Відомо, що останні не проявляють фізіологічної активності.

Залежність виходу розчинного залізовмісного комплексу на основі біомодифікованих полісахаридів печериці від співвідношення неорганічної та органічної складових і рН середовища наведено на рис. 3а, а вмісту в їхньому складі

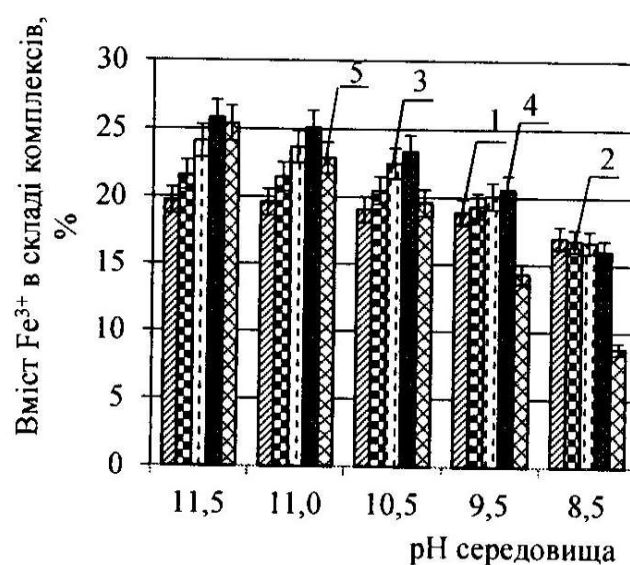
Таблиця 1
Молекулярно-масовий розподіл продуктів біомодифікації полісахаридів грибів в залежності від умов ферментолізу, % співвідношення

$n = 3; p \geq 0,95$

№ п/п	Співвідношення Е:S	Тривалість гідролізу, год	Молекулярна маса, кДа		
			>25	15...25	<15
Полісахарид гливи					
1	1 : 45	12	72,4±3,6	15,8±0,8	11,8±0,6
2		15	58,0±2,9	18,6±0,9	23,4±1,2
3		18	42,4±2,1	22,3±1,1	35,3±1,8
4		21	26,9±1,3	29,8±1,5	43,3±2,2
5		24	22,6±1,1	21,6±1,1	55,8±2,8
6		36	19,9±1,0	16,4±0,8	63,7±3,2
7	1 : 100	24	88,6±4,4	5,3±0,3	6,1±0,3
8		72	75,6±3,8	10,1±0,5	14,3±0,7
9	1 : 30	15	53,3±2,7	18,4±0,9	28,3±1,4
10		18	37,0±1,9	26,7±1,3	36,3±1,8
11		21	21,4±1,1	23,8±1,2	54,8±2,7
Полісахарид печериці					
12	1 : 45	12	54,5±2,7	17,2±0,9	28,3±1,4
13		15	49,8±2,5	20,4±1,0	29,8±1,5
14		18	36,2±1,8	24,7±1,2	39,1±2,0
15		21	23,3±1,2	28,6±1,4	48,1±2,4
16		24	20,9±1,0	24,1±1,2	55,0±2,7
17		36	19,8±1,0	22,8±1,1	57,4±2,9
18	1 : 100	24	85,3±4,3	6,7±0,3	8,0±0,4
19		72	71,6±3,6	14,0±0,7	14,4±0,7
20	1 : 30	15	38,1±1,9	23,5±1,2	38,4±1,9
21		18	28,4±1,4	29,8±1,5	41,8±2,1
22		21	21,6±1,1	25,1±1,3	53,3±2,7



а)



б)

Рис. 3. Залежність виходу комплексів (а) та вмісту в їхньому складі заліза (б) на основі біомодифікованих полісахаридів печериці від рН середовища і масового співвідношення неорганічної та органічної складових: 1 – 1,0 : 4,0; 2 – 1,0 : 3,5; 3 – 1,0 : 3,0; 4 – 1,0 : 2,5; 5 – 1,0 : 2,0.

Fe^{3+} – на рис. 3б. Для їхнього одержання використовували розчини ферум (III) хлориду з концентрацією Fe^{3+} 0,075 % і полісахариду – 0,15...0,30 %.

Встановлено, що максимальний вихід розчинних комплексів з високою масовою часткою заліза має місце при масовому співвідношенні складових неорганічної та органічної природи 1,0 : 2,5 при $\text{pH} = 11,0...11,5$. Окрім того, показано, що саме ці зразки стабільні в середовищі з $\text{pH} = 1,2...1,5$, що відповідає такому шлункового соку. Препарати, одержані при більш низьких значеннях pH , руйнуються в цих умовах, що свідчить про недоцільність їхнього застосування.

Металокомплекси на основі біомодифікованих полісахаридів гливи характеризуються більш низьким виходом, вмістом заліза в їхньому складі, ніж такі комплекси на основі біомодифікованих полісахаридів печериці. Окрім того, вони є менш стійкими у кислому середовищі.

Утворення комплексів доведено методами УФ- і ІЧ-спектроскопії, гель-хроматографії та термогравиметрії. Показано, що вони є комплексами ферум (III) гідроксиду і біомодифікованих полісахаридів грибів. Методом електронної мікроскопії встановлено, що отримані продукти відносяться до наноструктур, розмір частинок яких складає 5...20 нм.

Біополімерні комплекси клітинних стінок печериці і гливи містять глюкозу, хітин, меланіни і білкові речовини. Показано, що варіюванням умов обробки грибною сировиною (концентрація розчину луку 3...7 %, тривалість процесу 90...270 хв), можливо отримання цих комплексів з різним масовим співвідношенням компонентів (вміст глюкози – 39,3...81,3 %; хітину – 7,5...39,7 %; меланінів – 2,5...19,8 %; білка – 3,0...11,7 %). Встановлено, що вони характеризуються високою сорбційною активністю, проявляють антацидні властивості, є ефективними антиоксидантами, здатні стимулювати ріст лакто- і біфідобактерій. Це дозволяє розглядати їх як потенційні функціональні інгредієнти адаптогенної дії. Варіюванням складу комплексів можливий цілеспрямований вплив на ступінь прояву цих властивостей.

