

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**НОСЕНКО ТАМАРА ТИХОНІВНА**

УДК 665.1/.3:543.424.4:641.53.092:683.958

**НАУКОВІ ЗАСАДИ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
ПЕРЕРОБКИ НАСІННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР**

Спеціальність 05.18.06 – технологія жирів, ефірних масел і парфумерно-косметичних продуктів

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі технології жирів і парфумерно-косметичних продуктів Національного університету харчових технологій МОН України.

**Науковий консультант:** доктор хімічних наук, професор Манк Валерій Веніамінович, Національний університет харчових технологій МОН України, професор кафедри технології жирів і парфумерно-косметичних продуктів

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор **Демидов Ігор Миколайович**, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут" МОН України, професор кафедри технології жирів та продуктів бродіння

доктор технічних наук, професор **Капрельяни Леонід Вікторович**, Одеська національна академія харчових технологій МОН України, завідувач кафедри біохімії, мікробіології та фізіології харчування

доктор біологічних наук, професор **Юкало Володимир Глібович**, Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя МОН України, професор кафедри харчової біотехнології і хімії

Захист відбудеться 16 червня 2016 р. об 11 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.07 Національного університету харчових технологій за адресою 01601 м. Київ, вул. Володимирська, 68 в аудиторії А-311.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою 01601 м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розіслано «16» травня 2016 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

О.А. Білик

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Основними завданнями технології переробки насіння олійних культур є максимальне вилучення рослинних олій, збереження їх якості та безпечності. За традиційною технологією висока ефективність вилучення рослинних олій із насіння олійних культур досягається за рахунок інтенсифікації механічних і фізико-хімічних впливів. Побічними продуктами олійного виробництва є шроти олійних культур, в яких акумулюється білковий комплекс насіння, у зв'язку з чим вони є цінною сировиною для одержання рослинних білків, у першу чергу – соєвих білкових концентратів та ізолятів. Технології білкових ізолятів із соняшникового шроту були започатковані в роботах Горшкової Л. М., Раковського П. П. та ін. (Український науково-дослідний Інститут олій та жирів (УкрНДІОЖ), м. Харків).

Останнім часом спостерігаються тенденції до зміни стереотипів у технологіях переробки олійного насіння та їх удосконалення, направлені на збільшення ефективності та екологічності олієдобування, одержання безпечних рослинних олій із високою антиокиснювальною здатністю, вичерпне використання всіх нутрієнтів і цінних компонентів олійного насіння.

Зокрема, науковцями УкрНДІОЖ і кафедри технології жирів та продуктів бродіння Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» розроблено технології одержання безлушпинного ядра насіння соняшнику (Іхно М. П.) та вилучення олії із олійної сировини методом спиртового екстрагування (Гладкий Ф. Ф., Литвиненко О. А., Перевалов Л. І., Петик П. Ф.), що дало можливість суттєво збільшити якість олії, уникнути використання нехарчових екстрагентів та одержати цінний білковий продукт переробки насіння соняшнику – харчовий шрот.

Новим напрямом технології переробки олійного насіння є технологія його водно-ензимного екстрагування, яка була започаткована в Державному університеті Айови (США). Значний обсяг досліджень здійснили де Мура Дж., Джонсон Л. А., Юнг С., Кемпбел К. А. та ін.

Технології переробки олійної сировини із використанням біотехнологічних методів, які дають можливість запобігати глибоким денатураційним і окиснювальним змінам ліпідно-білкового комплексу насіння, зберігаючи біологічно цінні складові на рівні початкової якості сировини, розроблено у Кубанському державному технологічному університеті (Краснодар, Росія) Щербаковим В. Г., Лобановим В. Г., Щербаковою О. В.

У роботах Лісіцина О. М. (Всеросійський науково-дослідний інститут жирів, Санкт-Петербург, Росія), Оберндорфера С. та співавт. (Інститут аграрної інженерії, Геттінген, Німеччина) одержало розвиток використання екологічної мікрохвильової енергії у переробці насіння олійних культур, а також встановлено, що під впливом мікрохвильової обробки відбувається руйнування ультраструктури клітин ядра насіння соняшнику, на основі поєднання використання мікрохвильової енергії та екструзії розроблено нові

технології добування рослинних олій із високою антиокиснювальною стійкістю.

Отже, незважаючи на значний прогрес розвитку технологій і великий обсяг наукових досліджень переробки олійного насіння актуальними залишаються питання максимального використання усього спектру його цінних компонентів, якого можна досягти:

- збільшенням ефективності вилучення пресової олії із підвищеним вмістом біологічно цінних компонентів за рахунок використання нових методів підготовки олійного насіння до переробки;
- удосконаленням технології соняшникових білків за рахунок оптимізації технологічних параметрів основних стадій одержання білкових ізолятів, у тому числі із застосуванням біотехнологічних і фізичних методів;
- модифікацією функціонально-технологічних властивостей білків, вилучених із продуктів переробки олійного насіння;
- розширенням використання білкової складової олійного насіння та продуктів його переробки для одержання білкових збагачувачів у харчових системах.

Таким чином, актуальним є створення наукових засад щодо застосування біотехнологічних і фізичних методів технологій переробки насіння олійних культур, які забезпечать максимальне використання цінних компонентів олійного насіння, підвищення біологічної цінності та окиснювальної стабільності рослинних олій, а також збільшення ефективності вилучення білків із шротів, поліпшення їх функціонально-технологічних властивостей та розширення асортименту білкових продуктів із олійного насіння.

Наукове обґрунтування та практична реалізація поставлених завдань забезпечить можливість більш вичерпного використання потенціалу цінних компонентів насіння олійних культур.

**Зв'язок роботи із науковими програмами, темами.** Актуальність проблеми, розв'язанню якої присвячена ця дисертаційна робота, підтверджена тим, що вона була виконана у відповідності із тематикою науково-дослідних робіт Національного університету харчових технологій в межах держбюджетних тем: “Розроблення технології білкових добавок із шротів олійних культур” (№ ДР0109U008749), “Розробка майонезів з новими видами харчових добавок” (№ ДР0110U002383), “Розроблення наукових основ вилучення ліпідів і білків з олійної сировини та методів оцінки їх якості” (№ ДР0112U001084), “Технологічні аспекти комплексної переробки сировини при виробництві екологічно безпечних продуктів загального і спеціального призначення” (№ ДР0109U008028).

Особистий внесок здобувача полягає в участі як виконавця у зазначених темах, розробленні календарних планів, методик, проведенні лабораторних і промислових досліджень, теоретичному обґрунтуванні запропонованих рішень, аналізі та узагальненні отриманих результатів, підготовці матеріалів до публікації.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування та розроблення ресурсозберігаючих технологій переробки насіння олійних культур та їх шротів для максимального вилучення ліпідів, білкового комплексу, вторинних метаболітів, одержання білкових ізолятів із модифікованими функціонально-технологічними властивостями.

Відповідно до поставленої мети визначено наступні **завдання**:

- на основі системного аналізу експериментальних досліджень визначити технологічні параметри використання мікрохвильового поля для попередньої обробки олійної сировини з метою збільшення ефективності вилучення пресової олії, скорочення тривалості екстрагування олії розчинником, прискорення інактивації уреази, інгібіторів трипсину та мірозінази;
- встановити вплив попередньої мікрохвильової обробки на окиснювальні процеси в олійній сировині та біологічну цінність олії;
- визначити раціональні технологічні параметри для ефективного екстрагування білків із шротів та оцінити втрати білків під час ізоелектричного осадження, на основі одержаних даних розробити рекомендації щодо удосконалення технологій одержання білкових ізолятів із шротів олійних культур;
- розробити способи інтенсифікації екстрагування білків із шротів із використанням фізичних методів обробки;
- визначити харчову, біологічну та відносну біологічну цінність білоквмісних продуктів переробки насіння ріпаку сучасних безерукових низькоглюкозинолатних сортів;
- виявити механізм впливу обмеженого протеолізу на ефективність екстрагування білків і супутніх їм фенольних сполук, хімічний склад та біологічну цінність соняшникових ізольованих білків, оцінити ступінь гідролізу білків під дією протеолітичних ферментів та за допомогою методів математичної статистики оцінити ефективність екстрагування білків у присутності протеолітичних ферментів і ступінь гідролізу білків у суспензіях шроту;
- визначити ступінь нативності та функціонально-технологічні властивості ізольованих соняшникових білків;
- встановити закономірності розподілу та роль вторинних метаболітів насіння олійних культур (соєвих ізофлавоноїдів, поліфенольних кислот насіння соняшнику, тіоглюкозидів насіння ріпаку) у технологіях білкових концентрованих продуктів;
- удосконалити експрес-метод визначення вологості та олійності шротів і насіння за допомогою спектрів дифузного відбивання в ближній інфрачервоній (БІЧ) області спектру;
- розробити технологію частково гідролізованого соняшникового білка із використанням протеолітичних препаратів та нормативні документи на білок соняшниковий модифікований;

– запропонувати технології нових харчових продуктів із використанням рослинних білків, одержаних із насіння олійних культур.

*Об'єкт дослідження* – технології переробки насіння та шротів олійних культур.

*Предмет дослідження* – насіння соняшнику, ріпаку, сої, льону та продукти їх переробки; соняшникова, ріпакова та соєва олія; білки насіння соняшнику, ріпаку, сої; борошно із насіння льону та борошно ріпакове частково знежирене, ядро волоських горіхів, насіння гарбузів.

**Методи дослідження.** Фізико-хімічні властивості олійного насіння, білкових продуктів та рослинних олій визначали стандартними методами, концентрацію білків в екстрактах – фотометричними методами, поліпептидний склад білкового комплексу насіння та ізольованих білкових продуктів – методом диск-електрофорезу у поліакриламідному гелі, амінокислотний склад білків – хроматографічним методом після їх кислотного гідролізу, ступінь гідролізу білків – методом формольного титрування. Визначення токсичності та відносної біологічної цінності білкових продуктів здійснювали за допомогою тест-організму *Tetrachimena piriformis*.

Для визначення вологості насіння соняшнику та шроту, олійності насіння соняшнику методом інфрачервоної спектроскопії в ближній області (БІЧ-область) було розроблено калібрувальні рівняння за допомогою інфрачервоного аналізатора Інфрапід-61.

Розчинність білкових продуктів визначали фотометричним методом, інші технологічні властивості білкових продуктів – згідно з ДСТУ 4596. Температуру та ентальпію денатурації білкових продуктів здійснювали методом диференціальної скануючої калориметрії (ДСК).

Жирнокислотний склад рослинних олій визначали за допомогою газово-рідинної хроматографії метилових ефірів жирних кислот, склад токоферолів – методом високоефективної рідинної хроматографії з використанням колонки з оберненою фазою, окиснювальну стійкість рослинних олій – за об'ємом поглиненого кисню під час ініційованого окиснення.

Загальний вміст поліфенольних кислот у продуктах визначали фотометричним методом, ідентифікацію поліфенольних кислот насіння соняшнику здійснювали за допомогою паперової хроматографії, кількісне визначення – спектрофотометричним методом, вміст тіоглюкозидів у насінні ріпаку та продуктах його переробки – хімічним методом та методом «GLUCOTEST». Ідентифікацію ізофлавоноїдів у продуктах переробки насіння сої здійснювали методом спектроскопії ядерно-магнітного резонансу (ЯМР) на основі хімічних зсувів в  $^1\text{H}$  ЯМР-спектрах.

Розрахунки статистичного аналізу здійснювали за допомогою програми Microsoft Office Excel 2010 та ANOVA, моделювання екстрагування білків із шротів – за допомогою програми STATISTICA.

**Наукова новизна одержаних результатів.**

**Вперше:**

– **встановлено**, що ефективність вилучення білків зі шротів інтенсифікується при використанні фізичних методів обробки – електрофоретичного вилучення із гелевих частинок шроту (кількість екстрагованих білків збільшується на 9...17 %) та ультразвукової обробки (швидкість екстрагування білків підвищується на 44...50 %).

– **з'ясовано** механізм впливу протеолітичних ферментів на процес екстрагування білків із шротів олійних культур: методом гель-електрофорезу продемонстровано зміну поліпептидного складу білків, які екстрагуються за присутності протеолітичних ферментів із соняшникового і соєвого шроту у нейтральних та лужних розчинах – внаслідок протеолітичної дії протеаз зменшується відносна частка високомолекулярних поліпептидів (для соєвого шроту – 75...80 та 50 кДа, соняшникового – 45...54 та 32...35 кДа), у той же час частка поліпептидів менших розмірів збільшується;

– **встановлено**, що у присутності протеолітичних ферментів ефективність екстрагування білків шроту зростає внаслідок їх часткового гідролізу, і вихід кінцевого білкового продукту збільшується на 5...8 %. Методом поверхні відгуку визначено залежність ефективності екстрагування білків із соняшникового шроту та ступеню їх гідролізу від технологічних параметрів (тривалості, концентрації екстрагенту, співвідношення фермент:субстрат). На основі математичної моделі кінетики ферментативного гідролізу білкових суспензій розраховано параметри кінетики гідролізу білків шроту залежно від іонної сили розчину, співвідношення фермент:субстрат та рН середовища. Показано, що існує позитивна кореляція між концентрацією білків в екстрактах і ступенем гідролізу білків;

– на підставі проведених досліджень хімічного складу одержаних білкових продуктів та ендотермічних переходів суспензій білкових ізолятів **доведено**, що внаслідок обмеженого гідролізу соняшникових білків одержані білкові продукти мають вищу харчову (вміст білків на 7...10 % вищий) та біологічну (вміст суми сірковмісних амінокислот збільшувався на 12 %) цінність у порівнянні із традиційним білком і містять дисоційовані форми геліантину, які характеризуються дещо нижчою температурною стабільністю. Проте вони є неденатурованими формами білків, що важливо для збереження функціональності;

– **виявлено**, що в умовах обмеженого гідролізу білків шроту відбувається інтенсифікація процесу вилучення фенольних сполук в екстракт, очевидно, внаслідок руйнування білкового каркасу гелевих частинок шроту. Встановлено, що під дією технологічних факторів хлорогенова кислота утворює із білками стійкі комплексні сполуки. Частковий гідроліз білків у присутності протеолітичних ферментів запобігає утворенню забарвлених сполук продуктів окиснення поліфенольних сполук із поліпептидами білків: білкові продукти, одержані в нейтральному середовищі та у присутності протеолітичних ферментів, мають більш високий вміст вільної хлорогенової кислоти, яка екстрагується водою;

– **встановлено**, що внаслідок попередньої мікрохвильової обробки олійного матеріалу на 40,5 % збільшується швидкість екстрагування олії із соняшникової м'ятки, скорочується тривалість інактивації уреаз (удвічі), інгібіторів трипсину насіння сої (у п'ять разів), та у 2,3 рази збільшується швидкість інактивації мірозинази насіння ріпаку;

– **виявлено**, що пресова ріпакова та соняшникова олії, вилучені із матеріалу після його мікрохвильової обробки, мали вищу тривалість індукційного періоду ініційованого окиснення;

**дістало подальшого розвитку:**

– експериментальне **обґрунтування** використання мікрохвильової обробки олійної сировини перед вилученням олії: визначено математичну залежність ефективності виходу пресової олії від вологості насіння, потужності надвисокочастотного (НВЧ) електромагнітного поля та тривалості нагрівання; експериментально підтверджено, що найбільш значимим параметром є потужність поля; встановлено, що внаслідок попередньої обробки насіння ріпаку, соняшнику, сої та інших олійних культур в НВЧ-полі кількісний вихід пресової олії збільшується на 7...16 %; доведено, що попереднє мікрохвильове нагрівання насіння не супроводжується зміною жирно-кислотного складу пресової ріпакової олії;

– експериментальне **обґрунтування** високої харчової, біологічної та відносної біологічної цінності продуктів переробки насіння ріпаку – ріпакової олії та білоквмісних продуктів із ріпакового насіння сучасних безерукових низькоглюкозинолатних сортів. Біологічна цінність білків насіння ріпаку (скор лізину – 110...118 %, сірковмісних амінокислот – 151...157 %) переважає цінність білків насіння сої та соняшнику, а відносна біологічна цінність білків насіння ріпаку, визначена із використанням тест-організму інфузорії *Tetrachimena piriformis*, становила майже 96 % біологічної цінності молочного казеїну;

– **визначення** кількісного розподілу соєвих ізофлавоноїдів у процесі переробки соєвого шроту із виробництвом білкових продуктів та методом ЯМР спектроскопії встановлено їх ізомерний склад у білкових соєвих продуктах. Показано, що під час одержання білкових ізолятів основна маса ізофлавоноїдів потрапляє у сироваткову воду, внаслідок чого в соєвих білкових ізолятах їх вміст становив лише 0,05 %;

– теоретичні й практичні передумови **використання** спектрів дифузного відбивання насіння соняшнику та продуктів його переробки в БІЧ області для визначення вологості та олійності шротів і насіння.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблено ресурсо- та енергоощадні технології переробки насіння олійних культур із виробництвом рослинних олій, що мають підвищену антиоксидантну здатність.

