

ВІДГУК

рецензента кандидата технічних наук **Загорулько Олексія Євгеновича** на дисертаційну роботу **Білого Дмитра Володимировича** на тему «**Вдосконалення технологій та обладнання з переробки рослинної сировини екстракцією зрідженими газами і кріосублімаційним фракціонуванням**», подану на здобуття освітньо-наукового рівня доктора філософії зі спеціальності 181 «Харчові технології» галузі знань 18 «Виробництво та технології».

Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації складає 244 сторінок, у тому числі 2 додатки. Обсяг основного тексту дисертації становить 244 сторінки, 43 рисунка та 45 таблиць. Список використаних джерел нараховує 326 найменувань.

Актуальність теми дисертаційної роботи. На сучасному етапі розвитку харчових технологій виробництво рідких харчових добавок із рослинної сировини переважно базується на традиційних методах, зокрема дистиляції з водяною парою та екстракції з використанням органічних розчинників (гексану, петролейного ефіру, спиртів, ацетону, перхлоретилену тощо). Проте зазначені технології характеризуються рядом суттєвих недоліків, що обмежують їх ефективність та якість отримуваної продукції.

Так, під час парової дистиляції відбувається деструкція термолабільних біологічно активних компонентів внаслідок дії підвищених температур і гідролітичних процесів, що негативно впливає на склад і функціональні властивості екстрактів. У свою чергу, застосування органічних розчинників супроводжується ризиком хімічної взаємодії з компонентами сировини, що може призводити до зміни їх структури та зниження якості кінцевого продукту. Крім того, етап видалення розчинників спричиняє втрати летких сполук і не гарантує повної їх елімінації, що впливає як на безпечність, так і на біологічну цінність отриманих екстрактів.

У цьому контексті особливої актуальності набуває пошук та впровадження альтернативних, більш досконалих технологічних підходів. Перспективним напрямом є застосування кріогенних технологій, зокрема екстракції зрідженими газами та кріосублімаційного фракціонування, які забезпечують м'які умови обробки, мінімізують втрати цінних компонентів і дозволяють отримувати продукти з високими показниками якості та збереженою біологічною активністю.

Отже, тема дисертаційної роботи, присвячена вдосконаленню технологій і обладнання для переробки рослинної сировини із застосуванням

інноваційних криогенних методів, є своєчасною, науково обґрунтованою та має важливе значення для розвитку харчової промисловості.

Дисертаційна робота виконувалася в межах науково-дослідних тем: № НДР № 0121U114569 «Дослідження та удосконалення процесів та обладнання для електромагнітної та холодильної обробки харчових продуктів», НДР № 0124U00044 «Удосконалення тепло-масообмінних процесів та обладнання для холодильної й електромагнітної обробки харчової сировини».

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, що сформульовано у дисертації. Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими, логічно послідовними та підтвердженими комплексом теоретичних і експериментальних досліджень.

В роботі використано аналітичні методи дослідження з використанням теорії тепло-масообміну, експериментальні методи дослідження процесу екстракції зрідженими хладачами та криосублімації з використанням автоматичних систем керування та моніторингу, визначення фізико-хімічних показників методами спектрофотометрії, високоефективної рідинної хроматографії та газової хроматографії з маспектрометричним і полум'яно-іонізаційним детекторами. Для опрацювання та узагальнення отриманих експериментальних результатів було використано спеціалізовані програми та програмні комплекси: Microsoft Office 365, PTC MathCAD, Exel, Phyton.

Результати досліджень викладено у висновках до кожного розділу, а також у семи загальних висновках. Відносно обґрунтованості, достовірності та новизни кожного висновку зроблено деякі зауваження.

Висновок перший – у розділі наведено узагальнення результатів літературного огляду, однак вони мають переважно описовий характер і недостатньо містять кількісні критерії порівняння ефективності розглянутих методів екстракції. 6. У висновках відсутня узагальнена оцінка наукової новизни саме аналітичної частини розділу, що дещо знижує їх завершеність.

Висновок другий – Висновки розділу мають переважно описовий характер і відображають зміст виконаних досліджень, однак недостатньо узагальнюють отримані результати та їх наукову новизну.

Висновок третій – відображає результати дослідження впливу температурно-тискових параметрів на процес хладонової екстракції, а також визначення енергії активації для різних видів рослинної сировини. Висновок є змістовним, має наукову новизну та практичну значимість для обґрунтування раціональних режимів процесу.

Висновок четвертий – стосується розробки та верифікації фізико-математичної моделі кінетики екстрагування, що враховує змінні умови масообміну та геометричні особливості сировини. Висновок є вагомим, має теоретичну цінність і науково-практичне значення.