Оцінено можливість одержання на основі цих комплексів функціонального інгредієнту комплексної дії, що включає інгібітори панкреатичних ліпази (фенольні сполуки ріпаку) і амілази (білкові речовини вівса).

Встановлено, що при іммобілізації на біополімерних комплексах грибів максимальне збереження антиліполітичної активності (близько 90,0 %) має місце при використанні 0,1...1,0 % розчинів фенольних сполук ріпаку та антиамілолітичної активності (близько 70,0 %) – при застосуванні 0,1...0,8 % розчинів білкових речовин вівса. Зменшення їхніх концентрацій призводить до зниження активностей іммобілізованих інгібіторів.

Показано, що найбільший стабілізуючий ефект проявляє біополімерний комплекс печериці, який містить хітину більше 35 % і глюкозу близько 40 %. Надалі саме його використовують як матрицю для сумісної іммобілізації інгібіторів.

При виборі раціональних умов проведення сумісної іммобілізації провідним фактором є ступінь збереження антиамілолітичної активності отриманих препаратів, оскільки встановлено, що іммобілізована форма інгібітору амілази значно лабільніша, ніж така інгібітору ліпази.

Показано, що рівень інгібіторної активності препаратів (табл. 2) та їхні фізико-хімічні показники (рис. 4) залежать від послідовності нанесення розчинів інгібіторів амілази та ліпази на матрицю. Більш високим показником рН-стабільності іммобілізованої форми інгібітору амілази характеризується зразок, отриманий при нанесенні на носій спочатку інгібітору амілази, а потім ліпази.

Таблиця 2

Активність іммобілізованих інгібіторів в залежності від послідовності їх нанесення

Послідовність нанесення інгібіторів	Збереження інгібіторної активності, % від максимальної	
	Антиліполітична	Антиамілолітична
а) ліпази → амілази	86,70±0,35	67,80±2,71
б) амілази → ліпази	89,20±0,36	63,10±2,52

n=3; p≥0,95

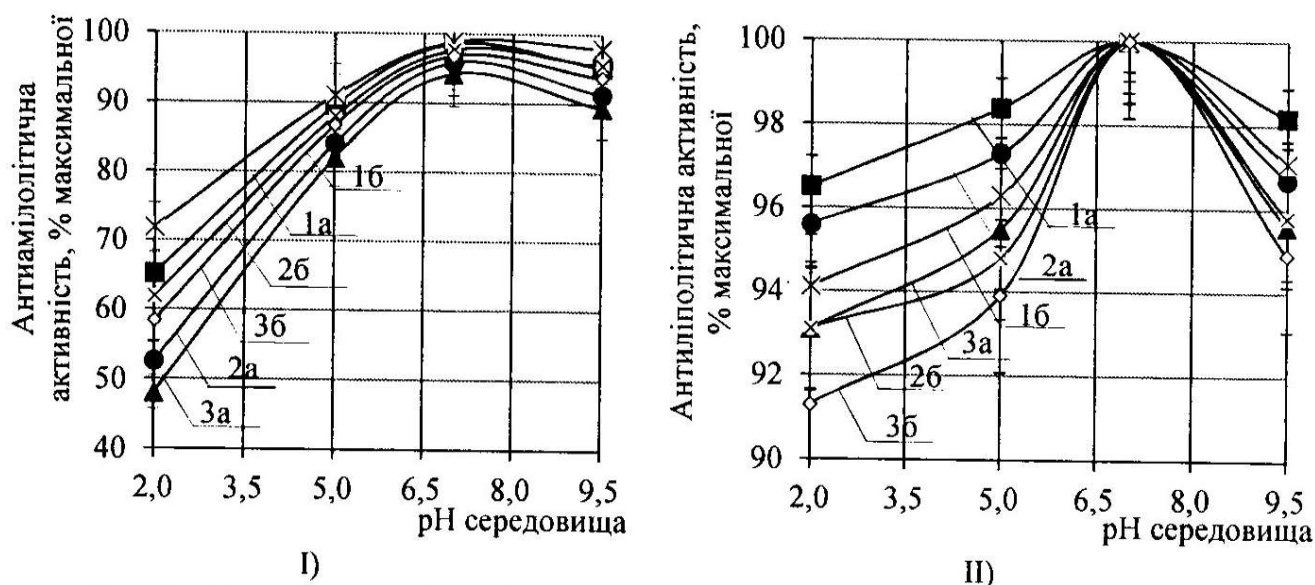


Рис. 4. рН-стабільність іммобілізованого інгібітору амілази (I) та ліпази (II) при сумісній іммобілізації: 1 – 60 хв; 2 – 120 хв; 3 – 180 хв (послідовність нанесення інгібіторів: а – ліпази → амілази; б – амілази → ліпази).

Рациональними умовами сумісної іммобілізації інгібіторів є такі: концентрація фенольних сполук ріпаку в розчині – 0,33 %, білкових речовин вівса – 0,33 %; послідовне нанесення на матрицю інгібітору амілази, а потім ліпази; гідромодуль 6; температура 20...25 °С; тривалість іммобілізації кожного з інгібіторів 20 хв. Отриманий за таких умов функціональний інгредієнт комплексної дії після послідовної інкубації в шлунковому соці і жовчі зберігає близько 88,2 % антиліполітичної активності і 53,2 % антиамілолітичної, що в 2,2 і 6,7 разів більше в порівнянні з вільними інгібіторами відповідно.

У п'ятому розділі «Технологія отримання функціональних інгредієнтів на основі біополімерів культивованих грибів» наведено дані щодо розробки технологій виробництва функціональних інгредієнтів.

При встановленні умов отримання функціонального інгредієнту адаптогенної дії (біополімерний комплекс клітинних стінок печериці) ставили за мету одержання препарату, що відповідає вимогам, сформульованим на підґрунті літературних відомостей та власних експериментальних досліджень, а саме: антиокси-

дантна активність (АОА) не менше, ніж 90,0 %, стимуляція росту біомаси біфідобактерій (їхня концентрація повинна знаходитися на рівні $1,5 \cdot 10^{12}$ КУО/см³ і вище) при максимально високій сорбційній активності по відношенню до холевої кислоти. Отримано математичну модель процесу у вигляді трьох рівнянь регресії, які описують залежність вказаних параметрів від досліджуваних факторів (концентрація розчину лугу і тривалість обробки). Оптимальним режимом отримання функціонального інгредієнту адаптогенної дії (АОА – 90,0 %, сорбція холевої кислоти – 22,4 мг/г, концентрація біфідобактерій – $1,5 \cdot 10^{12}$ КУО/см³) є обробка сировини, з якої попередньо вилучено спирто-, водо-, кислоторозчинні речовини, 5,1 % розчином NaOH при температурі 96...98 °C протягом 4,2 год.