Розроблено практичні рекомендації щодо використання попередньої мікрохвильової обробки олійної сировини з метою збільшення ефективності вилучення пресової олії, скорочення тривалості екстрагування олії



розчинником, прискорення інактивації ферментів (уреази, інгібіторів трипсину та мірознази).

Розроблено рекомендації щодо технологічних параметрів максимального вилучення білків із соняшникового шроту в нейтральних розчинниках та мінімізації втрат білків під час їх ізоелектричного осадження.

Розроблено ресурсощадну технологію частково гідролізованого соняшникового білка із використанням протеолітичних препаратів та нормативну документацію на білок соняшниковий модифікований, що характеризується високими технологічними властивостями.

Розроблено способи вилучення ізофлавоноїдних концентратів із відходів виробництва соєвих білкових концентратів та ізолятів.

Розроблено градувальні рівняння для визначення вологості шротів та насіння, олійності насіння методом БЧ спектроскопії дифузного відбивання.

Розроблено технології харчових продуктів із білковими продуктами насіння олійних культур: хліба із суцільнозмеленого зерна пшениці та частково знежиреного ріпакового борошна, середньокалорійних майонезів із модифікованими соняшниковими білками, десертного продукту із лляним борошном.

Теоретичні та науково-практичні доробки автора стали підґрунтям для розроблення нормативної документації: ТУ У та ТІ 10.4-02070938-200:2015 «Білок соняшниковий модифікований», ТУ У22929481.001-98 «Олія соєва», ТУ У та ТІ 10.4. - 02070938 204 :2015 «Борошно ріпакове харчове», ТУ У 10.4-02070938 203:2015 «Олія ріпакова пресова», ТУ У 10.4-02070938-205:2015 «Майонез вегетеріанський» та технологічних інструкцій до названих технічних умов.

Новизну технічних рішень підтверджено 10 патентами України на винахід та корисні моделі.

Проведено промислову апробацію технології соняшникового білка модифікованого у виробничих умовах ПрАТ «Мелітопольський олійноекстракційний завод», технології попередньої обробки соєвої м'ятки мікрохвильовим полем на ПрАТ «Київ-Атлантик-Україна» (м. Миронівка, Київська обл.) та технології низькокалорійних соусів із використанням білка соняшникового модифікованого на ТОВ "ВІАНОКС" (м. Київ).

Визначено економічну ефективність від впровадження у виробництво технології білка соняшникового модифікованого: собівартість його виробництва зменшується на 24 % у порівнянні із традиційним білком соняшниковим.

Соціальний ефект від впровадження розробок полягає в тому, що впровадження у виробництво продуктів, які містять лляне та ріпакове частково знежирене борошно, частково гідролізований соняшниковий білок, пресової ріпакової олії дає можливість збагачувати харчовий раціон споживачів незамінними  $\omega$ -3 ПНЖК, білками та оліями із підвищеною біологічною цінністю.

**Особистий внесок здобувача** був визначальним на всіх етапах роботи і полягав у формулюванні мети та завдань досліджень, методологічному обґрунтуванні способів їх реалізації, інтерпретації та узагальненні одержаних результатів, а також підготовці результатів.

Основна частина експериментальних досліджень проведена особисто та під керівництвом автора. Дослідження жирнокислотного складу олій та ізомерного складу токоферолів проводили спільно з к. т. н. Кіщенко В. А. та Левчук І. В. (Науково-дослідний центр випробувань продукції «Укрметртестстандарт»); антиоксидантну здатність рослинних олій досліджували спільно із к. т. н. Півень О. М. (кафедра технології жирів та продуктів бродіння Харківського політехнічного університету «ХП»); визначення поліпептидного та амінокислотного складу білкових продуктів – спільно із к. б. н. Жуковою Я. Ф. (Інститут продовольчих ресурсів НААН України), вимірювання БІЧ спектрів відбивання – спільно із к. т. н. Літвінчук С. І. (НУХТ), диференціальну скануючу калориметрію зразків білкових продуктів – спільно із к. х. н. Давиденком В. В. (Інститут хімії високомолекулярних сполук НАНУ), дослідження відносної біологічної цінності білкових продуктів – спільно із к. вет. н. Джміль В. І. (Білоцерківський Національний Аграрний університет), ідентифікацію окремих ізофлавоноїдів на основі <sup>1</sup>H ЯМР спектрів – у Національному університеті ім. Т. Г. Шевченка; дослідження реологічних властивостей майонезів – спільно із к. т. н. Бахмачем В. О. (НУХТ); моделювання процесу екстрагування білків із соняшникового шроту – спільно із к. ф.-м. н. Кубайчук О. О. та Вовкодав Н. І. (НУХТ); дослідження соняшnikової олії в процесі рафінації – за участі Олексенка А. О. (ПрАТ Київський маргариновий завод «Олком»).

Обговорення та узагальнення результатів досліджень проведено спільно з науковим консультантом д. х. н., проф. В. В. Манком.

**Апробація результатів дисертаційного дослідження.** Основні результати проведених досліджень доповідалися та обговорювалися на 5-ому Конгресі Європейської Федерації Ліпідів «Oils, Fats and Lipids: from Science to Applications» (2007, Гетеборг, Швеція), 9-му Конгресі Європейської Федерації Ліпідів «Oils, Fats and Lipids for a Healthy and Sustainable World» (2011, Роттердам, Нідерланди), 10-му Конгресі Європейської Федерації Ліпідів «Fats, Oils and lipids: from science and Technology to Health» (2012, Краків, Польща), на Міжнародних науково-технічних конференціях «Розроблення та впровадження прогресивних ресурсощадних технологій та обладнання в харчову та переробну промисловість» (Київ, УДУХТ, 1997), «Проблеми та перспективи створення і впровадження нових ресурсо- та енергоощадних технологій, обладнання в галузях харчової і переробної промисловості» (Київ, УДУХТ, 2000), «Нові технології та технічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогодення і перспективи» (Київ, НУХТ, 2005), «Хімія і технологія жирів» (Алушта, 2008), «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (Харків, 2010), «Новітні технології, обладнання, безпека та якість харчових продуктів:

сьогодення та перспективи» (Київ, НУХТ, 2010), «Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей» (Київ, НУХТ, 2012 р.), «Modern Technologies in the Food Industry-2012» (Молдова, 2012), «Иновационные технологии в пищевой промышленности» (Мінськ, 2012), «Стратегия качества в промышленности и образовании» (Варна, Болгарія, 2012), «Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей» (Київ, НУХТ, 2013), «The Second North and East European Congress on Food» (Київ, НУХТ, 2013), «Food science, engineering and technologies–2013» (Варна, Болгарія, 2013), «Якість і безпека харчових продуктів» (Київ, НУХТ, 2013), «Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей» (Київ, НУХТ, 2014), «Перспективи розвитку м'ясної, молочної та олієжирової галузей у контексті євроінтеграції» (Київ, НУХТ, 2015), «Продовольчі ресурси: проблеми і перспективи» (Київ, 2014), VII-й (Київ, 2014) та VIII-й (Київ, 2015) Міжнародній конференції «Масложировая отрасль: технологии и рынок», 5-й регіональній науково-практичній конференції «Біотехнологія XXI століття» (Київ, Національний технічний університет «КПІ», 2011 р.).

**Публікації.** За результатами роботи опубліковано 110 наукових праць, серед яких 33 статті у фахових журналах і збірниках наукових праць, у т. ч. 8 – в міжнародних виданнях, що входять до науково-метричних баз даних, 55 матеріалів та тез доповідей на науково-практичних конференціях, 10 патентів України на винахід та на корисну модель.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел із 596 найменувань і 14 додатків. Робота, викладена на 366 сторінках основного тексту, включає 88 рисунків і 71 таблицю.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації та її значення у розв'язанні проблеми підвищення ефективності переробки насіння олійних культур з метою максимального використання його хімічних складників: ліпідів, білкового комплексу, вторинних метаболітів, одержання білкових ізолятів із модифікованими функціонально-технологічними властивостями, сформульовано мету та завдання дослідження, викладено наукову концепцію, визначено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, наведено дані щодо апробації розроблених технологій.

У **першому розділі** «Сучасний стан наукових досліджень у галузі переробки насіння олійних культур» проведено аналіз сучасних напрямів досліджень та розвитку технології переробки насіння олійних культур. Здійснено детальний огляд наукових публікацій щодо мікрохвильового способу нагрівання, висушування та екстрагування олійного насіння, використання водного та водно-ферментативного екстрагування ліпідів та білків із олійної сировини, удосконалення технологій білкових продуктів із олійного насіння. Розглянуто роботи, присвячені дослідженню особливостей одержання білкових ізольованих продуктів із насіння основних олійних

культур – соняшнику, сої та ріпаку. В цьому розділі наведено також результати сучасних досліджень складу вторинних метаболітів насіння олійних культур, їх біоактивності, впливу на здоров'я людини та значення у технологіях одержання білкових продуктів.

Аналітичний огляд літератури визначив сучасний стан розвитку технології переробки насіння олійних культур, у тому числі вилучення білкової складової олійного насіння та дав можливість сформулювати мету та завдання роботи.

Аналіз, наведений в цьому розділі, показав, що остаточно нез'ясованим залишається питання щодо раціональних параметрів мікрохвильової обробки олійної сировини з метою підвищення якості та окиснювальної стійкості рослинних олій, не досліджено можливості використання обмеженого гідролізу білків для підвищення ефективності їх вилучення із шротів та модифікації функціонально-технологічних властивостей. Також не повністю досліджено закономірності розподілу та трансформації вторинних метаболітів олійного насіння під час його переробки.

**Другий розділ** «Організація, об'єкти та методи досліджень» містить загальну схему досліджень (рис. 1), яка передбачає комплексний підхід до організації досліджень, включаючи теоретичне і експериментальне обґрунтування та розроблення ресурсоощадних технологій переробки насіння олійних культур із урахуванням максимального використання його хімічних складників.

У розділі наведено характеристику об'єктів дослідження, а також методики для характеристики фізико-хімічних властивостей сировини, поліпептидного та амінокислотного складу білкового комплексу олійного насіння та продуктів його переробки, ступеню гідролізу поліпептидів білкового комплексу під дією протеаз, функціонально-технологічних властивостей та ступеню денатурації білкових продуктів, їх відносної біологічної цінності із використанням тест-організму інфузорії *Tetrachimena piriformis*, жирно-кислотного складу рослинних олій та їх стійкості до окиснення, вмісту в них токоферолів та їх ізомерного складу, складу ізофлавоноїдів.

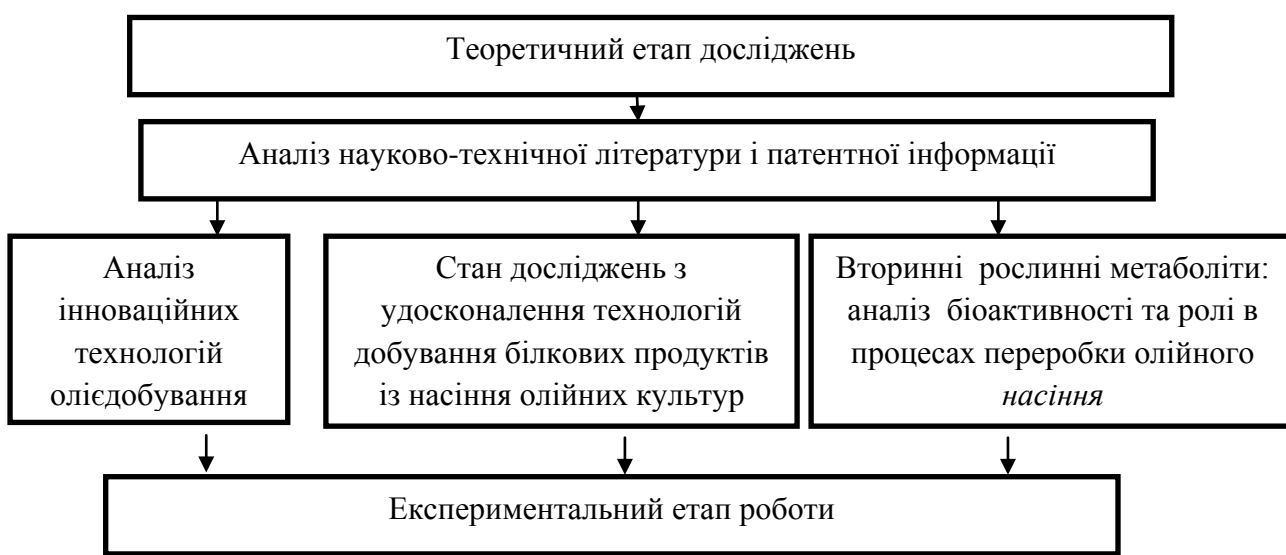




Рис. 1. Структурна схема організації теоретичних і експериментальних досліджень

Удосконалено метод визначення вологості та олійності насіння соняшнику за допомогою БІЧ спектрометра «Інфрарід-61». Стандартна похибка градуювального рівняння для визначення вологості склала 0,6 %, олійності 1,8 %. Проаналізовано спектри дифузного відбивання проміжних продуктів переробки насіння соняшнику в БІЧ області спектру та підтверджено, що основними аналітичними довжинами хвиль для визначення вологості шротів є області 1,90...1,93 та 1,40...1,45 мкм.

Одержано градуювальні рівняння на довжині хвилі 1,46 та 1,93 мкм для визначення вологості соняшникового шроту. Найбільш високу апроксимацію даних до лінійної залежності ( $R^2=0,98...0,99$ ) виявлено для функцій оптичної густини (рис. 2) та спектрального індексу.

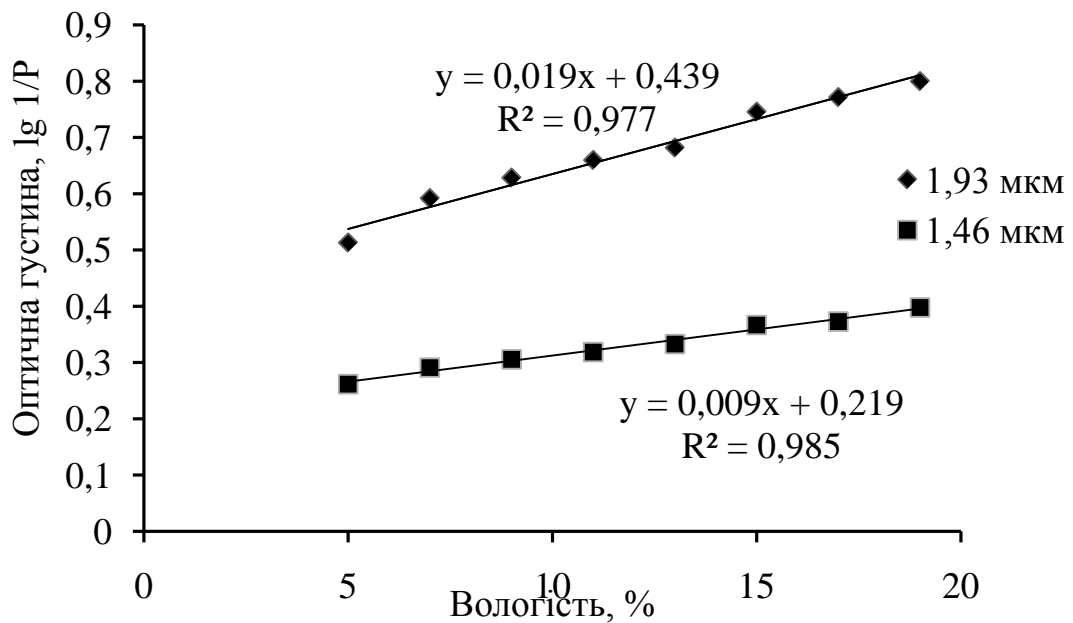


Рис. 2. Градувальні графіки для визначення вологості шроту за оптичною густиною на довжинах хвиль 1,46 та 1,93 мкм (P – коефіцієнт відбивання)

У цьому розділі наведено також методи статистичної обробки результатів досліджень.

У **третьому розділі** «Дослідження впливу мікрохвильової обробки сировини на ефективність вилучення олії, показники її складу та якості» на основі експериментальних досліджень обґрунтовано переваги використання попередньої мікрохвильової обробки олійної сировини як способу її підготовки до вилучення олії, що забезпечує високий вихід олії, збільшення швидкості її екстрагування розчинником та швидкості інактивації ферментів, а також підвищення біологічної цінності олії та її антиокиснювальної здатності.

Експериментально встановлено, що температура та кінцева вологість олійної сировини у процесі мікрохвильового нагрівання залежить від потужності НВЧ-поля, початкової вологості насіння та тривалості обробки. Одержані рівняння регресії залежності температури нагрівання від цих чинників свідчать, що найбільш суттєвим є вплив потужності НВЧ-поля.