Висновок п'ятий – узагальнює результати оцінки безпечності, якості та ефективності отриманих екстрактів і криосубліматів, а також їх апробації у

виробничих умовах. Висновок є вагомим, підтверджує практичну значимість роботи та можливість впровадження результатів у промисловість

Наукова цінність дисертаційної роботи. Цінним для науки є результати, що отримані автором: запропоновано модифіковане рівняння дифузії для прогнозування режимів кріосублімаційного фракціонування; встановлено закономірності процесу екстрагування зрідженими газами та визначено енергію активації; розроблено аналітичну модель кінетики екстрагування з урахуванням змінних умов масопереносу та геометрії частинок; підтверджено адекватність моделі та визначено масообмінні характеристики процесу; встановлено оптимальні режими екстракції та визначено компонентний склад і властивості отриманих екстрактів.

Практична цінність полягає у впровадженні розроблених технологій екстрагування рослинної сировини зрідженими газами та кріосублімаційного фракціонування, а також методів розрахунку і моделювання процесів масопереносу у діяльність науково-дослідних та виробничих підприємств харчової галузі. Результати дослідження використано при створенні та удосконаленні технологічного обладнання і процесів переробки рослинної сировини, впроваджено на підприємствах підприємстві ТОВ «М'ясний Цех», ТОВ «Кул Фекторі» та в начальній процес Державного біотехнологічного університету

Достовірність отриманих результатів обґрунтовується коректним застосуванням сучасних методів теоретичних і експериментальних досліджень, а також підтверджується узгодженістю даних, отриманих у теоретичних розрахунках та експериментальних дослідженнях, виконаних у межах дисертаційної роботи.

Повнота викладу наукових положень в опублікованих працях. За результатами виконаного дисертаційного дослідження автором опубліковано у 21 наукових працях - з яких 5 статей у наукових виданнях, 3 з них – у наукових фахових видань України, які включено до міжнародних наукометричних баз даних, 2 – в іноземних, 15 публікацій – у матеріалах і тезах конференцій; 1 патент України на корисну модель..

Оцінка змісту, завершеності та оформлення дисертаційної роботи. Дисертаційна робота є цілісним завершеним науковим дослідженням, яке може бути винесене на публічний захист. Структура дисертації включає вступ, п'ять розділів, загальні висновки, список використаних джерел та додатки.

У вступі обґрунтовано актуальність обраного наукового напрямку, чітко сформульовано мету дослідження, визначено його об'єкт і предмет, а також окреслено основні завдання, що потребують розв'язання. У роботі висвітлено наукову новизну отриманих результатів та їх практичне значення. Детально зазначено особистий внесок здобувача у досягнуті результати, показано зв'язок дисертаційного дослідження з науковими програмами, планами та темами. Окрім того, подано інформацію про апробацію результатів дисертації на наукових заходах, опубліковані праці автора, а також наведено дані щодо структури та загального обсягу дисертаційної роботи.

Зауважень до вступу немає.

В першому розділі наведено аналіз сучасного стану технологій екстракції рослинної сировини, зокрема традиційних і новітніх методів. Розглянуто переваги та недоліки існуючих підходів, обґрунтовано вибір перспективних напрямів, зокрема екстракції зрідженими газами та кріотехнологій. Проаналізовано властивості екстрагентів і визначено доцільність їх застосування.

Зауваження до першого розділу:

Аналіз літературних джерел матиме більш критичний аналіз, а не переважно описовий характер. Наведена таблиця 1.2. Основні фізико-хімічні властивості зріджених газів не має повного обґрунтування представлених переваг зріджених хладонів.

В другому розділі наведено характеристику об'єктів дослідження та їх фізико-хімічних властивостей. Описано методи підготовки сировини, зокрема кріоподрібнення та сублімаційного сушіння, а також методики проведення експериментальних досліджень процесів екстрагування та кріосублімаційного фракціонування. Представлено застосовані аналітичні методи дослідження складу та властивостей отриманих продуктів.

Зауваження до другого розділу:

У підрозділах 2.1.1-2.1.6. з показниками основних компонентів петрушка, топінатур, календула, лавр, чорний кмін та амарант, за наведенням у таблицях 2.1 – 2.8 відповідних властивостей, але за різними формами. На мою думку, їх необхідно привести до єдиної форми, або звести в одну дві таблиці.

Рис. 2.2. Морозильна шафа моделі PROFESSIONAL AD LB. На цьому рисунку наведено лише загальний вигляд морозильної шафи, тоді як у подальшому за текстом розглядаються схеми установок без їх візуального супроводу (фотографій або деталізованих конструктивних зображень). Такий підхід ускладнює сприйняття матеріалу та не забезпечує належної наочності технічних рішень. Доцільно доповнити розділ відповідними ілюстраціями або замінити поданий рисунок на більш інформативні зображення.