Обґрунтовано раціональні умови отримання біополімерної матриці, що проявляє високий стабілізуючий ефект по відношенню до інгібіторів травних ферментів (вміст хітину більше 35 % і глюкану близько 40 % при мінімальній масовій частці супутніх речовин). Як фактори оптимізації розглядали: концентрацію розчину NaOH і тривалість обробки. Отримано математичну модель процесу у вигляді трьох рівнянь регресії. Встановлено оптимальні умови отримання біополімерної матриці, яка містить глюкану 40,0 %, хітину – 38,6 %, білка – 3,8 %: обробка сировини, з якої попередньо вилучено спирто-, водо-, кислоторозчинні речовини, 6,8 % розчином лугу при температурі 96...98 °C протягом 4,5 год.

Розроблено технологічні схеми виробництва запропонованих функціональних інгредієнтів (рис. 5, 6).

Проведено промислову апробацію розроблених технологій на ТОВ НВП «Аріадна», м. Одеса. Розроблено нормативну документацію на виробництво функціональних інгредієнтів: «Залізовмісний комплекс на основі біомодифікованих полісахаридів грибів», «Функціональний інгредієнт адаптогенної дії» та «Функціональний інгредієнт комплексної дії».

Встановлено можливість зберігання продуктів протягом 12 місяців при температурі 20...25 °C, під час цього терміну показники якості відповідають вимогам, викладеним у нормативній документації.

Показано можливість отримання продуктів харчування з включенням розроблених фізіологічно функціональних інгредієнтів.

Медико-біологічними дослідженнями підтверджено антианемічну активність функціонального інгредієнту «Залізовмісний комплекс на основі біомодифікованих полісахаридів грибів» та показано можливість його застосування при профілактиці і лікуванні патологічних станів, пов'язаних з дефіцитом заліза в організмі.

Оцінка адаптогенної активності «Функціонального інгредієнту адаптогенної дії» в умовах *in vivo* показала, що його використання при дії стресогенного фактору позитивно впливає на стан нервової системи експериментальних тварин, функціонування систем детоксикації, активує антиоксидантну систему, сприяє стабілізації показників ліпідного обміну.

Розраховано собівартість функціональних інгредієнтів: залізовмісного комплексу «Залізовмісний комплекс на основі біомодифікованих полісахаридів грибів» – 100,30...156,70 грн (1 флакон містить 100 капсул масою 200 мг);