Результати дослідження впливу мікрохвильового нагрівання на процес висушування та ефективність вилучення олії із досліджуваної сировини свідчать про збільшення виходу пресової олії у порівнянні із сировиною, кондиціонування якої до аналогічної вологості проводили традиційним нагріванням (рис. 3, b). Підвищення ефективності пресового вилучення олії для досліджених видів олійної сировини знаходилося в межах від 7 до 16 %.

У розділі наведено також експериментальні дані, що підтверджують інтенсифікацію процесу екстрагування олії із олійного матеріалу внаслідок його попередньої мікрохвильової обробки. Так, частка екстрагованої

соняшникової олії після попередньої мікрохвильової обробки сировини зростала: під час екстрагування настоюванням протягом 1 години – приблизно на 17 %, а під час екстрагування перколяцією – на 40 % (рис. 3, а).

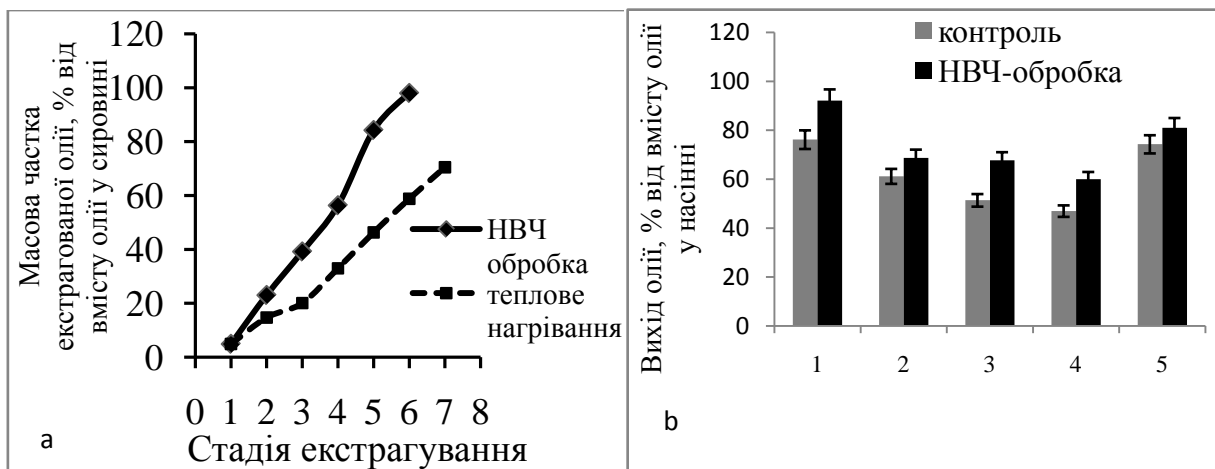


Рис. 3. Вплив попередньої мікрохвильової обробки на кінетику екстрагування олії із соняшникової м'ятки та вихід пресової олії із олійної сировини (1 – ріпаку, 2 – сої, 3 – соняшнику, 4 – гарбузів, 5 – волоських горіхів)

Виявлено вплив мікрохвильової обробки на активність деяких ферментів олійного насіння, зокрема, уреазу та інгібіторів протеолітичних ферментів насіння сої. Після обробки м'ятки в НВЧ-полі потужністю 200Вт/кг протягом 20 хв активність уреазу зменшилась до 0,18 Δ рН/30 хв (на 91 %), у той час у контролі – до 1,68 Δ рН/30 хв (на 15 %), одночасно за таких параметрів повністю інактивувалися інгібітори трипсину. Про інактивацію мірозирази в насінні ріпаку внаслідок мікрохвильової обробки свідчить зменшення вмісту глюкозинолатів, визначеного за масовою часткою глюкози.

Найбільш дискусійним залишається питання щодо впливу попередньої мікрохвильової обробки на хімічний склад олії, вміст в ній біологічно цінних компонентів та її окиснювальну стабільність. У цьому розділі наведено результати досліджень якості рослинних олій, вилучених пресуванням, які свідчать про відсутність суттєвих відмінностей за вмістом вільних жирних кислот між контрольним і «НВЧ» зразком олії (табл. 1). Одночасно вміст пероксидних сполук був нижчим для всіх видів олій, які вилучалися після НВЧ-обробки сировини, причому у випадку соєвої, ріпакової та соняшникової олії різниця була досить суттєвою. Встановлений факт може бути зумовлений, зокрема, низькою тривалістю обробки олійної м'ятки у полі НВЧ, а також більш ефективною інактивацією ліпоксигеназу у порівнянні із контролем. У той же час для горіхової та гарбузової олії відмінності за вмістом первинних продуктів окиснення були несуттєвими.

Аналіз вмісту таких біологічно активних речовин, як токоферолі та каротиноїди, засвідчив, що попередня мікрохвильова обробка сировини

супроводжується збільшенням вмісту цих сполук у більшості досліджуваних рослинних олій, що, очевидно, зумовлює і більш високу їх стійкість до окиснення, про що свідчить збільшення індукційного періоду окиснення, визначеного за кінетикою поглинання кисню (рис. 4).

Таблиця 1

**Вплив попередньої НВЧ-обробки на показники якості пресової олії**  
( $p=0,95$ )

Олія	Кислотне число, мг КОН/г		Пероксидне число, мМоль $\frac{1}{2}$ O/кг олії	
	Контроль	Попередня НВЧ-обробка	Контроль	Попередня НВЧ-обробка
ріпакова	0,70±0,11	0,81±0,05	1,81±0,03	0,95±0,02
соєва	1,47±0,12	1,82±0,11	2,89±0,14	0,86±0,12
соняшникова	0,83±0,07	0,74±0,03	1,67±0,16	0,85±0,10
горіхова	0,40±0,05	0,31±0,04	1,12±0,08	0,97±0,06
гарбузова	0,62±0,05	0,64±0,04	1,91±0,14	1,85±0,11

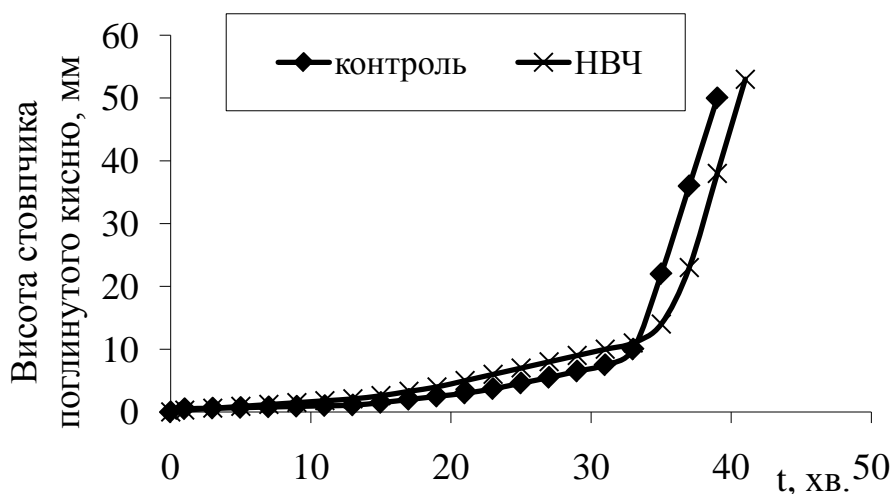


Рис. 4. Кінетика поглинання кисню зразками соняшникової олії

Суттєвих відмінностей за загальним вмістом фосфоровмісних сполук у досліджуваних рослинних оліях між зразками, що відрізнялися методом попередньої обробки, не спостерігали. Проте визначення складу гідратованих і негідратованих фосфатидів у ріпаковій олії продемонструвало суттєве зменшення вмісту фосфатидів, що не піддавалися гідратації, у зразку олії, вилученої після мікрохвильової обробки сировини.

На прикладі ріпакової олії встановлено, що внаслідок попередньої мікрохвильової обробки сировини жирнокислотний склад пресової олії не змінювався.



У четвертому розділі «Дослідження впливу технологічних параметрів на ефективність екстрагування білків шроту та їх вилучення із розчинів» наведено результати комплексних досліджень з визначення впливу технологічних чинників (природи екстрагенту, його концентрації, значення рН, температури, тривалості екстрагування, напруженості електричного поля та ультразвукової обробки) на ефективність вилучення білків із шроту та повноту їх осадження із розчинів.

Екстрагування білків із лабораторного соняшникового шроту за значення гідромодуля 10:1, температури 50 °С та тривалості 40 хв у нейтральних та лужних розчинах хлориду натрію із значенням іонної сили розчинів від 0,17 до 2,1 Моль/дм<sup>3</sup> засвідчило, що в лужних розчинах максимальна кількість білків із соняшникового шроту екстрагується за значення іонної сили розчину 1...1,2 Моль/дм<sup>3</sup> (рис. 5). Максимальне вилучення білків із соняшникового шроту в нейтральних розчинниках спостерігалось при іонній силі розчину – 1,7...2,1 Моль/дм<sup>3</sup>. І навіть при іонній силі розчину 2,1 Моль/дм<sup>3</sup> масова частка екстрагованих білків була нижчою (приблизно на 4 %), ніж у лужному розчиннику.

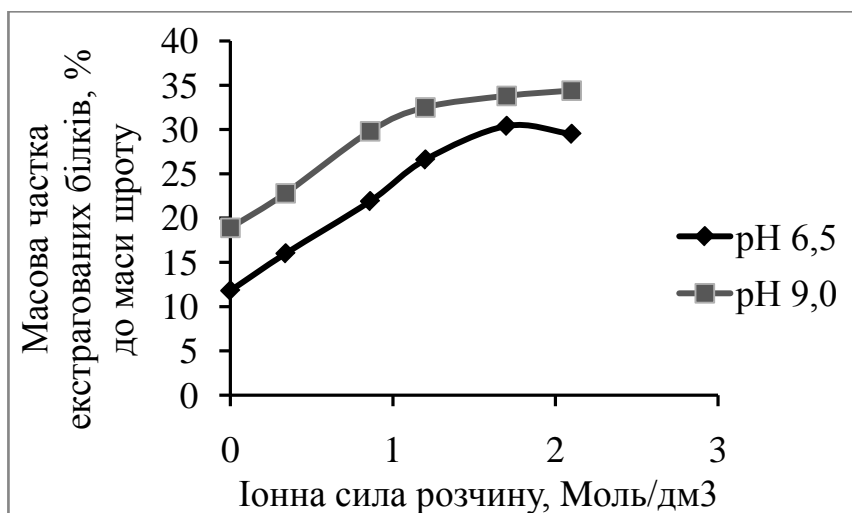


Рис. 5. Залежність ефективності екстрагування білків соняшникового шроту від іонної сили розчину NaCl

Особливістю хімічного складу насіння соняшнику є вміст поліфенольних сполук, які ускладнюють одержання білкових продуктів нейтрального забарвлення. У зв'язку з цим було досліджено вплив складу розчинника на ефективність екстрагування фенольних сполук із соняшникового шроту.

Встановлено, що максимальна кількість фенольних кислот із соняшникового шроту у досліджуваному діапазоні рН екстрагувалася при рН 1, мінімальна – при рН 6. При значеннях рН, що відповідають нейтральному середовищу максимальна кількість фенольних сполук вилучалася за значення іонної сили розчину 0,86 Моль/дм<sup>3</sup>. Зміна іонної сили розчину супроводжувалася зменшенням частки вилучених фенольних сполук.

Виявлено, що існує кореляція між ефективністю екстрагування білкових та фенольних сполук, тобто максимальна ефективність екстрагування цих сполук припадає на значення іонної сили  $0,86...1,2 \text{ Моль/дм}^3$ , що, очевидно, зумовлено існуванням ковалентних та водневих зв'язків між фенольними сполуками та білками в насінні соняшнику.

Як і будь-який масообмінний процес, вилучення білків у розчин інтенсифікувалося із зростанням температури у діапазоні від 30 до 50 °С. Подальше збільшення температури не супроводжувалося зростанням маси екстрагованих білків. У лужному розчині ефективність екстрагування була досить високою, починаючи з температури 40 °С, і лише несуттєво збільшувалася за температури 50 °С (рис. 6). Збільшення температури до 60 °С не супроводжувалося зростанням кількості екстрагованих білків. Основна маса білків із шроту вилучалася протягом перших 50...60 хв, збільшення тривалості екстрагування суттєво не підвищувало концентрацію білків у розчині.

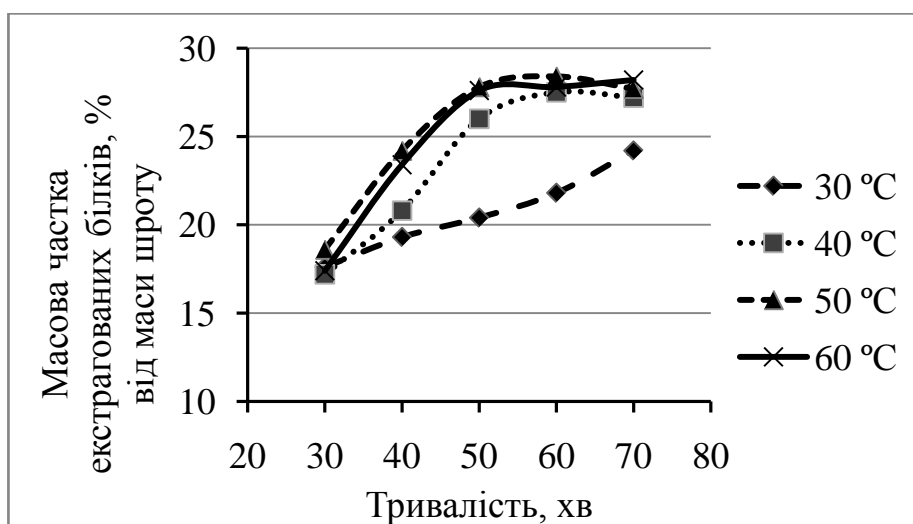


Рис. 6. Залежність маси екстрагованих білків із соєвого шроту у лужному розчині (рН 9,5) від тривалості процесу екстрагування

У цьому розділі наведено також результати, які засвідчують можливість вилучення білків із частинок шроту методом нативного рідинного електрофорезу. Встановлено, що у нейтральному середовищі білки соєвого шроту знаходилися в аніонній формі, а їх електрофоретична рухливість у розчині хлориду натрію зростала із підвищенням його концентрації та збільшенням напруженості електричного поля. Наведено експериментальні підтвердження, що пропускання електричного струму через суспензію шроту приводить до інтенсифікації екстрагування білків соняшникового та соєвого шроту. Так, при пропусканні електричного струму через суспензію шроту у розчині хлориду натрію концентрацією 0,5 % кількість вилучених білків соняшникового шроту становила 19,6 %. У той же час в контрольному досліді екстрагувалося лише 4,6 % від загального вмісту

білків у шроті. При збільшенні концентрації хлориду натрію до 10 % різниця між контролем і дослідом скорочувалася, проте спостерігалася стабільна інтенсифікація вилучення білків внаслідок електрофоретичної рухливості білків шроту. Висока концентрація хлориду натрію (10%), яка використовується в традиційних схемах, дала можливість вилучити 27,7% білків від кількості білків у шроті. При пропусканні електричного струму через суспензію кількість екстрагованих білків збільшилася до 36,4 % від загальної кількості білків у шроті.

Для інтенсифікації процесу екстрагування білків із соняшникового шроту було використано ультразвукові коливання (УЗ) на частоті 44 кГц із звуковою потужністю 10 Вт. Такі параметри УЗ дали можливість проводити обробку в режимі кавітації.

Було встановлено, що масова частка екстрагованих білків із соняшникового шроту збільшилася внаслідок дії ультразвукових коливань у режимі кавітації приблизно на 50 % у порівнянні із контролем (рис. 7), що суттєво скоротило тривалість процесу вилучення білків із шроту.