Назва підрозділів 2.3–2.4 починається як «Методика та обладнання», проте за змістом у них переважно наведено принципи дії та схематичні

зображення установок, тоді як методики визначення параметрів процесу розкрито неповною мірою або фрагментарно. Зокрема, відсутній чіткий опис порядку проведення експериментів, умов вимірювань, способів обробки результатів. У зв'язку з цим доцільно або конкретизувати та розширити методичну частину відповідно до назви підрозділів, або скоригувати їх назву з урахуванням фактичного змісту.

В третьому розділі наведено результати експериментальних досліджень процесів екстрагування зрідженими газами та кріосублімаційного фракціонування. Встановлено вплив технологічних параметрів на вихід екстрактивних речовин, визначено енергію активації процесу, проведено хроматографічний аналіз екстрактів та їх порівняння з альтернативними методами. Запропоновано фізичне обґрунтування процесу кріосублімаційного фракціонування та підтверджено його ефективність.

Зауваження до третього розділу:

На рис. 3.1 і 3.2 приведена характеристики відповідно енергія активації екстракції листа лавру та чорного кмину, за текстом приводиться їх порівняльний аналіз, тоді доцільно поєднати рисунки.

Рисунок 3.6. Вміст різних класів сполук в хладоновому екстракті лаврового листа має позначення іноземною мовою.

Підрозділ 3.2.3. **Ключові результати порівняльного аналізу та рекомендації для застосування та подальших досліджень.** Підрозділ має твердження про «універсальність» та «унікальні результати» хладонової екстракції, які не підкріплені кількісними показниками порівняння. Перелік ідентифікованих сполук наведено без належного обґрунтування достовірності результатів та їх інтерпретації. Висновки щодо підвищення біологічної цінності харчових продуктів і фармакологічних властивостей екстрактів є узагальненими та недостатньо аргументованими в межах наведених даних.

В четвертому розділі розроблено фізико-математичну модель процесу екстрагування зрідженими газами, що враховує змінні умови масопереносу та геометричні характеристики частинок сировини. Проведено перевірку адекватності моделі та визначено масообмінні характеристики процесу. Встановлено оптимальні режими екстракції, що забезпечують максимальний вихід цільових компонентів.

Зауваження до четвертого розділу:

Потребує уточнення область застосування розробленої моделі.

Заявлена висока точність апроксимації (1–2%) потребує додаткового пояснення з огляду на складність досліджуваного процесу. Доцільно більш детально обґрунтувати прийняті допущення при математичному моделюванні.

Перший пункт висновків носить переважно оглядовий характер і

фактично дублює відомі підходи без чіткого формулювання власного внеску автора.

Четвертий пункт висновків має декларативний характер, оскільки не наведено конкретних значень оптимальних параметрів і критеріїв оптимізації. У цілому, висновки потребують уточнення, конкретизації та більш чіткого відображення наукової новизни і практичної значущості отриманих результатів.

У п'ятому розділі наведено результати оцінки якості, безпечності та ефективності отриманих екстрактів і кріосубліматів. Представлено результати дослідно-промислової апробації та техніко-економічного обґрунтування запропонованих рішень. Розроблено технологічні схеми та удосконалене обладнання для реалізації процесів.

Зауваження до п'ятого розділу:

Зауважень немає.

Додатки наведено патент на корисну модель України та Документи за впровадження в виробництво та навчальний процес

Ідентичність змісту анотацій та основних положень дисертації. Зміст анотацій, підготовлених українською та англійською мовами, повністю відповідає структурі та основним положенням дисертаційної роботи. В анотаціях у достатньому обсязі висвітлено головні результати дослідження, сформульовані висновки, а також окреслено наукову новизну та практичну значущість отриманих результатів.

Загальні зауваження:

Рисунки не мають єдиного вигляду та мають позначення іноземною мовою, потребують доповнення позначенням підрисунковими підписами з тлумаченням вмісту рисунка.

Коментарі, зауваження та недоліки в цілому не впливають на загальну цінність дисертаційного дослідження.

ВИСНОВОК

У цілому, дисертаційна робота Білого Дмитра Володимировича на тему «Вдосконалення технологій та обладнання з переробки рослинної сировини екстракцією зрідженими газами і кріосублімаційним фракціонуванням» є завершеним науковим дослідженням, у якому вирішено актуальне науково-прикладне завдання в галузі харчових технологій. Робота відзначається комплексним підходом до поєднання процесів екстракції та кріосублімації, наявністю експериментальних результатів і практичною спрямованістю. Разом з тим, висловлені зауваження щодо обґрунтування вибору екстрагентів, повноти методичного опису, коректності формулювання

висновків та оформлення ілюстративного матеріалу не знижують загальної позитивної оцінки дисертації, але вказують на необхідність її певного доопрацювання. За змістом, рівнем наукової новизни та практичної значущості дисертаційна робота відповідає встановленим вимогам, а її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 181 – Харчові технології.

доцент кафедри
обладнання та інжинірингу
переробних і харчових виробництв
Державного біотехнологічного
університету
кандидат технічних наук



Олексій ЗАГОРУЛЬКО