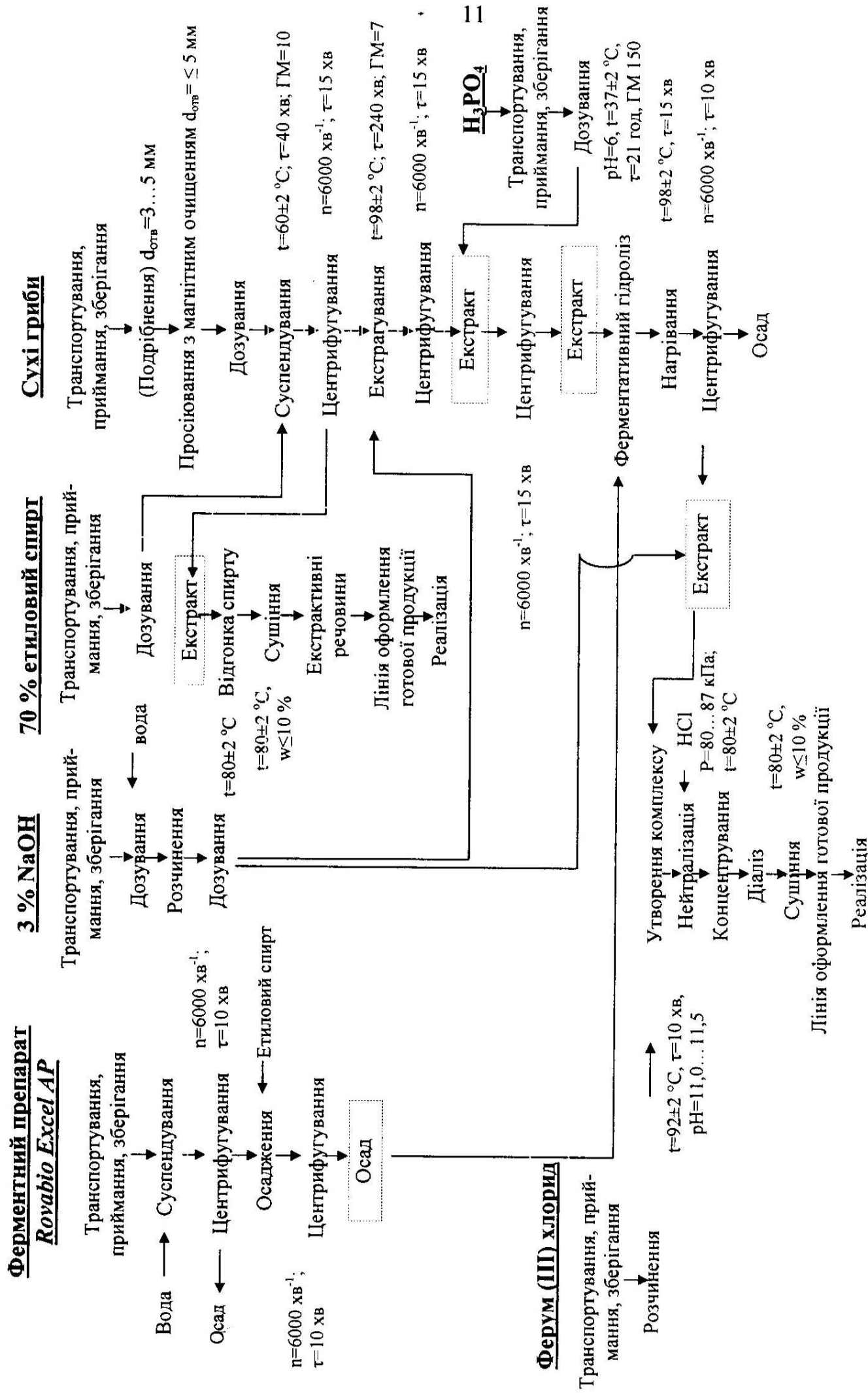
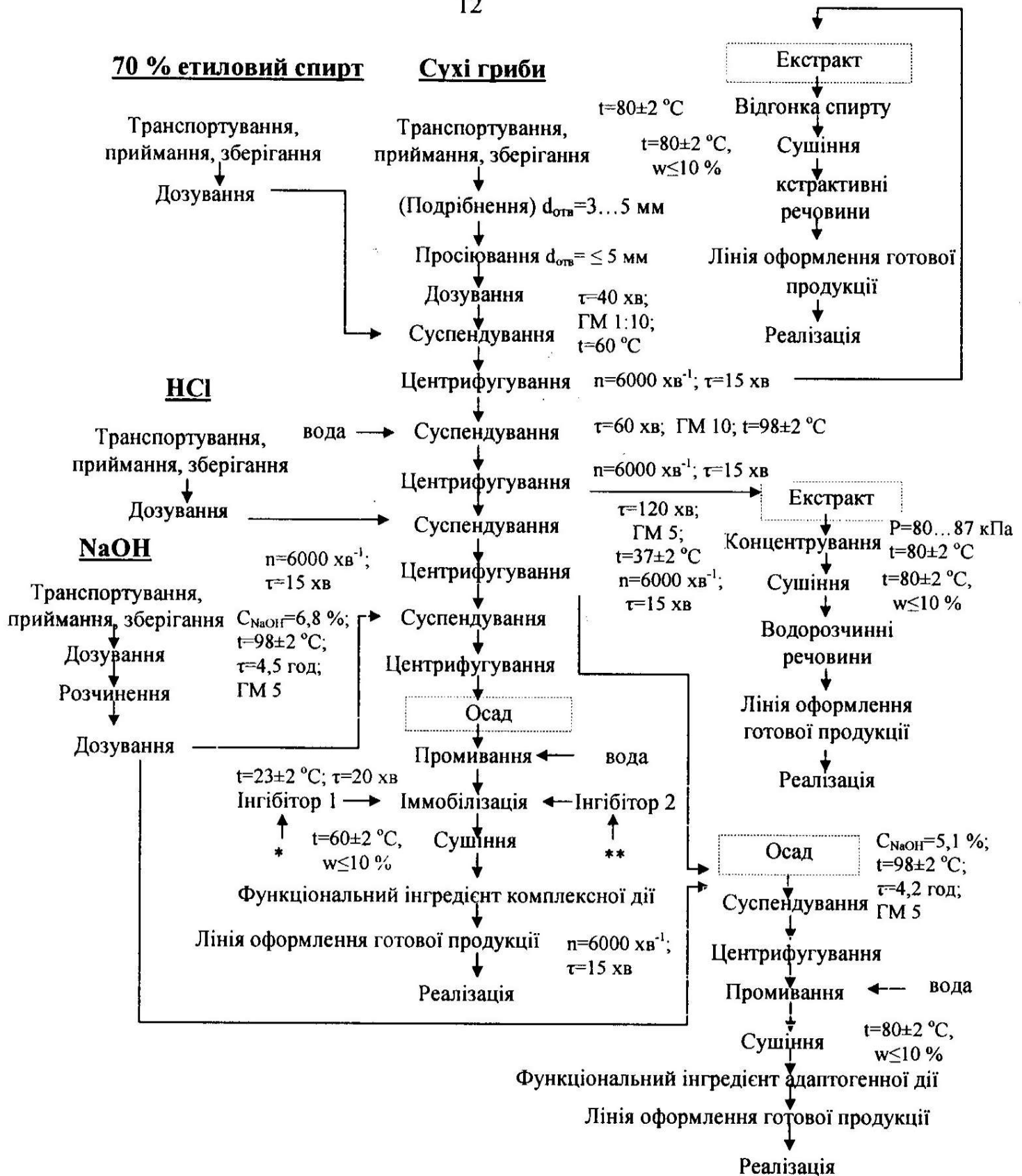


Рис. 6. Технологія виробництва функціонального інгредієнту «Залізовмісний комплекс на основі біомодифікованих полісахаридів грибів».



*- Екстракція білкових речовин вівса, центрифугування, нагрівання, концентрування, фільтрування, діаліз, дозування.

** - Знежирення насіння ріпаку (шрот), екстракція, фенольний комплекс, розчинення, дозування.

Рис. 7. Технологічна схема виробництва функціональних інгредієнтів «Функціональний інгредієнт адаптогенної дії» та «Функціональний інгредієнт комплексної дії».

біополімерного комплексу «Функціональний інгредієнт адаптогенної дії» – 129,95 грн (1 флакон містить 100 г препарату); комплекс стабілізованих інгібіторів і біополімерів грибів «Функціональний інгредієнт комплексної дії» – 159,17 грн (1 флакон містить 100 г препарату).

ВИСНОВКИ

На основі теоретичних та експериментальних досліджень розроблено технології отримання функціональних інгредієнтів на основі культивованих грибів – печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*) і гливи звичайної (*Pleurotus ostreatus*).

1. Встановлено, що у складі печериці двоспорової і гливи звичайної переважають вуглеводи – 56,1...61,4 %, у тому числі полісахариди (25,0...41,1 %), трегалоза – 1,3...3,8 % і маніт 6,5...29,8 %. Гриби містять також: білкові речовини – 14,0...17,5 %, ліпіди – 2,3...3,1 %, фенольні сполуки – 4,2...6,6 %, у складі яких ідентифіковано фенольні кислоти, флавоноїди і меланіни.