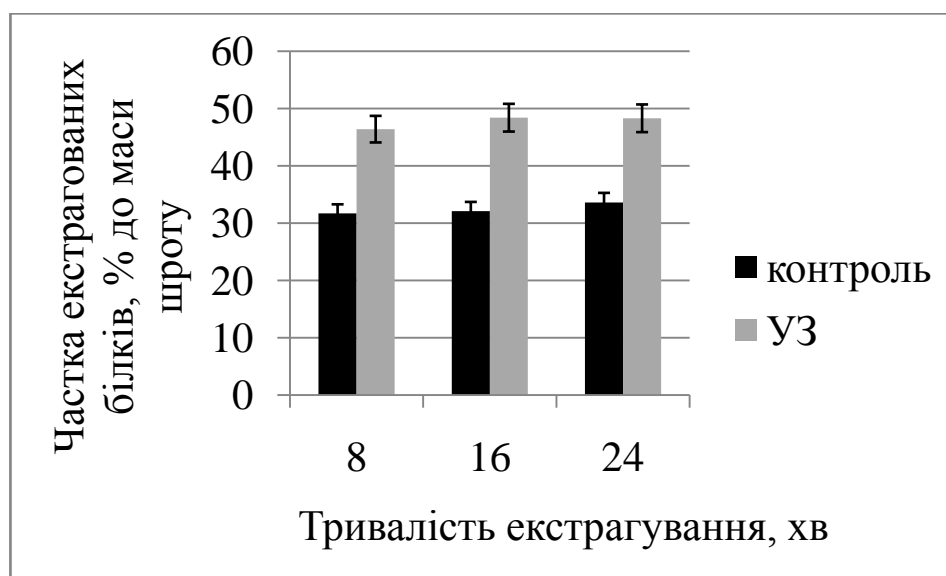


Рис. 7. Вплив ультразвукової обробки (УЗ) на ефективність екстрагування білків із соняшникового шроту

Вихід ізольованих білкових продуктів із шротів залежить не лише від ефективності екстрагування білків, а і від повноти їх вилучення із екстрактів. Відомо, що за високої іонної сили розчинника (2 Моль/дм<sup>3</sup>) приблизно 50 % білків шроту залишаються розчинними при значеннях рН 4,5...5,0 [Pickardt et al., 2009], що використовуються для ізоелектричного осадження білків із розчинів у традиційних схемах одержання білкових ізолятів із шротів.

Оцінка втрат білків, екстрагованих за значення іонної сили розчинника від 0,34 до 2,1 Моль NaCl/дм<sup>3</sup>, у процесі їх осадження в діапазоні рН від 2,0 до 4,5 засвідчила, що зміна рН від 2,5 до 3,5 несуттєво впливає на втрати білків внаслідок осадження, проте вони збільшувалися за значень рН 4,0 і 4,5. За всіх значень рН втрати білків із супернатантом зменшувалися із

зростанням іонної сили екстракту. При цьому за низьких значень іонної сили екстракту (0,34 і 0,86 Моль/дм<sup>3</sup>) втрати білків досягали 50 % за значень рН ізоелектричного осадження 2,5 і 3,0 і становили 57...60 % при підвищенні рН. За високих значень іонної сили екстракту втрати білків були мінімальні при рН 2,5 і 3,5 (21...28 %), із підвищенням рН до 4,5 зростали до 33...37 %.

Втрати білків із супернатантом залежали також і від концентрації білків в екстрактах – із її збільшенням зменшувалися (рис. 8), що, очевидно, пояснюється більш високою ймовірністю агрегації макромолекул під час осадження білків із висококонцентрованих екстрактів.



Рис. 8. Залежність втрат білків із супернатантом від концентрації білків в екстракті під час їх ізоелектричного осадження за значення рН 3,5

Зростання ефективності екстрагування білків у розчинах із високою іонною силою та зменшення втрат білків під час їх ізоелектричного осадження у більш кислому середовищі робить необхідним дослідження ефективності наступного вилучення надлишків хлориду натрію та кислоти із білкових осадів. Встановлено, що приблизно 9...13 % осаджених білків втрачалося із промивною водою за однократного промивання. Втрати білків із промивною водою залежали від значення рН промивної води (підвищення значення рН до 6,0 збільшувало втрати) та значення рН під час їх осадження (втрати дещо більші при рН осадження 3,5 у порівнянні із рН 4,5).

Серед білків насіння олійних культур білки насіння ріпаку вирізняються деякими особливостями. За літературними даними білковий комплекс насіння ріпаку представлений в основному глобуліновою (круциферином) із значенням рІ в області рН 7,25 та альбуміновою фракціями (напіном), яка має рІ при рН 11,0 [Arntfield, 2011]. Встановлена нами залежність розчинності білків ріпакового шроту від рН розчину свідчить про наявність одного мінімуму розчинності білків в області рН 3,0...4,0. В цьому діапазоні рН майже 25 % від загального вмісту білків у шроті залишаються розчинними, що відповідає кількісному вмісту напіну. Із підвищенням значення рН розчинність білків зростала і за рН 11 приблизно

70 % білків були розчинними. Така залежність розчинності білків ріпакового шроту від рН середовища може бути зумовлена великою гетерогенністю білків та наявністю олігомерних форм із рІ в широкому діапазоні рН.

Про гетерогенність складу ріпакових білків свідчать і властивості білкових ізолятів, одержаних за різних значень рН розчинника. Білкові ізоляти, одержані екстрагуванням нейтральними розчинами хлориду натрію, які за складом, очевидно, представлені в основному ріпаковим напінном, мали більш світлий колір, вищу емульгувальну, піноутворювальну, олієутримувальну здатність, а також дещо вищу розчинність. Одержані ізоляти відрізнялися також за органолептичними властивостями та амінокислотним складом.

Таким чином, у цьому розділі експериментально обґрунтовано раціональні параметри екстрагування білків із соняшникового, соєвого та ріпакового шроту. Встановлено, що втрати білків під час їх ізоелектричного осадження залежать від іонної сили екстракту, значення рН та концентрації білків в екстрактах. За всіх значень рН втрати білків із супернатантом менші при збільшенні іонної сили екстракту та підвищенні концентрації білків. Ефективність вилучення білків зі шротів можна збільшити шляхом їх електрофоретичного вилучення із гелевих частинок шроту або ультразвуковою обробкою.

У **п'ятому розділі** «Науково-практичні засади удосконалення технологій білкових продуктів із шротів олійних культур із використання протеолітичних ферментів» експериментально встановлено механізм впливу протеолітичних ферментів на процес екстрагування білків із шротів, розроблено математичну модель процесу екстрагування білків із соняшникового шроту в присутності протеази та наукові засади щодо використання ферментних препаратів для інтенсифікації процесу екстрагування білків шроту, удосконалення їх технологічних властивостей, збільшення виходу білкових ізолятів.

Доступність промислових протеаз переважно бактеріального і грибного походження на сучасному етапі розвитку біотехнології стала поштовхом для світового виробництва білкових гідролізатів у великих масштабах. Переважну більшість цих гідролізатів одержано із молочних або соєвих білків, проте для цієї мети можуть бути використані й інші джерела білків, у тому числі білки насіння інших олійних культур. Спроби одержати гідролізовані білки насіння соняшнику були зроблені низкою дослідників, у яких субстратом для гідролізу були білкові концентровані продукти, вилучені із соняшникового шроту.

У роботі зроблено припущення щодо можливості здійснення процесу гідролізу білків одночасно із їх екстрагуванням зі шроту з метою підвищення ефективності екстрагування білків та поліпшення їх функціонально-технологічних властивостей.

Білкові речовини, екстраговані у розчин із соняшникового шроту, знаходяться у вигляді поліпептидів із молекулярною масою від 10 до 80 кДа,

причому у складі глютелінової фракції переважають більш високомолекулярні пептиди – із молекулярною масою від 31 до 80 кДа.

Методом електрофорезу в поліакриламідному гелі продемонстровано зміну поліпептидного складу білків, які екстрагуються за присутності протеолітичних ферментів із соняшникового та соєвого шроту у нейтральних або лужних розчинах. Внаслідок протеолітичної дії протеаз зменшувалася відносна частка високомолекулярних поліпептидів (для соняшникового шроту – 45...54 та 32...35 кДа, (рис.9), соєвого – 75...80 та 50 кДа, (рис. 10)). Одночасно частка поліпептидів менших розмірів збільшувалася.

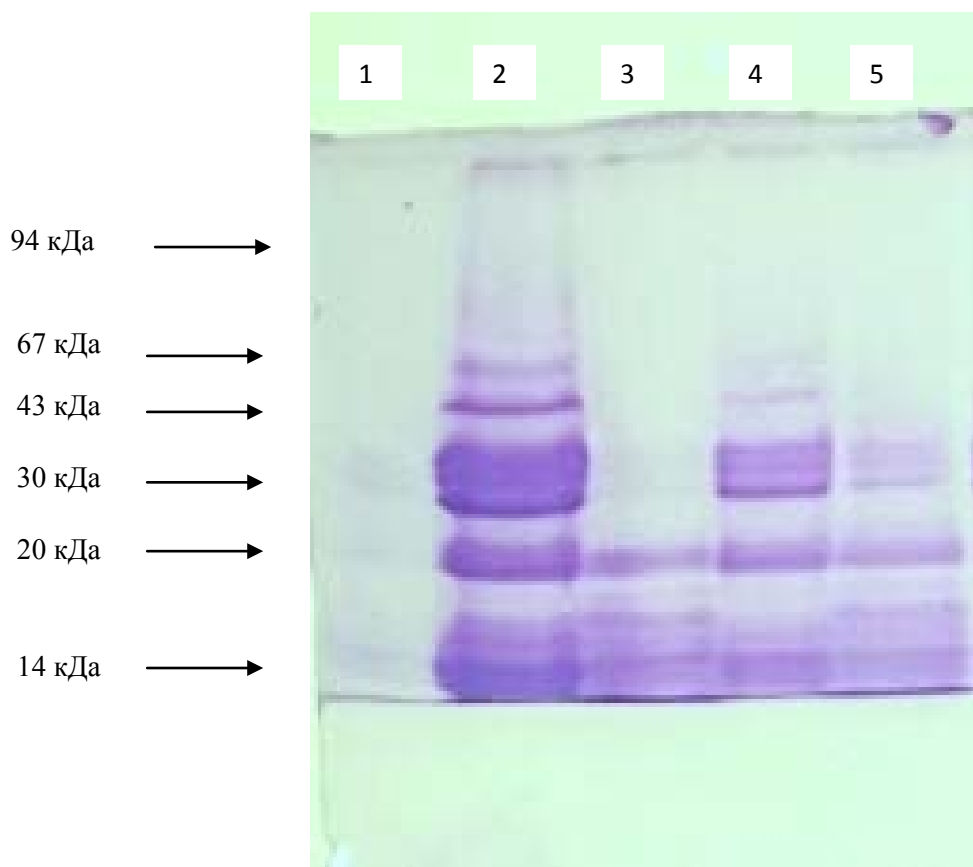


Рис. 9. Електрофореграми соняшникових білкових ізолятів: 1 – маркери (94, 67, 43, 30, 20 та 14 кДа), 2 – контроль; частково гідролізований ізолят, одержаний у присутності: 3 –нейтральної 4 – трипсину та 5 – лужної протеази

Одержані результати свідчать, що при додаванні трипсину або протеаз мікробіологічного походження у процесі екстрагування білків шроту відбувається їх частковий гідроліз, внаслідок чого ефективність екстрагування зростає і збільшується вихід кінцевого білкового продукту. Кількість екстрагованих білків залежала від тривалості процесу, співвідношення фермент:субстрат та концентрації хлориду натрію.

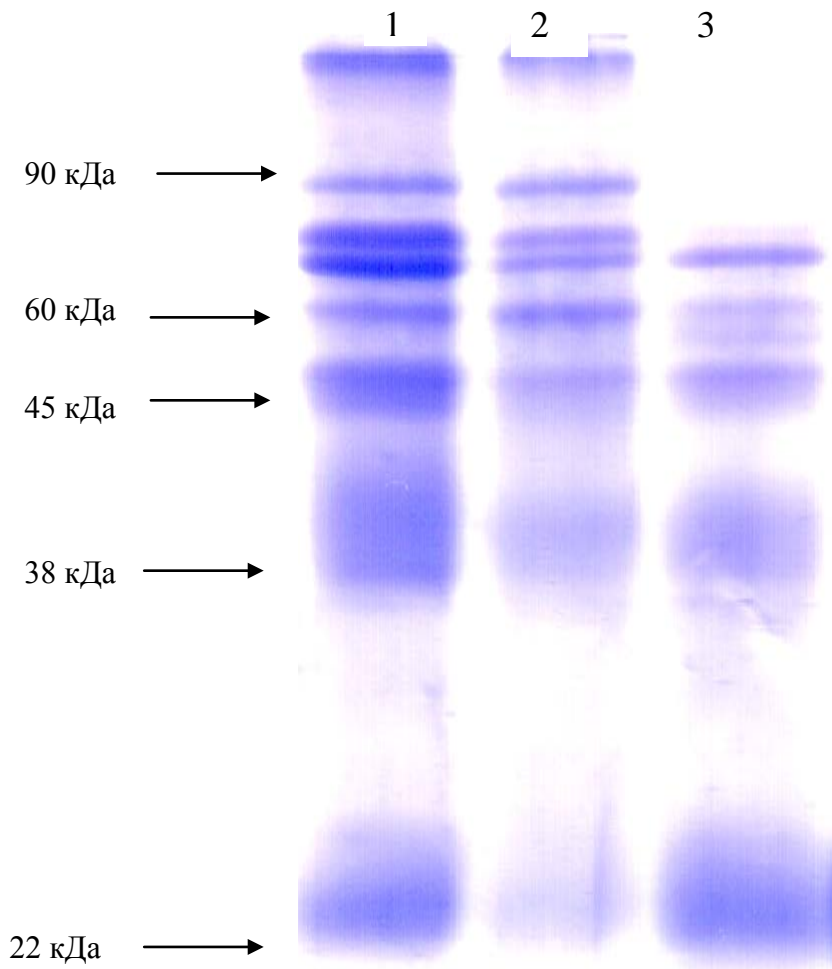


Рис. 10. Електрофореграми соєвих білкових ізолятів: контроль (1) та одержаних у присутності лужної протеази (2), трипсину (3)

Розраховано математичну модель для оцінки ефективності екстрагування білків як функції ( $Prot$ ) від співвідношення фермент:субстрат ( $R$ ) та тривалості ( $t$ ) екстрагування:

$$Prot = \exp\{4.0242 + 0.0399R^2 + 0.0023t\}$$

Модель охоплює 92,8% одержаних експериментальних даних і добре апроксимує одержані результати. Оцінювання її якості підтвердило, що відношення експериментальних даних до прогнозованих за моделлю близьке до 1.

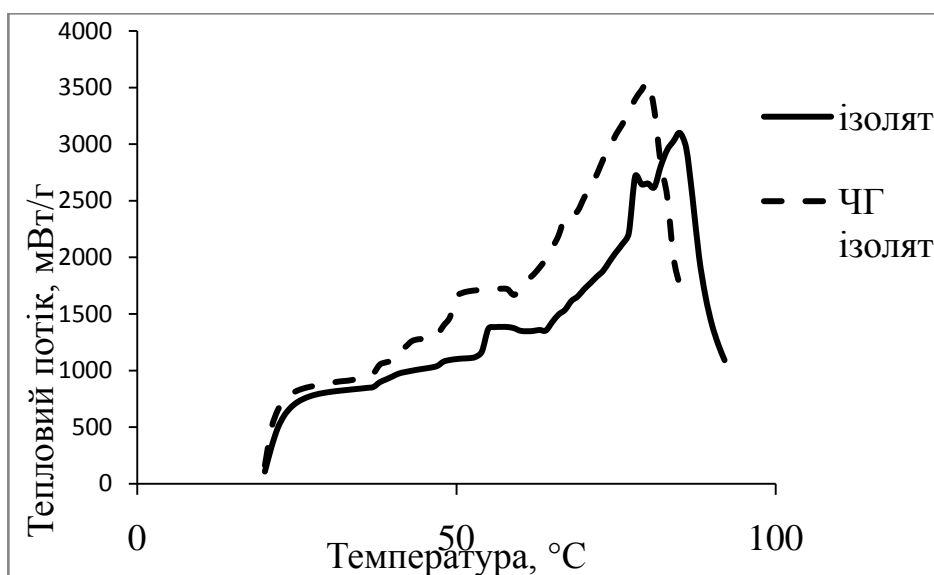
Експериментально встановлено, що за досліджуваних параметрів екстрагування білків соняшникового шроту ступінь гідролізу їх поліпептидів коливався в межах від 4 до 20 %. Із збільшенням концентрації хлориду натрію ступінь гідролізу під дією нейтральної протеази зменшувався, лужна протеаза мала досить високу активність і за високої концентрації хлориду натрію. Виявлено, що існує кореляція між ступенем гідролізу білків та ефективністю їх екстрагування.

Використовуючи математичну модель ферментативного гідролізу гетерогенних систем Gonzales-Tello [Gonzales-Tello et al., 1994], визначено її

параметри для розрахунку кінетики гідролізу залежно від іонної сили розчину, співвідношення фермент:субстрат та рН середовища.

Сканування теплового потоку суспензії контрольного ізоляту методом диференціальної скануючої калориметрії в діапазоні температур від 20 до 100°C продемонструвало наявність двох піків (78 і 85 °С, рис. 11) денатураційних переходів, які можуть бути зумовлені денатурацією тримерної та гексамерної форм геліантину. Термічний перехід суспензії частково гідролізованих білків відрізнявся від суспензії контрольного зразка. Суспензія такого білка демонструвала один пік за температури 79 °С, що свідчить про дисоціацію 11 S геліантину внаслідок обмеженого гідролізу в присутності протеази.

Отже, ендотермічні переходи суспензій білкових ізолятів виявили, що внаслідок обмеженого гідролізу соняшникових білків, одержаний білковий продукт містить дисоційовані форми геліантину, які характеризуються дещо нижчою температурою денатурації. Проте ці білкові продукти містять неденатуровані форми білків, що є важливим для збереження їх функціональності.