2. Показано, що до складу полісахаридів грибів входять водорозчинні β -(1 $\rightarrow$ 3)/(1 $\rightarrow$ 6)-глюкан, α -(1 $\rightarrow$ 3)-глюкан і манногалактан; лугорозчинні галактоглюкан і глюкан. Макромолекула β -(1 $\rightarrow$ 3)/(1 $\rightarrow$ 6)-глюкану має розгалужену будову, її кор складається з D-глюкопіранозних одиниць, з'єднаних β -(1 $\rightarrow$ 3)-глікозидними зв'язками; до деяких з них у положеннях О-6 приєднано бічні відгалуження, що містять D-глюкопіранозні залишки, сполучені β -(1 $\rightarrow$ 3)-глікозидними зв'язками. В основі макромолекули галактоглюкана печериці лежить ланцюг, що складається з β -(1 $\rightarrow$ 3)-глюкопіранозних залишків, до деяких з них в положеннях О-6 приєднано бічні відгалуження, побудовані з β -D-глюкопіраноз і β -D-галактопіраноз.

3. Обґрунтовано умови обмеженого гідролізу полісахаридів грибів ферментним препаратом *Rovabio Excel AP*. Встановлено, що максимальний вихід продуктів з цільовою молекулярною масою 15...25 кДа має місце при наступних умовах ферментолізу: концентрація ферменту 0,25 мг/см³, співвідношення Е : S = 1 : 45, тривалість гідролізу 21 година, гідромодуль 150.

4. Показано можливість отримання на основі біомодифікованих полісахаридів грибів розчинних залізовмісних комплексів. Рациональні умови отримання залізовмісних комплексів: суміщення розчинів ферум (III) хлориду концентрацією Fe^{3+} 0,075 % і полісахариду концентрацією 0,19 %, при масовому співвідношенні іони заліза : вуглеводи 1,0 : 2,5 і рН – 11,0...11,5. Отримані продукти являють собою нанорозмірні комплекси ферум (III) гідроксиду і біомодифікованих полісахаридів. Медико-біологічними дослідженнями доведено, що функціональний інгредієнт «Залізовмісний комплекс на основі біомодифікованих полісахаридів грибів» є ефективним протианемічним засобом при профілактиці та лікуванні патологічних станів, пов'язаних з дефіцитом заліза в організмі.

5. Розроблено умови виділення з грибної сировини біополімерних комплексів, що включають хітин, глюкан, меланіни і білкові речовини. Показано, що вони є ентеросорбентами, проявляють антиоксидантні, антацидні властивості, стимулюють ріст нормофлори і можуть бути віднесені до категорії функціонально-фізіологічних інгредієнтів адаптогенної дії. Визначено оптимальні умови отри-

мання з печериці функціонального інгредієнту адаптогенної дії. Медико-біологічними дослідженнями доведено, що при дії стресора «Функціональний інгредієнт адаптогенної дії» позитивно впливає на стан нервової системи експериментальних тварин, функціонування систем детоксикації, активує антиоксидантну систему, сприяє стабілізації показників ліпідного обміну.

6. Показано можливість отримання стабілізованих інгібіторів ліпази і амілази шляхом їхньої іммобілізації на біополімерних матрицях грибного походження. Визначено оптимальні умови отримання матриці з печериці. Обґрунтовано умови сумісної іммобілізації інгібіторів: концентрація інгібітору ліпази в розчині (фенольні сполуки ріпаку) 0,33 %, інгібітору амілази (білкові речовин вівса) – 0,33 %; послідовне нанесення на матрицю інгібітору амілази, а потім ліпази; гідромодуль 6; температура 20...25 °С; тривалість іммобілізації кожного з інгібіторів 20 хв.

7. Обґрунтовано технології виробництва функціональних інгредієнтів: «Залізовмісний комплекс на основі біомодифікованих полісахаридів грибів», «Функціональний інгредієнт адаптогенної дії» і «Функціональний інгредієнт комплексної дії»; здійснено їхню промислову апробацію на ТОВ НВП «Аріадна», м. Одеса; розроблено нормативну документацію.

Список робіт, опублікованих за матеріалами дисертації

1. Черно, Н.К. Порівняльна характеристика хімічного складу морфологічних частин *Agaricus bisporus* [Текст] / Н.К. Черно, С.О. Озоліна, О.В. Нікітіна // Збірник наукових праць «Прогресивна техніка та технологія харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі». – Х., 2012. – Вип. 2 (16). – С. 315-320.
2. Гриби *Agaricus bisporus* та дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* як джерело глюкановмісних харчових інгредієнтів [Текст] / Н.К. Черно, К.І. Шапкіна, О.В. Нікітіна, О.В. Коваленко // «Обладнання та технології харчових виробництв»: темат. зб. наук. пр. – Д., 2012. – Вип. 29. – Т. 2 – С. 316-322.
3. Черно, Н.К. Фракціонування полісахаридів гливи звичайної *Pleurotus ostreatus* [Текст] / Н.К. Черно, С.О. Озоліна, О.В. Нікітіна // Харчова наука і технологія. – 2013. – № 4 (25). – С. 30-34.
4. Характеристика екстрактивних речовин культивованих грибів [Текст] / Н.К. Черно, Т.А. Лисогор, С.О. Озоліна, О.В. Нікітіна // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – О., 2013. – Вип. 44. – Т. 2. – С. 92-95.
5. Черно, Н.К. Дослідження умов вилучення спирто- та водорозчинних речовин з культивованих грибів [Текст] / Н.К. Черно, С.О. Озоліна, О.В. Нікітіна // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. – Х., 2014. – Вип. 1(19). – С. 43-50.
6. Визначення оптимальних умов отримання дієтичної добавки комплексної дії з печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*) [Текст] / Н.К. Черно, Г.М. Станкевич, С.О. Озоліна, О.В. Нікітіна // Харчова наука і технологія. – 2014. – № 2 (27). – С. 20-24.
7. Никитина, А.В. Мясные полуфабрикаты функционального назначения [Текст] / А.В. Никитина, Н.Г. Азарова, М.М. Ткачук // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – О., 2014. – Вип. 46. – Т. 2. – С. 168-171.
8. Chernov, N. The optimization of conditions for obtaining food supplement with the adaptogenic activity from *Agaricus bisporus* [Text] / N. Chernov, G. Stankevych, S. Osolina, O. Nikitina // Ukrainian Journal of Food Science. – 2014. – Vol. 2. – P. 43-51.