ф

Рис. 11. Залежність теплового потоку суспензій білкових ізолятів від температури зразка (ЧГ – частково гідролізований білковий ізолят)

Використання протеолітичних ферментів у процесі вилучення білків із соняшникового шроту супроводжується збільшенням масової частки білків та зменшенням вмісту золи у готових продуктах (табл. 2). Частково гідролізовані соняшникові ізоляти (ЧГБІ), одержані із використанням нейтральної протеази, характеризувалися найвищим вмістом білків.

Таблиця 2

### Хімічний склад білкових ізолятів із соняшникового шроту

	Екстрагування білків у присутності:
--	-------------------------------------



Компонент	–	трипсину	нейтральної протеази	лужної протеази
Масова частка сирого протеїну у перерахунку на абсолютно суху речовину, %	72,2±0,1	78,9±1,3	82,5±0,4	80,4±0,5
Масова частка золи у перерахунку на абсолютно суху речовину, %	4,5±0,1	2,9±0,1	2,6±0,2	2,8±0,2
Масова частка вологи та летких речовин, %	7,9±0,3	8,0±0,2	7,8±0,3	7,8±0,4
Масова частка вуглеводів у перерахунку на абсолютно суху речовину, %	15,4	10,2	7,1	9,0

Соняшникові білкові ізоляти, одержані за розробленими технологіями, містять всі незамінні амінокислоти, проте за вмістом сірковмісних амінокислот та лізину поступаються еталонному білку (табл. 3). Першою лімітованою амінокислотою в білкових соняшникових ізолятах є сума сірковмісних амінокислот метіоніну та конденсованого цистеїну. Білкові ізоляти, одержані із використанням нейтральної протеази, характеризуються вищою біологічною цінністю у порівнянні із контролем – вміст сірковмісних амінокислот вищий на 12 %.

Внаслідок обмеженого гідролізу соняшникових білків покращуються їх технологічні властивості: зростає розчинність білків у діапазоні рН від 2 до 8, волого- та жирозв'язувальна здатність, піноутворювальна та жироемульгувальна властивість.

Дослідження розчинності одержаних соняшникових білкових продуктів за різних значень рН розчинів продемонстрували, що розчинність білкових продуктів була мінімальною за значення рН, яке відповідає ізоелектричній точці білків насіння соняшнику, а саме рН 4,0 (рис. 12), вона зростала із зміною рН як у бік кислого, так і лужного середовища. Наведені результати свідчать, що розчинність білкового продукту, одержаного із використанням трипсину, у водних розчинах була суттєво вищою порівняно із ізолятом для всіх досліджених значень кислотності середовища, що пояснюється утворенням більш розчинних низькомолекулярних поліпептидів. Найвищу ступінь зростання розчинності такого продукту було виявлено у діапазоні рН, що відповідає ізоелектричній точці білків насіння соняшнику — від 3,5 до 5,0.

Таблиця 3

**Скор незамінних амінокислот по еталонному білку в білкових продуктах із насіння соняшнику**

Незамінна амінокислота	Скор по ФАО/ВООЗ, %		
	Ізолят	Частково гідролізований	Частково гідролізований

		ізолят (нейтральна протеаза)	ізолят (лужна протеаза)
Ізолейцин	138,5	168,5	119,4
Лейцин	110,9	138,1	104,4
Лізин	54,2	63,7	46,4
Метионін+ цистин	45,7	57,7	22,8
Фенілаланін+ тирозин	143,5	179,8	136
Треонін	109,3	131,4	103,8
Валін	123,8	149,6	119,9

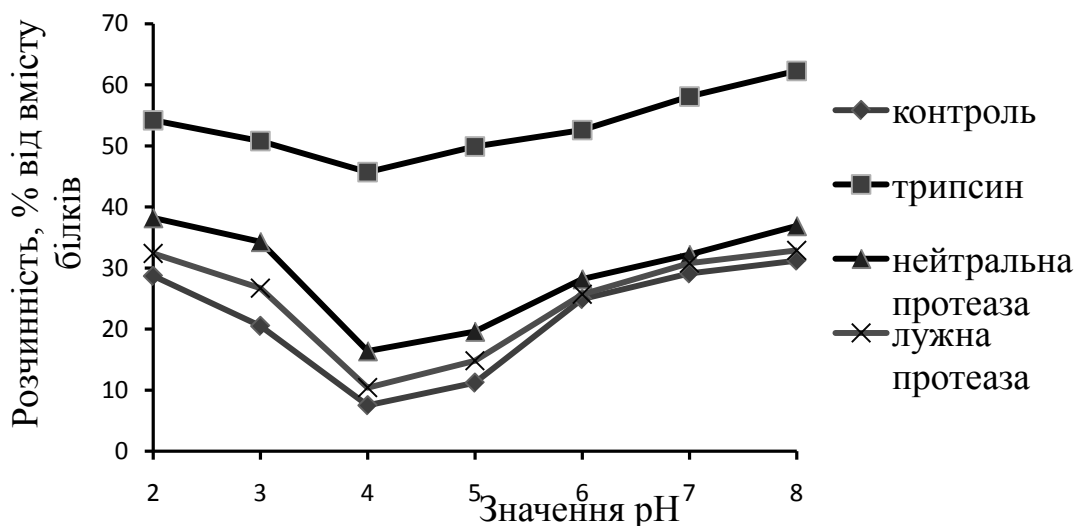


Рис. 12. Залежність розчинності білкових продуктів від значення рН водних розчинів

Використання нейтральної протеази під час екстрагування білків менш суттєво збільшувало розчинність одержаних ізолятів в усьому досліджуваному діапазоні значень рН. Мінімальне збільшення розчинності одержаних білкових продуктів відносно контрольного зразка спостерігалось у випадку використання лужної протеази. За значень рН, вищих за 4,0, різниця розчинності контролю і даного зразка була статистично незначимою.

Виявлені нами відмінності розчинності білкових продуктів пов'язані із механізмом гідролізу в присутності різних протеаз, його ступенем, набором поліпептидів, що утворюються. Низька розчинність білків, екстрагованих у лужному середовищі в присутності лужної протеази, може бути зумовлена

властивостями глютелінової фракції білків, частковою денатурацією білків в такому середовищі та/або утворенням нерозчинних комплексів із продуктами окиснення хлорогенової кислоти.

Показником гідрофільності білків є їх здатність зв'язувати вологу. Одержані експериментальні дані свідчать, що (рис. 13) мінімальну водоутримувальну здатність мав білковий препарат, одержаний за нейтрального значення рН у 7 %-ному розчині хлориду натрію. Білкові препарати, одержані в умовах обмеженого гідролізу як в присутності нейтральної протеази (зразок №2), так і лужної (зразок №5) та трипсину (зразок №3), мали більш високу водоутримувальну здатність. У той же час відмінності жирутримувальної здатності досліджених зразків були несуттєві.

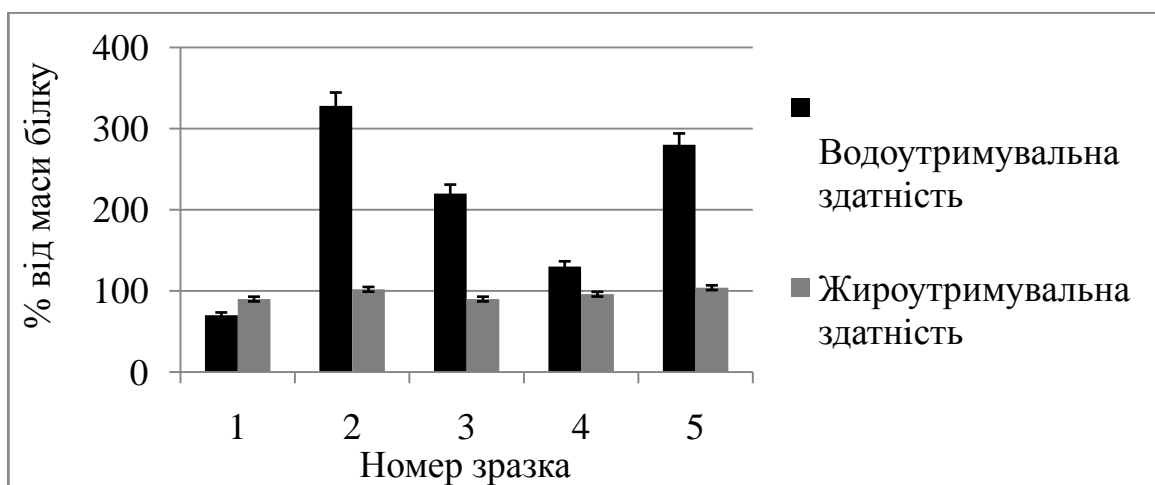


Рис. 13. Водоутримувальна та жирутримувальна здатність білкових продуктів, ізольованих із соняшникового шроту за параметрів екстрагування: зразок № 1 – розчин 7 % NaCl, рН 7; № 2 – розчин 7 % NaCl, рН 7 + нейтральна протеаза; № 3 – розчин 7 % NaCl, рН 7 + трипсин; № 4 – водний розчин за значення рН 12; № 5 – розчин 7 % NaCl, рН 12 + лужна протеаза

Збільшення гідрофільності частково гідролізованих білкових продуктів, очевидно, відбувається за рахунок збільшення частки поверхневих гідрофільних груп при зміні поліпептидного складу білкових продуктів і зростання ступеню денатурації. Збільшення вологозв'язувальної здатності внаслідок денатурації було виявлено також для соєвих білкових ізолятів [Petrucci, Anon, 1994].

В результаті обмеженого гідролізу протеазами зростала поверхнева активність ізольованих із соняшникового шроту білків. Значення коефіцієнту поверхневого натягу корелювали зі здатністю білкових ізолятів стабілізувати дисперсні системи. Соняшниковий білок мав невисоку здатність до піноутворення, яка визначається гідрофобними властивостями білків, проте внаслідок обмеженого гідролізу протеазами мікробного походження вона збільшувалася (рис. 14). Стійкість піни зразків, одержаних у лужному середовищі, була взагалі відсутня (зразок № 4) або мінорна (зразок № 5).

Білки, що екстрагувалися у нейтральному середовищі, мали досить високу стійкість піни, особливо частково гідролізовані.

Жироемульгувальна здатність одержаних білків знаходилася в межах від 37 до 90 см<sup>3</sup>/г. Частково гідролізовані білки були ефективнішими емульгаторами емульсій. Мінімальну емульгувальну здатність мав білок, екстрагований у лужному розчині.

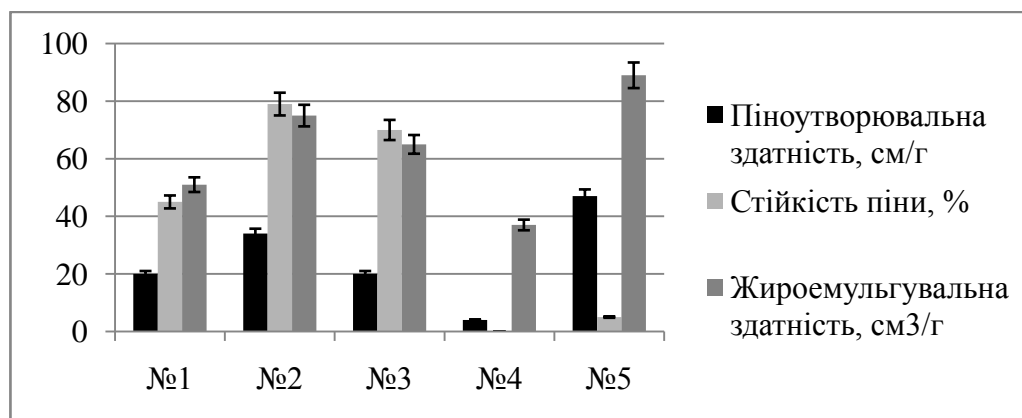


Рис. 14. Здатність стабілізувати дисперсні системи білковими продуктами, ізольованими із соняшникового шроту за параметрів екстрагування: зразок № 1 – розчин 7 % NaCl, рН 7; № 2 – розчин 7 % NaCl, рН 7 + нейтральна протеаза; № 3 – розчин 7 % NaCl, рН 7 + трипсин; № 4 – водний розчин за значення рН 12; № 5 – розчин 7 % NaCl, рН 9 + лужна протеаза

Важливою характеристикою соняшникових білків є їх органолептичні показники, в першу чергу, забарвленість. Вміст хлорогенової та інших фенольних кислот у насінні соняшнику зумовлює сіро-зелений колір білкових ізолятів, одержаних із використанням лужних розчинників. У лужному середовищі більш сильно проявляються кислотні властивості фенольних сполук, які легко дисоціюють і окиснюються до хінонів.

Підтверджено, що основним чинником, який визначає забарвлення соняшникових білкових ізолятів, є концентрація водневих іонів екстрагента. Частковий гідроліз білків у присутності протеолітичних ферментів запобігає утворенню забарвлених сполук продуктів окиснення фенольних речовин із поліпептидами білків.

Виявлено, що білкові продукти, одержані у нейтральному середовищі, мають більш високий вміст вільної хлорогенової кислоти, яка екстрагується водою, і їх не доцільно використовувати у харчових системах із лужним значенням рН. Інтенсивне забарвлення білкових продуктів, одержаних у лужному середовищі, зумовлене вмістом в них нерозчинних похідних хлорогенової кислоти.

Екстрагування білків у присутності протеолітичних ферментів супроводжувалося покращенням забарвлення білкових ізолятів – вони мали світло-кремовий колір, що вигідно вирізняло їх від ізолятів, одержаних при

екстрагуванні білків зі шроту у лужному середовищі. У той же час частка фенольних речовин у білкових екстрактах при цьому збільшувалася.

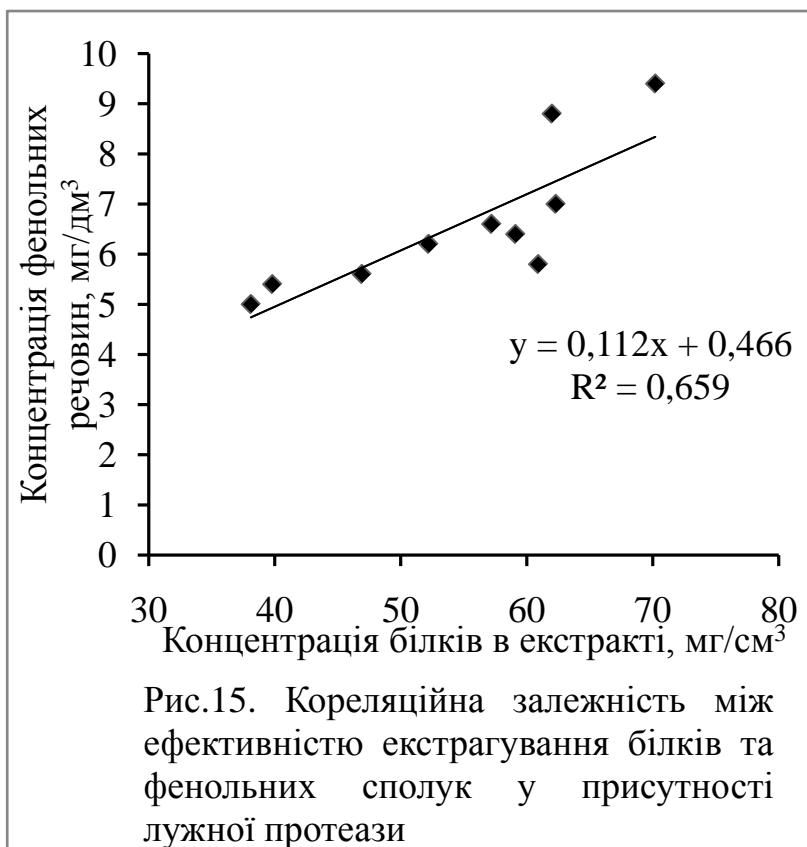
Порівняльний аналіз ефективності екстрагування фенольних сполук та білків у присутності лужної протеази дав можливість одержати лінійну залежність (рис. 15) із значенням коефіцієнта апроксимації  $R^2 \approx 0,66$ . Подібний вплив на вміст фенольних сполук в екстрактах мала і нейтральна протеаза.

Механізм інтенсифікації процесу екстрагування цих речовин може полягати у руйнуванні білкового каркасу гелевих частинок шроту та прискоренні дифузії. Крім того, можливим є утворенням іонних, ковалентних, гідрофобних та водневих зв'язків між молекулами поліфенольних кислот і білками.

Результати, наведені у розділі 5, лягли в основу розроблених технічних умов та технологічної інструкції на соняшниковий білок модифікований ТУ У 10.4-02070938-200:2015.

У шостому розділі «Розроблення ресурсозберігаючих технологій переробки насіння олійних культур» наведено результати розроблених технологій, що передбачають використання для харчових цілей білкових компонентів олійного насіння, а також біологічно активних речовин – соєвих ізофлавоноїдів. Зокрема, удосконалено технологію натурального лляного борошна, що є джерелом есенціальних жирних кислот та цінних білків, частково знежиреного ріпакового борошна, білкового концентрату із харчового соняшникового шроту та ріпакового білкового ізоляту. Розроблено також технології харчових продуктів із використанням білків олійного насіння.

Запропонована технологія лляного борошна включає стадію ситового видалення оболонки, внаслідок чого масова частка целюлози зменшується майже на 60 %, що дає можливість рекомендувати такий продукт для використання у кондитерських виробках. Встановлено, що лляне борошно має високу стійкість до окиснювального псування (його гарантійний термін до споживання становить 5 місяців), а також має високу вологоутримувальну та емульгувальну здатність.



Розроблено технологію десертного продукту із вмістом лляного борошна. До складу жирової основи продукту було введено олію соняшникову рафіновану та жир переетерифікований. У рецептурі десертного продукту використано лляне борошно, горіхи волоські подрібнені, какао-порошок, цукор та ванільний цукор. Роль емульгатора та загущувача виконувало лляне борошно, що має високу жироемульгувальну здатність. Під час розробки нового продукту було створено кілька рецептур, серед яких обрано оптимальну. Продукт, виготовлений за розробленою рецептурою, мав високу пластичність за температури 4 °С, шоколадний колір, зумовлений вмістом какао, та аромат шоколаду з нотами, властивими свіжому насінню льону. Співвідношення  $\omega$ -3: $\omega$ -6 поліненасичених жирних кислот у цьому продукті становило 1:13, що є вищим у порівнянні із багатьма жировмісними продуктами.

Розроблений десертний продукт із вмістом лляного борошна мав незначний вміст транізомерів жирних кислот, низьку кислотність та незначний вміст пероксидних сполук. Крім того, продукт мав підвищену біологічну цінність, зумовлену вмістом есенціальних жирних кислот та білків. Рентабельність виробництва такого продукту становить приблизно 32%, а собівартість на 40...50 % нижча від аналогів імпортного виробництва.

Розроблено технологію ситового фракціонування ріпакової макухи для одержання частково знежиреного ріпакового борошна із вмістом білків від 39 до 50 % та сирової клітковини 4...6 %. Запропонована технологія дає можливість одержати борошно харчової категорії, що може бути рекомендоване для збагачення харчових продуктів білком високої біологічної цінності.

Враховуючи високу біологічну цінність білків насіння ріпаку, а також те, що білки насіння злакових лімітовані за вмістом лізину, розроблено рецептури хліба із частковою заміною пшеничного борошна на ріпакове, досліджено функціонально-технологічні властивості тіста та органолептичні і фізико-хімічні властивості хліба із частковою заміною борошна із суцільно-змеленого зерна пшениці ріпаковим. Встановлено, що додавання 4...7 % ріпакового борошна замість суцільно змеленого зерна пшениці приводить до збільшення інтенсивності газоутворення тіста та збільшення об'єму хліба, при цьому зберігалися високі органолептичні показники хліба та пористість.

Визначено раціональні технологічні параметри одержання білкових ізолятів із ріпакового шроту: процес екстракції білків рекомендовано вести за температури 45...55 °С та гідромодулю 1:10, протягом 50...60 хв, з використанням 10 %-вого розчину хлориду натрію як розчинника.

Одержання білкових продуктів із ріпакового шроту пов'язане із проблемою вмісту тіоглюкозидів у насінні ріпаку. Виявлено, що фракціонування ріпакового шроту із одержанням білкових ізолятів супроводжується розподілом глюкозинолатів між основним та побічними продуктами. Аналіз вилучених із ріпакового шроту білків і відходів, які утворюються внаслідок екстрагування білків із шроту, свідчить, що основна кількість сірковмісних речовин залишається у нерозчинному залишку шроту

(приблизно 53 % від їх вмісту у шроті). У білковий ізолят, вихід якого становив 18...20 %, потрапляло приблизно 10 % глюкозинолатів від їх вмісту у шроті. Приблизно 38 % тіоглікозидів залишається у сироватковій воді. Для одержання білкових ізолятів із ріпакового шроту рекомендовано використовувати сорти ріпаку із низьким вмістом глюкозидів.

Розроблено рецептури та досліджено властивості майонезу із частковою та повною заміною яєчного порошка соняшниковим білком, а також ріпаковим борошном. Встановлено, що заміна яєчного порошка і сухого молока соняшниковими білковими продуктами в кількості від 2 до 3% дозволяє отримати стійку емульсію з консистенцією, що відповідає майонезній продукції.

Методом математичного планування експерименту та обробки експериментальних даних було розроблено рецептуру майонезу, який мав високу стійкість емульсії та органолептичні властивості.

Визначення реологічних властивостей одержаних зразків майонезів засвідчило, що використання частково гідролізованих соняшникових білків у рецептурах майонезів приводило до збільшення їх динамічної в'язкості порівняно із іншими зразками.

У цьому розділі наведено також результати досліджень розподілу соєвих ізофлавоноїдів між проміжними та кінцевими продуктами переробки соєвого шроту при одержанні білкових продуктів. За хімічною природою ці сполуки є поліфенольними речовинами. Оскільки соєві ізофлавоноїди справляють антиканцерогенну [Hawrylewicz et al., 1995, Lu et al., 1996] та естрогенмодулюючу [Cassidy et al., 1995] дію на людський організм, вони можуть бути використані для профілактики серцево-судинних та інших захворювань, пов'язаних із порушеннями метаболізму [Wagner et al., 1997, Nestel et al., 1997].

Внаслідок екстрагування соєвого шроту спиртовим розчином було вилучено 0,39 % суміші ізофлавоноїдів від маси шроту. Хроматографічний аналіз одержаних екстрактів свідчить про наявність трьох основних речовин у співвідношенні 1:1:0,03. За даними мас-спектрометричного аналізу виявлено два основні позитивні іони із молекулярними масами 417,4 та 433,4, що відповідає молекулярним масам даїдзину (416,4) та геністину (432,4).

У спектрах ядерного магнітного резонансу (ЯМР) одержаного екстракту ізофлавоноїдів соєвого шроту виявлено два набори сигналів атомів гідрогену ароматичного кільця із співвідношенням 53/37 (рис. 16), що належать даїдзину та геністину. У продуктах, одержаних екстрагуванням білків із соєвого шроту у лужному середовищі (соєвому білковому ізоляті та сироватковій воді), виявлено три представники ізофлавоноїдів – даїдзин, геністин та малонілдаїдзин. У соєвих білкових ізолятах масова частка ізофлавоноїдів була невисокою – лише 0,05 %, основна маса ізофлавоноїдів (приблизно 67 % від маси шроту) потрапляла у сироваткову воду.

Отже, такі побічні продукти виробництва соєвих білкових продуктів, як спиртові екстракти розчинних небілкових речовин та сироваткова вода, можуть бути успішно використані як джерело соєвих ізофлавоноїдів.

Встановлено, що екстракт ізофлавоноїдів, одержаний із соєвого шроту, має інгібуючі властивості щодо окиснення соняшникової олії.

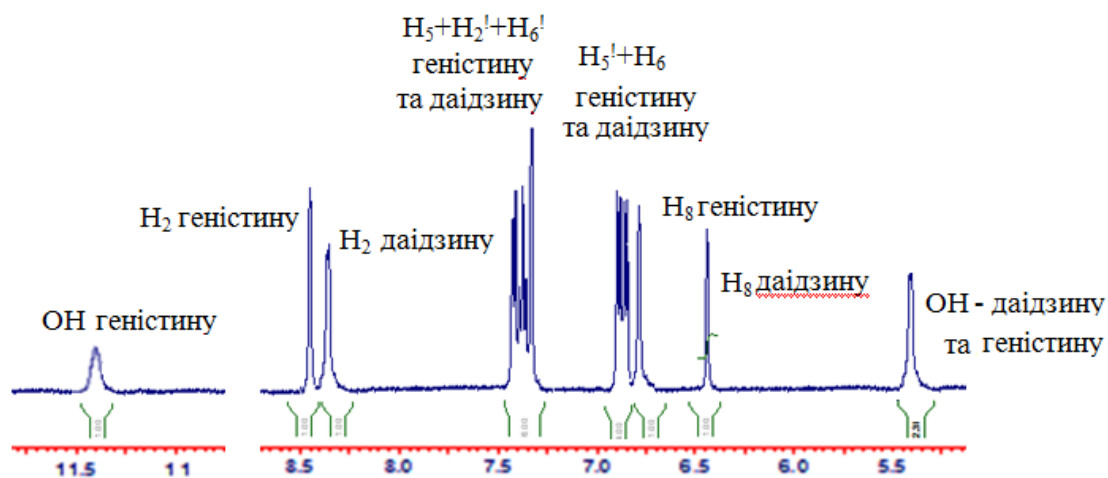


Рис. 16. ЯМР ( $^1\text{H}$ ) спектр ароматичних груп ізофлавоноїдного концентрату соєвого шроту

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі теоретично та практично вирішено важливу науково-практичну проблему, що полягає у розробленні наукових засад ресурсозберігаючих технологій переробки насіння олійних культур із одержанням рослинних олій та білків підвищеної біологічної цінності.

1. На прикладі насіння ріпаку, соняшнику, сої, гарбузів та ядра волоських горіхів встановлено, що попередня мікрохвильова обробка збільшує ефективність вилучення пресової олії на 7...16 % від її вмісту у сировині. На основі експериментальних досліджень та їх аналізу науково обґрунтовано раціональні технологічні параметри попередньої мікрохвильової обробки олійного матеріалу, а саме: потужність НВЧ-поля частотою 2450 МГц – 200...300 Вт, тривалість обробки – 10...20 хв, вологість матеріалу – 7...15 %. Вперше виявлено, що внаслідок попередньої мікрохвильової обробки олійної сировини на 40,5 % збільшується швидкість екстрагування олії із соняшникової м'ятки, скорочується тривалість інактивації уреаз (удвічі), інгібіторів трипсину насіння сої (у п'ять разів), та у 2,3 рази збільшується швидкість інактивації мірознази насіння ріпаку.

2. Доведено, що попередня обробка олійної сировини мікрохвильовим полем із частотою генерації 2450 МГц інгібує окиснювальні процеси та збільшує біологічну цінність олії (на 2...5 % підвищується вміст токоферолів і зменшується вміст продуктів окиснення у пресовій олії). Вперше виявлено, що пресова ріпакова та соняшникова олії, вилучені із матеріалу після його мікрохвильової обробки, мали вищу тривалість індукційного періоду ініційованого окиснення. З'ясовано, що у



ріпаковій олії, крім токоферолів, містяться й інші інгібітори окиснення, які забезпечують її високу стійкість до окиснення.

3. Встановлено, що втрати білків соняшникового шроту під час ізоелектричного осадження залежать від іонної сили екстракту, значення рН та концентрації білків в екстрактах. За низьких значень іонної сили екстракту (0,34...0,86 моль/дм<sup>3</sup>) втрати білків із супернатантом досягали 50 % при рН 2,5 і 3,0 і становили 57...60 % за вищих значень рН екстрактів. За всіх значень рН втрати білків із супернатантом менші при збільшенні іонної сили екстракту та підвищенні концентрації білків.

Розроблено рекомендації щодо технологічних параметрів раціонального вилучення білків із соняшникового шроту в нейтральних розчинах та мінімізації втрат білків під час їх ізоелектричного осадження. Рекомендовано для вилучення білків із соняшникового шроту використовувати розчини хлориду натрію іонною силою – 1,7...2,1 Моль/дм<sup>3</sup>, температурою 40...50 °С та тривалістю екстрагування 50...60 хв, а для мінімізації втрат білків під час їх ізоелектричного осадження здійснювати його за значення рН 4,0-4,5 із екстрактів, що мають максимальну концентрацію білків.

4. Вперше встановлено, що ефективність вилучення білків зі шротів інтенсифікується при використанні фізичних методів обробки – електрофоретичного вилучення із гелевих частинок шроту (кількість екстрагованих білків збільшується на 9...17 %) та ультразвукової обробки (збільшення кількості екстрагованих білків – від 44 до 50 %).

5. Експериментально обґрунтовано високу харчову, біологічну та відносну біологічну цінність білоквісних продуктів переробки насіння ріпаку сучасних безерукових низькоглюкозинолатних сортів. Білки насіння ріпаку сучасних сортів мають високу біологічну цінність (скор лізину по еталонному білку ФАО – 110...118 %, сірковмісних амінокислот – 151...157 %), а їх відносна біологічна цінність, визначена із використанням тест-організму інфузорії *Tetrachimena piriformis*, становила майже 96 % біологічної цінності молочного казеїну.

Виявлено, що при одержанні білкових ізолятів із ріпакового шроту основна кількість (близько 53 %) сірковмісних сполук залишається у нерозчинному залишку шроту.

6. Вперше з'ясовано механізм впливу протеолітичних ферментів на процес екстрагування білків із шротів олійних культур: методом гель-електрофорезу продемонстровано зміну поліпептидного складу білків, які екстрагуються за присутності протеолітичних ферментів із соняшникового і соєвого шроту у нейтральних та лужних розчинах. Внаслідок дії протеаз зменшується відносна частка високомолекулярних поліпептидів (для соєвого шроту – 75...80 та 50 кДа, соняшникового – 45...54 та 32...35 кДа), у той же час частка поліпептидів менших розмірів збільшується.

Встановлено, що у присутності протеолітичних ферментів внаслідок часткового гідролізу білків ефективність їх екстрагування із шроту зростає і вихід кінцевого білкового продукту збільшується на 5...8 %. Методом

поверхні відгуку визначено математичну залежність ефективності екстрагування білків із соняшникового шроту від технологічних параметрів (тривалості процесу, концентрації екстрагенту, співвідношення фермент:шрот). Визначено параметри моделі кінетики ферментативного гідролізу білків шротів залежно від іонної сили розчину, співвідношення фермент:субстрат та рН середовища. Показано, що існує позитивна кореляція ( $r \approx 0,7$ ) між концентрацією білків в екстрактах і ступенем гідролізу білків.

На основі результатів досліджень хімічного складу одержаних білкових продуктів доведено, що частково гідролізовані соняшникові білкові ізоляти мають вищу харчову (вміст білків на 7...10 % вищий) та біологічну (вміст суми сірковмісних амінокислот збільшувався на 12 %) цінність у порівнянні із традиційним соняшниковим ізолятом.

7. Температура та ентальпія денатурації суспензій білкових соняшникових ізолятів свідчать про те, що внаслідок обмеженого гідролізу соняшникових білків одержаний білковий продукт містить дисоційовані форми геліантину, які характеризуються дещо нижчою температурною стабільністю, у той же час в таких продуктах містяться неденатуровані форми білків, що є важливим для збереження їх функціональності.

8. Внаслідок обмеженого гідролізу соняшникових білків покращуються їх технологічні та органолептичні властивості: зростає розчинність білків у діапазоні рН від 2 до 8, поверхнева активність, вологоутримувальна здатність (на 200...370 %), піноутворювальна (70...135%) та жироемульгувальна (27...75 %) властивості, покращується забарвлення.

Частковий гідроліз білків запобігає утворенню забарвлених сполук продуктів окиснення фенольних речовин із поліпептидами білків: білкові продукти, одержані в нейтральному середовищі та у присутності протеолітичних ферментів, мають більш високий вміст вільної хлорогенової кислоти, яка екстрагується водою.

9. Методом ЯМР спектроскопії одержано дані щодо вмісту трьох основних представників ізофлавоноїдів в соєвих бобах та продуктах їх переробки – даїдзину, геністину та малонілдаїдзину. У процесі одержання білкових концентратів методом спиртової екстракції ізофлавоноїди (0,39 % від маси шроту) вилучалися у екстракт. Білкові ізоляти містили 0,05 % ізофлавоноїдів, а основна їх кількість (приблизно 67 % від їх вмісту у шроті) потрапляла у сироваткову воду.

10. Удосконалено методи визначення вологості та олійності соняшникового насіння і шроту за допомогою БІС спектрометра «Інфрарід-61».

11. Розроблено технологію частково гідролізованого соняшникового білка та нормативні документи на білок соняшниковий модифікований. Розроблено технології харчових продуктів із білковими продуктами насіння олійних культур: хліба із суцільнозмеленого зерна пшениці та частково знежиреного ріпакового борошна, середньо калорійного майонезу із

модифікованими соняшниковими білками, десертного продукту із лляним борошном.

#### СПИСОК ОСНОВНИХ РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Nosenko T. Rape seeds as a source of feed and food proteins / Tamara Nosenko, Tetyana Kot, Volodymyr Kichshenko // Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. – 2014. – Vol. 64, № 2. – P. 109–114 (наукометрична база Scopus, Польща).