9. Chern, N. Preparation and characterization of iron complexes based on polysaccharides from *Agaricus bisporus* [Text] / N. Chern, S. Osolina, O. Nikitina // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 5/11(71). – С. 52-57.
10. Food supplement with the adaptogenic activity on the basic of *Agaricus bisporus* biopolymers [Text] / N. Chern, L. Shafran, S. Osolina, O. Tretyakova, O. Nikitina // Ukrainian Food Journal. – 2014. – Vol. 2. – P. 577-586.
11. Chern, N.K. Chemical composition of *Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus* fruiting bodies and their morphological parts [Text] / N.K. Chern, S.A. Osolina, A.V. Nikitina // Food and Environment Safety. – 2013. – Vol. 4. – P. 291-299.
12. Черно, Н.К. Биологически активная добавка на основе биополимеров гриба шампиньон двуспоровый [Текст] / Н.К. Черно, А.В. Никитина // Известия вузов. Пищевая наука и технология. – 2014. – № 4 (340). – С. 66-69.
13. Пат. на винахід № 107173 Україна, МПК А23С 11/10 (2006.01) Спосіб одержання дієтичної добавки [Текст] / Черно Н.К., Озоліна С.О., Нікітіна О.В., власник Одес. нац. акад. харч. технологій, – № у 2014; заявл. 22.05.14 опубл. 25.11.14, Бюл. № 22. – 3 с.
14. Пат. на корисну модель № 85872 Україна, МПК А23С 11/10 (2006.01) Спосіб одержання поліфункціональної дієтичної добавки [Текст] / Черно Н.К., Гураль Л.С., Озоліна С.О., Нікітіна О.В., власник Одес. нац. акад. харч. технологій, – № у 2013 03992; заявл. 01.04.13, опубл. 10.12.13, Бюл. № 23. – 5 с.
15. Пат. на корисну модель № 92650 Україна, МПК А61К 35/06 (2006.01) Спосіб одержання водорозчинних полісахаридів [Текст] / Черно Н.К., Озоліна С.О., Нікітіна О.В., Скліфос Г.В., власник Одес. нац. акад. харч. технологій, – № у 2014 03355; заявл. 02.04.14, опубл. 26.08.14, Бюл. № 16. – 6 с.
16. Пат. на корисну модель № 92651 Україна, МПК А61К 35/06 (2006.01) Спосіб одержання функціональної добавки [Текст] / Черно Н.К., Озоліна С.О., Нікітіна О.В., власник Одес. нац. акад. харч. технологій, – № у 2014 03357; заявл. 02.04.14, опубл. 26.08.14, Бюл. № 16. – 5 с.
17. Гураль, Л.С. Біополімерні комплекси печериць: отримання та характеристика [Текст] / Л.С. Гураль, О.В. Нікітіна // Мат. шостої міжн. наук.-практ. конф. «Розвиток наукових досліджень 2010», Полтава, 17-19 трав. 2010 р. – П., 2010. – Т. 4. – С. 26-28.
18. Гураль, Л.С. Характеристика декотрих властивостей біополімерних комплексів із *Agaricus bisporus* [Текст] / Л.С. Гураль, О.В. Нікітіна // Матер. п'ятої міжн. конф. молодих наук. «Біологія: від молекули до біосфери», Харків, 22-25 лист. 2010 р. – Х.: «Оперативна поліграфія», 2010. – С. 228-229.
19. Гураль, Л.С. Антиоксидантні властивості пігментів вищих грибів [Текст] / Л.С. Гураль, О.В. Нікітіна // Тези доповідей 77 наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ ст.», Київ, 11-12 квіт. 2011 р. – К.: НУХТ, 2011. – Ч.1. – С. 36-37.
20. Черно, Н.К. Хімічний склад морфологічних частин гливи звичайної (*Pleurotus ostreatus*) [Текст] / Н.К. Черно, С.О. Озоліна, О.В. Нікітіна // Матер. восьмої між. наук.-практ. конф. «Розвиток наукових досліджень 2012», Полтава, 19-21 лист. 2012 р. – П., 2012. – Т. 5. – С. 123-125.
21. Ломака, Е.В. Полисахариды и их комплексы как функциональные ингредиенты пищи [Текст] // Е.В. Ломака, А.В. Никитина, К.И. Шапкина // Матер. седьм. межд. науч. конф. студ. и асп. «Техника и технология пищевых производств», Могилев, 26-27 апр. 2012 г. – М.: МГУП, 2012. – Ч. 1. – С. 214.
22. Comparative analysis of biopolymer complexes from mushrooms (*Agaricus bisporus*) [Text] / N.K. Chern, S.A. Osolina, L.S. Gural, A.V. Nikitina // Сб. науч. тр. SWorld. Матер. межд. науч.-практ. конф. «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2013», Одесса, 19-30 марта 2013 г. – О., 2013. – Вып. 1. – Т. 37. – С. 54-59.
23. Черно, Н.К. Вуглеводний комплекс печериці двоспорової та гливи звичайної [Текст] / Н.К. Черно, С.О. Озоліна, О.В. Нікітіна // Матер. шостої міжн. наук.-практ. конф.

«Харчові добавки. Харчування здорової та хворої людини», Донецьк, 21-22 берез. 2013 р. – Д.: ДонНУЕТ, 2013. – С. 127-128.

24. Functional food ingredients on the basis of polysaccharides [Text] / N. Chern, K. Shapkina, A. Nikitina, E. Lomaka, S. Osolina // Book of Abs. The Second North and East European Congress on Food, Kyiv, 26-29 May 2013. – NUFT, Kyiv, 2013. – P. 213.

25. Нікітіна, О.В. Культивовані гриби як джерело природних антиоксидантів [Текст] // О.В. Нікітіна, Є.П. Джулінська // Зб. матер. шостої всеукр. наук.-практ. конф. молод. учен. та студ. з міжнар. участю «Проблеми формування здорового способу життя у молоді», Одеса, 5-6 лист. 2013 р. – О., 2013. – С. 113.

26. Черно, Н.К. Отримання спирторозчинних речовин з гливи звичайної [Текст] / Н.К. Черно, С.О. Озоліна, О.В. Нікітіна // Матер. міжн. наук.-практ. конф. «Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг», Харків, 19 лист. 2013 р. – Х.: ХДУХТ, 2013. – С. 232-234.