*Особистий внесок: планування досліджень, аналіз результатів, написання рукопису статті.*

2. Носенко Т. Т. Одержання білкового ізоляту із соняшникового шроту за допомогою протеолітичного ферменту / Т. Т. Носенко // Наукові праці НУХТ. – 2012, №47. – С. 96-101 (наукометрична база Index Copernicus).

*Особистий внесок: планування, проведення досліджень, аналіз результатів, написання рукопису статті.*

3. Використання мікрохвильової обробки в технології переробки насіння ріпаку / Т. Т. Носенко, В. А. Кіщенко, Т. О. Кот [та ін.] // Наукові праці НУХТ. – 2013. – №50. – С. 124-128 (наукометрична база Index Copernicus).

*Особистий внесок: планування досліджень, участь у проведенні, аналіз результатів, написання рукопису статті.*

4. Nosenko T. T. Comparable evaluation of amino acid composition of sunflower protein isolates / T. T. Nosenko // Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies. – 2014. – №4. – P. 36-39 (Болгарія).

*Особистий внесок: планування та проведення досліджень, написання рукопису статті.*

5. Носенко Т. Т. Вплив технологічних параметрів на втрати білків під час їх ізоелектричного осадження із екстрактів / Т. Т. Носенко // Наукові праці НУХТ. – 2015. – Т.21, № 1. – С. 182-188 (наукометрична база Index Copernicus).

*Особистий внесок: планування та проведення досліджень, написання рукопису статті.*

6. Influence of partial hydrolysis on the protein extraction from Sunflower meal / Tamara Nosenko, Oksana Kubaychuk, Natalya Vovkodav, Alyona Cherstva // Ukrainian Journal of Food Science. – 2014. – Vol. 2, № 2. – С. 244-252 (наукометрична база Index Copernicus).

*Особистий внесок: планування досліджень, участь у проведенні досліджень та аналізі результатів, написання рукопису статті.*

7. Nosenko T. T. Sunflower protein hydrolysis degree by proteases / T. Tamara Nosenko, Yarosleva Zhukova, Alyona Cherstva // Scientific works of University of Food Technologies. – 2015. – Vol. LXII. – P. 64-67 (Пловдив, Болгарія).

*Особистий внесок: планування досліджень, участь у проведенні досліджень та аналізі результатів, написання рукопису статті.*

8. Носенко Т. Т. Інтенсифікація екстрагування білків із соняшникового шроту / Т. Т. Носенко, В. В. Тимохін, Г. А. Федоренко // Наукові праці УДУХТ. – 2001. – № 10, ч. II. – С. 64-65.

*Особистий внесок: планування досліджень, участь у проведенні та аналізі результатів, написання рукопису статті.*

9. Дослідження екстрагування білків соєвого шроту під дією електричного струму / М. М. Клименко, Т. Т. Носенко, В. В. Тимохін, Г. А. Федоренко // Вестник Национального технического университета “ХПИ”. – 2002. – №2. – С. 73-76.

*Особистий внесок: планування досліджень, участь у проведенні та аналізі результатів, написання рукопису статті.*

10. Носенко Т. Т. Вплив технологічних параметрів на динаміку інактивації уреазы в соєвій макусі / Т. Т. Носенко // Наукові праці НУХТ. – 2004. – №15. – С. 27-28.

*Особистий внесок: планування та проведення досліджень, написання рукопису статті.*

11. Носенко Т. Т. Дослідження фракційного складу фенольних сполук в насінні соняшнику / Тамара Носенко, Вадим Дзяворук // Харчова промисловість. – 2004, дод. журн. №3. – С. 82-83.

*Особистий внесок: планування досліджень, участь у аналізі результатів, написання рукопису статті.*

12. Екстрагування білків соєвого шроту під впливом електричного поля / Т. Т. Носенко, В. В. Тимохін, Г. А. Федоренко М. М. Клименко // Наукові праці НУХТ – 2002. – № 11. – С. 60-61.

*Особистий внесок: планування та проведення досліджень, написання рукопису статті.*

13. Носенко Т. Т. Вплив мікрохвильового оброблення на ефективність пресування та якість соєвої олії і макухи / Т. Т. Носенко // Наукові праці НУХТ. – 2005. – №16. – С. 48-49.

*Особистий внесок: планування та проведення досліджень, написання рукопису статті.*

14. Nosenko T. T. Investigation of soy isoflavones distribution during the soy bean processing / Tamara Nosenko, Olena Maksimova // Food and Environment Safety - Journal of Faculty of Food Engineering, Ştefan cel Mare University – Suceava. – 2011. – Vol. X, № 4. – P. 36-41 (Румунія, науково-метрична база Index Copernicus).

*Особистий внесок: планування досліджень, участь у аналізі результатів, написання рукопису статті.*

15. Носенко Т. Т. Недеструктивний аналіз хімічного складу продуктів за допомогою інфрачервоних аналізаторів / Тамара Носенко, Володимир Бахмач // Харчова та переробна промисловість. – 1999. – № 1. – С.

*Особистий внесок: планування, участь у проведенні досліджень, написання рукопису статті.*

16. Analysis of near infrared reflectance spectrum of rape seed with different content of erucic acid / T. Nosenko, I. Hutsalo, V. Nosenko [et al.] // Ukrainian Journal of Food science. – 2013. – Vol.1, №1. – P. 94-99.

*Особистий внесок: планування, участь у проведенні досліджень, написання рукопису статті.*

17. Using of near infrared reflectance spectra of sunflower meal for determination its moisture content / S. Litvinchuk, I. Hutsalo, V. Nosenko, T. Nosenko // Ukrainian Journal of Food science. – 2013. – Vol.1, №1. – P. 83-88.

*Особистий внесок: планування досліджень, участь у аналізі результатів, написання рукопису статті.*

18. Носенко Т.Т. Влияние предварительного микроволнового нагрева на переработку семян рапса / Т. Т. Носенко, В. В. Манк, В. Г. Дроков // Scientific works “Food science, engineering and technologies -2013”. – 2013. – Vol. LX. – P. 472-475 (Болгарія, Пловдив).

*Особистий внесок: планування, участь у проведенні досліджень, написання рукопису статті.*

19. Визначення вологості в соняшниковому шроті методом БІЧ-спектроскопії / С. І. Літвінчук, І. В. Гуцало, В. Є. Носенко, Т. Т. Носенко // Наукові праці НУХТ. – 2014. – Т. 20, № 2. – С. 169-174 (наукометрична база Index Copernicus).

*Особистий внесок: планування досліджень, участь у аналізі результатів, написання рукопису статті.*

20. Інгібування радикального окиснення жирних кислот антиоксидантами / Т. А. Королюк, С. І. Усатюк, Т. Т. Носенко, М. А. Гулевата, О. С. Задкова // Наукові праці НУХТ. – 2014. – Т. 20, № 3. – С. 183-188 (наукометрична база Index Copernicus).

*Особистий внесок: участь у плануванні досліджень, аналізі результатів та написанні рукопису статті.*

21. Дослідження споживчих властивостей ріпакової олії / Т. Т. Носенко, В. І. Бабенко, І. В. Левчук, Т. О. Кот, О. В. Голодна, А. Ю. Тимощук // Науковий вісник Національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, Технічні науки, серія «Харчові технології». – 2014. – ч.4. – С. 130-136.

*Особистий внесок: планування досліджень, участь у аналізі результатів та написанні рукопису статті.*

22. Носенко Т. Т. Фракционирование рапсового жмыха ситовым методом // Т. Т. Носенко, Т. А. Кот, С. М. Шкаруба // Масло-жировой комплекс. – 2014. – Т. 45, №2. – С. 39-40.

*Особистий внесок: планування досліджень, участь у аналізі результатів та написанні рукопису статті.*

23. Свойства майонезов с продуктами переработки семян рапса / Т. Носенко, Т. Кот, В. Бабенко, В. Бахмач // Scientific works of University of Food Technologies. – 2014. – Vol. LXI, part I. – P. 322-327 (Пловдив, Болгарія).

*Особистий внесок: планування досліджень, участь у аналізі результатів та написанні рукопису статті.*

24. Носенко Т. Використання макухи ріпаку в технології хліба з суцільно змеленого зерна пшениці / Т. Носенко, Л. Михонік, Т. Волощенко // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2014. – №12. – С. 3-5.

*Особистий внесок: планування досліджень, участь у аналізі результатів та написанні рукопису статті.*

25. Mank Valeriy Investigation of antioxidant properties of rape pressing oil / Valeriy Mank, Tamara Nosenko, Tetyana Voloschenko // Харчова наука і технологія. – 2015. – №1(30). – С. 33-36.

*Особистий внесок: планування досліджень, участь у аналізі результатів та написання рукопису статті.*

26. Nosenko T.T. Isoflavones distribution in the process of soy protein recovery / T. T. Nosenko, V. V. Mank, O. S. Maksimova // Proceeding of the International Conference “Modern Technologies in the Food Industry-2012? 1-3 November, Republic of Moldova”. – 2012. – Vol. II. – P. 22-27.

*Особистий внесок: планування досліджень, участь у аналізі результатів та написання рукопису статті.*

27. Носенко Т. Т. Фізико-хімічні та технологічні властивості олії та білкових ізолятів, одержаних із гарбузового насіння / Т. Т. Носенко, Громова О.М., Подолянко Н.В. Вестник Национального технического университета «ХПИ». – 2008. – №3. – С. 51-53.

*Особистий внесок: планування досліджень, участь у аналізі результатів та написання рукопису статті.*

28. Носенко Т. Т. Ассортимент рослинних олій / Т. Т. Носенко, О. М. Громова, М. А. Лябах // Харчова і переробна промисловість. – 2008. – №8-9. – С. 26-28.

*Особистий внесок: планування досліджень, аналіз результатів та написання рукопису статті.*

29. Носенко Т. Т. Насіння ріпаку, як важливе й перспективне джерело не лише олії, а й цінних білків / Т. Т. Носенко, О. С. Гриценко // Харчова і переробна промисловість. – 2008. – №10. – С. 20-21.

*Особистий внесок: планування досліджень, аналіз результатів та написання рукопису статті.*

30. Носенко Т. Т. Розвиток технології та перспективи виробництва харчових білків із шротів олійних культур / Т. Т. Носенко // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – 2008. – №43. – С. 63-68.

*Особистий внесок: планування та проведення досліджень, написання рукопису статті.*

31. Носенко Т. Т. Использование СВЧ-нагрева для подготовки семян сои к извлечению масла / Носенко Т. Т. // Масло-жировой комплекс. – 2009. – №3. – С. 32-34.

*Особистий внесок: планування та проведення досліджень, написання рукопису статті.*

31. Носенко Т. Т. Дослідження складу та антиоксидантних властивостей соєвих ізофлавононів / Т. Т. Носенко, В. Г. Дроков, О. С. Дегтяренко // Збірник наукових праць Донецького Національного університету економіки і торгівлі. – 2010. – Вип. 23. – С. 196-200.

*Особистий внесок: планування досліджень, аналіз результатів та написання рукопису статті.*

32. Носенко Т. Т. Дослідження впливу технологічних параметрів вибілювання соняшникової олії на вміст продуктів окиснення / Т. Т. Носенко, А. О. Олексенко // Харчова промисловість. – 2012. – №12. – С. 52-56.

*Особистий внесок: аналіз результатів досліджень та написання рукопису статті.*

33. Носенко Т. Т. Дослідження ступеню окиснення соняшникової олії під час рафінації / Т. Т. Носенко, А. О. Олексенко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» Збірник наукових праць, Тематичний випуск "Нові рішення в сучасних технологіях". – 2011. – Вип. №9. – С. 9-13.

*Особистий внесок: аналіз результатів досліджень та написання рукопису статті.*

34. Носенко Т.Т. Характеристика биологической ценности и функционально-технологических свойств белкового комплекса семян льна / Т. Т. Носенко, А. А. Солдатенкова // Масло-жировой комплекс. – 2011. – №3 (34). – С. 34-35.

*Особистий внесок: планування досліджень, аналіз результатів та написання рукопису статті.*

35. Носенко Т. Т. Шроты масличных как источник пищевого белка / Т. Т. Носенко // Масложировой комплекс. – 2015. – №2. – С. 31-33.

*Особистий внесок: планування та проведення досліджень, аналіз результатів та написання рукопису статті.*

36. Декл. Патент на винахід 68259 А Україна 19 А23L/20А23D9/02. Спосіб підготовки насіння сої до вилучення олії / Носенко Т. Т., Носенко В. Є.; заявник і власник Національний університет харчових технологій. – №20031110832; заявл. 28.11.2003; опубл. 15.07.2004, Бюл. №7.

*Особистий внесок: ідея та проведення досліджень, аналіз результатів та опис патенту.*

37. Декл. Патент на винахід 69268 А Україна 19 А23J1/14. Спосіб екстрагування білків із шроту / Носенко Т. Т., Батура І. В.; заявник і власник Національний університет харчових технологій. – №20031212257; заявл. 24.12.2003; опубл. 16. 08. 2004, Бюл. №8.

*Особистий внесок: ідея та участь у проведенні досліджень, аналіз результатів та опис патенту.*

38. Декл. Патент на корисну модель 12489 Україна 19 МПК В03В7/00 А23J1/14 Е21С41/00. Спосіб одержання білкових ізолятів із соняшникового шроту / Носенко Т. Т.; заявник і власник Національний

університет харчових технологій. – №и 200506931; заявл. 14.07.2005; опубл. 15. 02. 2006, Бюл. №2.

*Особистий внесок: ідея та проведення досліджень, аналіз результатів та опис патенту.*

39. Патент на корисну модель № 36170 Україна МПК А23J1/14. Спосіб одержання білкових ізолятів із ріпакового шроту / Носенко Т. Т., Гриценко О. С.; заявник і власник Національний університет харчових технологій. – №и 2008 07428; заявл. 29.05.2008; опубл. 10.10.2008, Бюл. №19.

*Особистий внесок: ідея та планування, аналіз результатів та опис патенту.*

40. Патент на винахід №102184 Україна МПК А23D 9/007 F23G 3/36. Шоколадно-горіховий крем підвищеної біологічної цінності Носенко Т. Т., Солдатенкова А. О., Михальчук Д. М.; заявник і власник Національний університет харчових технологій. – № а 2012 04315; заявл. 06.04.2012; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 11.

*Особистий внесок: ідея та планування, аналіз результатів та опис патенту.*

41. Патент на винахід №106128 Україна МПК А23L 1/025 С11В 1/04 С11В 1/10. Спосіб волого-теплової обробки олійної сировини / Носенко Т. Т., Носенко В.Є.; заявник і власник Національний університет харчових технологій. – №а 201212903; заявл. 13.11.2012; опубл. 25.07. 2014, Бюл. № 14.

*Особистий внесок: ідея створення патенту, одержання результатів, опис патенту.*

42. Патент на корисну модель №94932 Україна МПК А21D 2/36 А21D 13/02. Хліб з підвищеною біологічною цінністю «Ріпачок» / Михонік Л. А., Носенко Т. Т., Кот Т. О., Медведєв Д. О.; заявник і власник Національний університет харчових технологій. – № и 201405665; заявл. 26.05.2014; опубл. 10.12.2014, Бюл. №23.

*Особистий внесок: участь у аналізі результатів та підготовці опису патенту.*

43. Патент на корисну модель №94563 UA МПК 19 А23J1/14 Спосіб отримання борошна з насіння ріпаку / Носенко Т. Т., Кот Т. О.; заявник і власник Національний університет харчових технологій. – № и 2014 03190; заявл. 28.03.2014; опубл. 25.11.2014, Бюл. №22.

*Особистий внесок: ідея створення патенту, участь у підготовці опису патенту.*

44. Патент на корисну модель № 94555 UA МПК 19 А23J1/14. Спосіб екстрагування білків із соняшникового шроту / Носенко Т. Т., Черства А. О.; заявник і власник Національний університет харчових технологій. – № и 2014 03180; заявл. 28.03.2014; опубл. 25.11. 2014, Бюл. № 22.

*Особистий внесок: ідея створення патенту, участь у одержанні результатів та підготовці опису патенту.*

45. Патент на корисну модель № 101985 UA МПК 19 А23J1/14. Спосіб одержання білків із соняшникового шроту / Носенко Т. Т., Носенко В.



Є. Лебідь А.; заявник і власник Національний університет харчових технологій. – № и 2015 03470; заявл. 14.04.2015; опубл. 12.10.2015, Бюл. №19.

*Особистий внесок: ідея створення патенту, участь у одержанні результатів та підготовці опису патенту.*

46. Nosenko T. T. Using of Microwave Treatment in Soybean Processing / T. T. Nosenko // Oils, Fats and Lipids: from Science to Applications. Innovations for a better world: 5<sup>th</sup> Euro Fed Lipid Congress, September 16-19, 2007: book of abstracts. – Gothenburg, 2007.

*Особистий внесок: ідея та проведення досліджень, аналіз результатів та підготовка доповіді і тез.*

47. Nosenko T. T. Processing Influence on the Oxidation Level of Sunflower Oil / T. T. Nosenko, A. O. Oleksenko // Oils, Fats and Lipids for a Healthy and Sustainable World: 9th Euro Fed Lipid Congress, September 18-21, 2011: book of abstracts. – Rotterdam, 2011. P. 349.

*Особистий внесок: аналіз результатів, підготовка доповіді і тез.*

48. Nosenko T.T. «Effect of microwave pre-treatment of oilseeds on oil quality» / T. T. Nosenko, S. V. Ivanov, G. L. Demchina // Fats, oils and lipids: from Science and Technology to Health: 10<sup>th</sup> Euro Fed Lipid Congress, September 23-26, 2012: book of abstracts. – Cracow, 2012. – P. 230.

*Особистий внесок: ідея та участь у проведенні досліджень, аналіз результатів та підготовка доповіді і тез.*

49. Tamara Nosenko Oil seeds as a source of edible protein / Tamara Nosenko, Valeriy Mank, Yaroslava Zhukova // The Second North and East European Congress on Food, 2013: book of Abstracts. – Kyiv, 2013. – P. 70.

*Особистий внесок: ідея та участь у проведенні досліджень, аналіз результатів та підготовка доповіді і тез.*

50. Носенко Т. Т. Поліпептидний склад білкових фракцій насіння соняшнику / Т. Т. Носенко, С. К. Ситник // Нові технології та технічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогодні і перспективи: ІХ Міжн. наук-техн. конф., 2005: матер. конф., част. 1. – Київ, 2005. – С. 96.

*Особистий внесок: ідея та участь у проведенні досліджень, аналіз результатів та підготовка доповіді і тез.*

51. Носенко Т. Т. Розвиток технології та перспективи виробництва харчових білків із шротів олійних культур / Т. Т. Носенко // Химия и технология жиров: міжн. наук.-техн. конф., 29 вересня -3 жовтня 2008: тези допов. – Алушта, 2008. – С. 40.

*Особистий внесок: ідея та участь у проведенні досліджень, аналіз результатів та підготовка доповіді і тез.*

52. Т. Т. Носенко Дослідження процесу екстракції білків із соєвого шроту / Т. Т. Носенко, А. Г.Джулай, О. С.Гриценко // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: 73-тя наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів, 2007: матер. конф., Ч.2. – Київ, 2007. – С. 25.

*Особистий внесок: ідея та участь у проведенні досліджень, аналіз результатів та підготовка доповіді і тез.*

53. Дербугова Г. Л. Усовершенствование технологи масла из грецкого ореха / Г. Л. Дербугова, С. И. Усатюк, Т. Т. Носенко // Инновационные технологии в пищевой промышленности: XI Межд. научно-практ. конф., 3–4 октября 2012: матер. конф. – Минск, 2012. – С. 143-145.

*Особистий внесок: аналіз результатів та підготовка тез.*

54. Носенко Т. Т. Дослідження ізомерного складу та технологія вилучення соєвих ізофлавоноєдів / Т. Т. Носенко, О. С. Максимова // Біотехнологія ХХІ століття: 5-та регіональна наук.-практ. конф., 2011: тези допов. – Київ, 2011. – С. 22.

*Особистий внесок: ідея та участь у аналізі результатів та підготовка доповіді і тез.*

55. Носенко Т. Т. Особливості переробки насіння олійних культур із одержанням білкових продуктів / Носенко Т. Т. // Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей: 1-ша міжн. наук.-техн. конф., 22 – 23 березня 2012: матер. конф. — Київ, 2012. С. 77.

*Особистий внесок: ідея та проведення досліджень, аналіз результатів та підготовка доповіді і тез.*

56. Носенко Т. Т. Електрофоретичні властивості білків насіння олійних культур / Т. Т. Носенко // Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей: 2-га міжн. наук.-техн. конф., 20 – 21 березня 2013: матер. конф. — Київ, 2013. С. 138.

*Особистий внесок: ідея та проведення досліджень, аналіз результатів та підготовка доповіді і тез.*

57. Дослідження динаміки екстрагування рослинної олії із олійної сировини / Т. Т. Носенко, М. А. Лябах, Я. М. Осадча, В. Ю. Ісаєва // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: 71-га наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів, 2005: матер. конф. Ч. 2. – Київ, 2005. – С. 27-28.

*Особистий внесок: ідея та участь у проведенні досліджень, аналіз результатів та підготовка доповіді і тез.*

58. Носенко Т. Т. Дослідження функціонально-технологічних властивостей білкових гідролізатів з насіння соняшнику / Т. Т. Носенко, Т. О. Безщасна // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті, 72-га наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів, 2006: матер. конф. Ч. 2. – Київ, 2006. – С. 23.

*Особистий внесок: ідея та участь у проведенні досліджень, аналіз результатів та підготовка доповіді і тез.*

59. Особливості спектрів відбивання шротів насіння олійних культур в ближній інфрачервоній області / С. І. Літвинчук, І. В. Гуцало, В. Є. Носенко, Т. Т. Носенко // Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей: 2-га міжн. наук.-техн. конф., 20 – 21 березня 2013: матер. конф. — Київ, 2013. С. 167.

*Особистий внесок: участь у проведенні досліджень, аналізі результатів та підготовці доповіді і тез.*

60. Hutsalo I. Near infrared reflectance spectrum of rape seed as a tool for erucic acid detection / I. Hutsalo, T. Nosenko // The Second North and East European Congress on Food, 2013: book of Abstracts. – Kyiv, 2013. – P. 288.

*Особистий внесок: ідея та участь у проведенні досліджень, аналізі результатів та підготовка доповіді і тез.*

61. Використання методу БІЧ-спектроскопії для аналізу якості продуктів в оліє-жировій галузі / С. І. Літвинчук, В. Є. Носенко, Т. Т. Носенко, І. В. Гуцало // Якість і безпека харчових продуктів: міжн. наук.-техн. конф., 14-15 листопада 2013: збірник тез. – Київ, 2013. – С. 79.

*Особистий внесок: участь у проведенні досліджень, аналізі результатів та підготовка тез.*

62. Характеристика складу пресової ріпакової олії сучасних сортів насіння ріпаку / Т. Т. Носенко, Т. О. Кот, Г. М. Гречка, С. М. Шкаруба // Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей: 3-тя міжн. наук.-техн. конф., 25-26 березня 2014: матер. конф. — Київ, 2014. – С. 143.

*Особистий внесок: планування досліджень, аналізі результатів та підготовка доповіді і тез.*

63. Дослідження впливу технологічних параметрів на ефективність пресового вилучення олії із насіння ріпаку / А. Соломка, Ю. Слободяник, А. Ластовецька, Т. Носенко // Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей: 3-тя міжн. наук.-техн. конф., 25-26 березня 2014: матер. конф. — Київ, 2014. – С. 152.

*Особистий внесок: планування досліджень, аналізі результатів та підготовка доповіді і тез.*

64. Моделювання процесу екстрагування білків із соняшникового шроту в присутності протеолітичних ферментів / Т. Т. Носенко, В. В. Манк, Н. І. Вовкодав, О. О. Кубайчук // Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти харчовій промисловості: міжн. наук. конф., 13-16 жовтня 2014: матер. конф. — Київ, 2014. – С. 329.

*Особистий внесок: планування досліджень, аналізі результатів та підготовка доповіді і тез.*

65. Носенко Т. Т. Харчовий потенціал білків насіння олійних культур / Т. Т. Носенко, Т. О. Кот // Продовольчі ресурси: проблеми і перспективи: II Міжн. наук.-практ. конф., 11 листопада 2014: наук. збірн. за матер. конф. – Київ, 2014. – С. 52-54.

*Особистий внесок: планування досліджень, аналізі результатів та підготовка доповіді і тез.*

66. Nosenko T. The content of phenolic substances and sunflower protein functionality / Tamara Nosenko, Valeriy Mank, Anastasiya Lebid // Global and local Challenges in Food Science and Technology: 3<sup>rd</sup> North and East European Congress on Food, May 20-23, 2015: Special issue of Journal of EcoAgriTourism. – Brasov, Romania, 2015. – P. 165.

*Особистий внесок: планування досліджень, аналіз результатів та підготовка тез.*

67. Nosenko T. Estimation of biological value of low erucic and low glucosinolates rape seed proteins / Tamara Nosenko, Tetyana Voloshchenko // Global and local Challenges in Food Science and Technology: 3<sup>rd</sup> North and East European Congress on Food, May 20-23, 2015: Special issue of Journal of EcoAgriTourism. – Brasov, Romania, 2015. – P. 197.

*Особистий внесок: планування досліджень, аналіз результатів та підготовка тез.*

68. Носенко Т. Т. Кінетика ензимного гідролізу білків соняшникового шроту / Т. Т. Носенко, О. І. Іолтухівська, Я. Ф. Жукова // Перспективи розвитку м'ясної, молочної та олієжирової галузей у контексті євроінтеграції: 4-та міжн. наук.-техн. конф., 24 –25 березня 2015: матер. конф. — Київ, 2015. С. 142.

*Особистий внесок: планування та проведення досліджень, аналіз результатів та підготовка доповіді і тез.*

69. Дослідження функціонально-технологічних властивостей білкового борошна з макухи ріпаку / Т. Т. Носенко, Т. О. Волощенко, Ю. А. Слободяник, Н. В. Ластовецька, І. Г. Бедратюк // Химия, био- и нанотехнологии, экология и экономика в пищевой и косметической промышленности: II Межд. науч.-практ. конф., 8-10 декабря 2014: сборн. матер. – Харьков, 2014. – С. 33-34.

*Особистий внесок: планування досліджень, аналіз результатів та підготовка тез.*

70. Носенко Т.Т. Вплив НВЧ-поля на процес екстракції олії із соняшникової м'ятки / Т. Т. Носенко, Т. Г. Панасюк // 62-га студ. конф, 1996: тези допов. – Київ, 1996.

*Особистий внесок: планування досліджень, аналіз результатів та підготовка тез.*

71. Носенко Т. Т. Характеристика біологічної цінності та технологія одержання ізольованих білків насіння деяких олійних культур / Т. Т. Носенко // Проблеми та перспективи створення і впровадження нових ресурсо- та енергоощадних технологій, обладнання в галузях харчової і переробної промисловості: шоста міжн. наук. конф., 2000: матер. конф., ч.2. – Київ, 2000.

*Особистий внесок: планування та проведення досліджень, аналіз результатів та підготовка тез.*

## **АНОТАЦІЯ**

**Носенко Т. Т. Наукові засади ресурсозберігаючих технологій переробки насіння олійних культур. – На правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.06 – технологія жирів, ефірних масел і парфумерно-косметичних продуктів. – Національний університет харчових технологій МОН України, Київ, 2016.

Дисертаційна робота присвячена розробленню наукових засад ресурсощадних технологій переробки насіння олійних культур, що передбачають виробництво білкових добавок та харчових продуктів із їх використанням, а також застосування екологічних методів підготовки сировини до вилучення олії.

Встановлено раціональні параметри екстрагування білків із шротів олійного насіння – соняшникового, соєвого, ріпакового, а також їх вилучення із розчинів. Одержано експериментальні дані, які доводять інтенсифікацію екстрагування білків із шроту під дією електричного струму. Доведено, що внесення протеолітичних ферментів у суспензії шротів приводить до підвищення ефективності екстрагування білків. Продемонстровано, що в таких умовах відбувається обмежений гідроліз поліпептидів. Встановлено математичну залежність між концентрацією білків соняшникового шроту в екстрактах та ступенем гідролізу білків, розраховано параметри математичної моделі, що описує кінетику гідролізу поліпептидів залежно від іонної сили розчину, співвідношення фермент:субстрат та рН середовища. Досліджено фізико-хімічні та технологічні властивості соняшникових частково гідролізованих білків, проведено оцінку їх біологічної цінності. З'ясовано роль вторинних рослинних метаболітів у технологіях вилучення білків із шротів.

Доведено, що використання попередньої мікрохвильової обробки олійної сировини супроводжується збільшенням виходу пресової олії (соняшnikової, ріпакової, соєвої, гарбузової та горіхової), підвищенням швидкості екстрагування олії із соняшnikової м'ятки, швидкості інактивації ферментів – уреази, трипсинових інгібіторів та мірозинази. Виявлено, що попередня мікрохвильова обробка олійної сировини із частотою генерації 2450 МГц інгібує окиснювальні процеси у олійній сировині та збільшує біологічну цінність олії.

Розроблено та досліджено харчові продукти з одержаними рослинними білковими продуктами – майонези, хліб із суцільно змеленого зерна пшениці та ріпакового борошна, десертний продукт підвищеної біологічної цінності.

**Ключові слова:** насіння олійних культур, шроти, соняшник, ріпак, льон, білкові ізоляти, гідролізовані білки, технологічні властивості, біологічна цінність білків, мікрохвильова обробка.

## АННОТАЦІЯ

**Носенко Т. Т. Научные основы ресурсосберегающих технологий переработки семян масличных культур. – На правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.18.06 – технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов. – Национальный университет пищевых технологий МОН Украины, Киев, 2016.

Диссертационная работа посвящена разработке научных основ технологий переработки семян масличных культур, которые предусматривают производство белковых добавок и пищевых продуктов с ними, а также использование экологических методов подготовки сырья к извлечению масла.

Установлены рациональные параметры экстрагирования белков из шротов масличных семян – подсолнечного, соевого, рапсового, а также их извлечения из растворов. Получены экспериментальные данные, которые демонстрируют интенсификацию экстрагирования белков из шрота под действием электрического тока. Доказано, что внесение протеолитических ферментов в суспензию шрота приводит к увеличению эффективности экстрагирования белков. Продемонстрировано, что в таких условиях происходит ограниченный гидролиз полипептидов. Установлена математическая зависимость между концентрацией белков подсолнечного шрота в экстрактах и степенью гидролиза белков, рассчитаны параметры математической модели, которая описывает кинетику гидролиза полипептидов в зависимости от ионной силы раствора, соотношения фермент:субстрат и рН среды. Исследованы физико-химические и технологические свойства подсолнечных частично гидролизированных белков, осуществлена оценка их биологической ценности. Установлена роль вторичных растительных метаболитов в технологиях извлечения белков из шротов.

Доказано, что использование предварительной микроволновой обработки масличного сырья сопровождается увеличением выхода прессового масла (подсолнечного, рапсового, соевого, тыквенного, орехового), увеличением скорости экстрагирования масла из подсолнечной мятки, скорости инактивации ферментов – уреазы, трипсиновых ингибиторов и мирозиназы. Обнаружено, что предварительная микроволновая обработка масличного сырья из частотой генерации 2450 МГц ингибирует окислительные процессы в масличном сырье и увеличивает биологическую ценность масла.

Разработаны и исследованы пищевые продукты с полученными растительными белками – майонезы, хлеб из цельномолотого зерна пшеницы и рапсовой муки, десертный продукт повышенной биологической ценности.

**Ключевые слова:** семена масличных культур, шроты, подсолнечник, рапс, лен, белковые изоляты, гидролизированные белки, технологические свойства, биологическая ценность белков, микроволновая обработка.

## SUMMARY

**Nosenko T. T. Scientific principles of resource-saving technologies of oil seed processing. – Manuscript.**

Thesis for degree of Doctor of Technical Sciences in speciality 05.18.06 – Thechnology of fat, essential oil and perfume and cosmetic products. – National

University of Food Technologies of Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2015.

The thesis is devoted to the development of scientific principles of oil seed processing technologies which support production of protein supplements and food products with them as well as using of sustainable methods of raw material preparing to oil recovery.

The reasonable parameters of protein extraction from oil seed meal – sunflower, soy and rape – and also their precipitation from solutions have been shown. Experimental data about intensification of protein extraction from meal under influence of electric stream were obtained. It was proved that adding of proteolytic enzymes to meal suspension resulted in increase of protein extraction effectiveness. The partial hydrolysis of polypeptides was going on under these conditions. The mathematic dependence between sunflower protein concentration in extracts and hydrolysis degree as well as parameters of mathematic model, describing hydrolysis kinetic in dependence of ionic strength of solution, enzyme:substrat ratio and pH, were obtained. The physicochemical, technological properties and biological values of partly hydrolyzed sunflower proteins were investigated. The role of secondary metabolites in meal protein recovery technologies was determined.

It was proved that using of previous microwave treatment of oil material caused increase of press oil yield (sunflower, rape, soy, pumpkin, walnut), extraction rate of oil from sunflower ground seed and inactivation rate of enzymes – urease, tripsin inhibitors and mirosenase. It was detected that previous treatment of oil material by microwave field (frequency 2450 MH) inhibited oil oxidation and increased biological value of oil.

Food products (mayonnaise, bread from whole ground wheat grain and rape flour, dessert of high biological value) with obtained vegetable proteins were developed and investigated.

**Key words:** oil seeds, meal sunflower, rape, flax, protein isolates, partly hydrolyzed proteins, technological properties, biological values of proteins, microwave treatment.