27. Chern, N.K. Biopolymer complexes from *Pleurotus ostreatus* as antioxidants [Text] / N.K. Chern, S.A. Osolina, A.V. Nikitina // Mater. VIII mez. věd.-prak. kon. «Vědecký Průmysl evropského kontinentu – 2013», Praha, 27.11.2013 – 05.12.2013. – Praha: «Education and science», 2013. – P. 46-50.

28. Никитина, А.В. Способ выделения глюкана из вешенки обыкновенной [Текст] / А.В. Никитина, Г.В. Склифос // Матер. девятой межд. науч. конф. студ. и асп. «Техника и технология пищевых производств», Могилев, 24-25 апр. 2014 г. – М.: МГУП, 2014. – Ч. 1. – С. 38.

29. Разработка средств биопрофилактики свинцовой интоксикации [Текст] / Н.К. Черно, Е.В. Третьякова, С.А. Озолина, А.В. Никитина // Матер. межд. науч.-практ. конф. «Микроэлементы в медицине, ветеринарии, питании: перспективы сотрудничества и развития», Одесса, 25-26 сент. 2014 г. – О., 2014. – С. 303 – 308.

30. Черно, Н.К. Диетическая добавка с антилиполитической активностью [Текст] / Н.К. Черно, С.А. Озолина, А.В. Никитина // Сб. стат. Межд. науч.-практ. конф. «Инновационная наука и современное общество» в 2 ч., Уфа, 5 февр. 2015 г. – Ч. 2. – У.: Аэтерна, 2015. – С. 61-64.

Особистий внесок:

1. Аналіз даних літератури, проведення експериментальних досліджень щодо всебічної характеристики біологічно активних речовин грибів, оброблення та узагальнення отриманих результатів, підготовка до друку (поз. 1, 3, 11, 19-20, 23, 25).

2. Проведення досліджень щодо вилучення глюканів і глюкановмісних комплексів, проведення їхньої біотехнологічної модифікації, вивчення складу і властивостей комплексів, встановлення оптимальних умов їх отримання, оброблення отриманих результатів, підготовка матеріалів до друку (поз. 2, 6-10, 12, 18, 21-22, 24, 27-30).

3. Підбір умов вилучення екстрактивних та водорозчинних речовин грибів, вивчення їхнього складу і властивостей, оброблення отриманих результатів, підготовка матеріалів до друку (поз. 4-5, 26).

4. Проведення експериментальних досліджень, узагальнення отриманих результатів, проведення патентного пошуку та оформлення патентів на корисну модель (поз. 13-16).

АНОТАЦІЯ

Нікітіна О. В. Технологія функціональних інгредієнтів на основі біополімерів культивованих грибів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 03.00.20 – біотехнологія. – Одеська національна академія харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Одеса, 2015.

Дисертацію присвячено розробленню функціональних інгредієнтів на основі біополімерів культивованих грибів.

Надано характеристику біологічно активних речовин культивованих в Україні грибів – печериці двоспорової та гливи звичайної. Встановлено склад та будову полісахаридів сировини.

Розроблено метод біотрансформації полісахаридів грибів за допомогою контрольованої деструкції ферментним препаратом *Rovabio Excel AP*. Обґрунтовано умови одержання залізовмісних комплексів на основі біомодифікованих полісахаридів грибів. Медико-біологічними дослідженнями доведено їх протианемічну активність.

Виділено та охарактеризовано біополімерні комплекси клітинних стінок грибів, які відносяться до категорії функціонально-фізіологічних компонентів адаптогенної дії. Визначено оптимальні параметри процесу отримання функціонального інгредієнту адаптогенної дії. В умовах експерименту на тваринах встановлено ефективність його дії.

Розроблено спосіб отримання стабілізованих інгібіторів ліпази і амілази шляхом їхньої сумісної іммобілізації на біополімерних матрицях грибного походження

Розроблено та економічно обґрунтовано технології запропонованих функціональних інгредієнтів; їхню реальність підтверджено результатами промислової апробації на біотехнологічному підприємстві; розроблено нормативну документацію на виробництво функціональних інгредієнтів.

Ключові слова: печериця двоспорова, глива звичайна, ферментативний гідроліз, полісахариди, біомодифіковані полісахариди, залізовмісний комплекс, біополімерний комплекс клітинних стінок грибів, адаптогенні властивості, іммобілізація, інгібітори травних ферментів.

АННОТАЦИЯ

Никитина А. В. Технология функциональных ингредиентов на основе биополимеров культивируемых грибов – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 03.00.20 – биотехнология. – Одесская национальная академия пищевых технологий Министерства образования и науки Украины, Одесса, 2015.

Диссертация посвящена разработке технологий функциональных ингредиентов на основе биополимеров культивируемых грибов.

Установлено, что в составе грибов преобладают углеводы (56,1...61,4 % сухих веществ сырья). Содержание белка составляет 14,0...17,5 %, липидов – 2,3...3,1 %, фенольных веществ – 4,2...6,6 %. Последние представлены фенольными кислотами, флавоноидами и меланинами.

Показано, что водорастворимые полисахариды грибов содержат разветвленный β -(1 $\rightarrow$ 3)/(1 $\rightarrow$ 6)-глюкан, линейный α -(1 $\rightarrow$ 3)-глюкан и манногалактан. Щелочерастворимый полисахарид шампиньона является разветвленным галактоглюканом, а вешенки – β -(1 $\rightarrow$ 3)/(1 $\rightarrow$ 6)-глюканом.

Макромолекула β -(1 $\rightarrow$ 3)/(1 $\rightarrow$ 6)-глюкана имеет разветвленное строение, ее кор построен из D-глюкопиранозных единиц, соединенных β -(1 $\rightarrow$ 3)-гликозидными связями; к положениям О-6 моносахаридных остатков основной цепи присоединены боковые ответвления в виде D-глюкопиранозных остатков, связанных β -(1 $\rightarrow$ 3)-гликозидными связями. Основная цепь макромоллекулы галактоглюкана шампиньона состоит из β -(1 $\rightarrow$ 3)-глюкопиранозных остатков, к некоторым моносахаридным звеньям в положениях О-6 присоединены боковые ответвления в виде остатков β -D-глюкопираноз и β -D-галактопираноз.

Обоснованы условия получения и последующего ограниченного ферментативного гидролиза полисахаридов грибов с целью максимального накопления в гидролизате продуктов с молекулярной массой 15...25 кДа (биомодифицированные полисахариды). Рациональные условия проведения ферментализа: концентрация фермента 0,25 мг/см³, соотношение Е : S = 1 : 45, продолжительность 21 час, гидромодуль 150.

На основе биомодифицированных полисахаридов грибов получены растворимые железосодержащие комплексы. Установлено, что их состав и устойчивость в кислой среде зависят от соотношения ион железа : полисахариды, концентрации реагирующих веществ, рН реакционной среды. Рациональными условиями получения железосодержащих комплексов является совмещение растворов хлорида железа концентрацией Fe³⁺ 0,075 % и полисахарида концентрацией 0,19 %, при массовом соотношении ионы железа : углеводы 1,0 : 2,5 и рН среды – 11,0...11,5.

Образование железосодержащих комплексов доказано методами гель-хроматографии, дериватографии, УФ-, ИК-спектроскопии. С помощью электронной микроскопии установлено, что они относятся к наноструктурам, размер частиц которых составляет 5...20 нм.

В экспериментах на животных доказано, что функциональный ингредиент «Железосодержащий комплекс на основе биомодифицированных полисахаридов грибов» является эффективным противоанемическим средством при профилактике и лечении патологических состояний, связанных с дефицитом железа в организме.

Выделены нерастворимые биополимерные комплексы грибов. Показано, что варьированием условий обработки сырья возможно получение образцов с разным массовым соотношением компонентов (содержание глюкана 39,3...81,3 %, хитина – 7,5...39,7 %, меланинов – 2,5...19,8 %, белка – 3,0...11,7 %). Установлено, что они проявляют сорбционные, антацидные, антиоксидантные свойства, способны стимулировать рост кишечной микрофлоры и могут быть отнесены к категории функциональных ингредиентов адаптогенного действия.

Обоснованы оптимальные условия получения функционального ингредиента адаптогенного действия из шампиньона. Медико-биологическими исследованиями доказано, что при воздействии стрессора «Функциональный ингредиент адаптогенного действия» положительно влияет на состояние нервной системы экспериментальных животных, функционирование систем детоксикации, активирует антиоксидантную систему, способствует стабилизации показателей липидного обмена.

Показана возможность иммобилизации ингибиторов пищеварительных ферментов – ингибиторов липазы и амилазы на биополимерном комплексе клеточных стенок грибов. Получены препараты, содержащие как одну, так и две иммобилизованные ингибиторные составляющие.

Показано, что эффективной матрицей для совместной иммобилизации ингибиторов является биополимерный комплекс шампиньона, который содержит хитина свыше 35 % и глюкана около 40 %. Обоснованы оптимальные условия ее получения. Разработаны условия совместной иммобилизации ингибиторов: концентрация фенольных соединений в растворе – 0,33 %, белковых веществ овса – 0,33 %; последовательность нанесения – вначале ингибитор амилазы, затем ингибитор липазы; гидромодуль 6; температура 20...25 °C; длительность иммобилизации каждого из ингибиторов 20 мин. Иммобилизованный препарат характеризуется высокой степенью сохранения антилиполитической и антиамилолитической активностей в условиях желудочно-кишечного тракта. Полученный функциональный ингредиент комплексного действия относится к категории ингредиентов, регулирующих обменные процессы, и может быть рекомендован при профилактике и лечении ожирения и сахарного диабета второго типа.

Разработаны и экономически обоснованы технологии функциональных ингредиентов: «Железосодержащий комплекс на основе биомодифицированных полисахаридов грибов», «Функциональный ингредиент адаптогенного действия» и «Функциональный ингредиент комплексного действия». Осуществлена их промышленная апробация на биотехнологическом предприятии. Показано, что полученная продукция соответствует необходимым санитарно-гигиеническим показателям и может храниться 12 месяцев. Разработана нормативная документация на производство предлагаемых функциональных ингредиентов.

Ключевые слова: шампиньон двуспоровый, вешенка обыкновенная, ферментативный гидролиз, полисахариды, биомодифицированные полисахариды, железосодержащий комплекс, биополимерный комплекс клеточных стенок грибов, адаптогенные свойства, иммобилизация, ингибиторы пищеварительных ферментов.

ABSTRACT

Nikitina A. Technology of functional ingredients on the basis of cultivated mushrooms biopolymers. – Manuscript.

The thesis for obtaining the scientific degree of the Candidate of Technical Science on the specialty 03.00.20 – Biotechnology. – Odessa National Academy of Food Technologies, the Ministry of Education and Science of Ukraine, Odessa, 2015.

This thesis was devoted to development of functional ingredients on the basis of cultivated mushrooms biopolymers.

The characteristic of bioactive substances of mushrooms cultivated in Ukraine (*Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus*) was represented. The composition of mushrooms polysaccharides and their structure was determined.

The method of mushrooms polysaccharides biotransformation using controlled enzymatic degradation by the enzyme preparation *Rovabio Excel AP* was developed.

The conditions obtaining iron complexes on the basis of biomodificated mushrooms polysaccharides were substantiated. Their antianemic activity was proved by the biomedical research.

The biopolymer complexes of mushrooms cell walls were isolated and investigated. They were functional and physiological components with adaptogenic activity. The optimum conditions for obtaining the functional ingredient with the adaptogenic action were determined. Its effectiveness was confirmed in the experiment on animals.

The method of obtaining the stabilized lipase and amylase inhibitors by their co-immobilization on the mushrooms biopolymer matrix was developed.

The technologies of the proposed functional ingredients were developed and economically substantiated. Their reality was confirmed by the results of the industrial testing at the biotechnological company. The normative documentation for producing the functional ingredients was developed.

Keywords: *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*, enzymatic hydrolysis, polysaccharides, biomodificated polysaccharides, iron complex, biopolymer complex of mushrooms cell walls, adaptogenic properties, immobilization, inhibitors of digestive enzymes.