

РЕЦЕНЗІЯ

доцента кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів
Національного університету біоресурсів і природокористування України,
кандидата технічних наук, доцента **УСТИМЕНКА Ігоря Миколайовича**
на дисертацію **ДРАЧУКА Ігоря Олеговича** на тему:

**«Удосконалення процесу ультразвукової кавітаційної стабілізації
рослинного напою з насіння конопель»,**

подану на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 181 «Харчові технології»
галузі знань 18 «Виробництво та технології»

Актуальність теми дисертаційного дослідження. В умовах стабільного зростання глобального попиту на рослинні аналоги молока, вітчизняна харчова промисловість потребує технологічних рішень, які б відповідали критеріям концепції «Clean label». Вибір дисертантом ядра технічних конопель як базової сировини є обґрунтованим, зважаючи на високий потенціал її протеїново-ліпідного комплексу.

Водночас, як зазначає автор, критичною перешкодою для промислового впровадження таких систем є їхня кінетична нестабільність та швидка седиментація дисперсної фази. Запропонований у роботі підхід – відмова від використання екзогенних стабілізаторів на користь інтенсивного фізичного впливу шляхом ультразвукової кавітації – є інноваційним та доцільним. Цей метод дозволяє активізувати власні фізико-хімічні ресурси рослинної матриці, забезпечуючи надійну стабільність цільового продукту. З огляду на це, тема дисертаційного дослідження І. О. Драчука відповідає сучасним потребам галузі, а її актуальність не викликає жодних сумнівів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертацію виконано в Національному університеті біоресурсів і природокористування України в межах теми «Наукове обґрунтування створення комплексу технологій харчових продуктів та методів проектування раціонів харчування для військовослужбовців» (номер державної реєстрації 0123U101493). Внесок здобувача полягає у розробленні технології та стабілізації високопоживних рослинних аналогів молока на основі конопляного насіння для їх подальшого використання у спеціалізованих раціонах.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх новизна та практичне значення. Дисертація І. О. Драчука містить глибоко обґрунтовані наукові положення, які базуються на комплексному застосуванні методів фізико-математичного моделювання, статистичного аналізу та стандартизованих фізико-хімічних досліджень.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у тому, що вперше обґрунтовано фізичну модель стабілізації рослинних напоїв на основі насіння конопель. Ця модель ґрунтується на синергії процесів інтенсивного тонкого диспергування жирової фази

та спрямованої механохімічної активації білка едестину під дією ультразвукової кавітації. Також здобувачем одержано емпіричні математичні моделі у вигляді рівнянь квадратичної регресії, які адекватно описують зв'язок між технологічними параметрами та показниками фізичної і хімічної стабільності емульсії.

Практичне значення отриманих результатів полягає у встановленні раціональних режимів ультразвукової кавітаційної обробки: потужність – 85–95 %, питома енергія – 450–500 кДж/кг, температура середовища – до 40 °С. Такі параметри забезпечують оптимальну дисперсність жирової фази (середній діаметр d_{32} знаходиться у межах 250–350 нм) та високу агрегативну стійкість системи на рівні 95–97 %. Оптимізовано рецептурний склад напою з ядра насіння конопель сорту Глесія за гідромодуля 1:8, що максимально наближає нутрієнтний профіль до коров'ячого молока жирністю 3,2 %.

Достовірність наукових досліджень. Достовірність результатів, викладених у дисертації, забезпечується коректною методологією досліджень, застосуванням сучасних фізико-хімічних та кваліметричних методів, а також фундаментальних положень розширеної теорії ДЛФО та закону Стокса. Експериментальні дані оброблено із застосуванням багатофакторного математико-статистичного аналізу у програмних середовищах Mathcad та Excel. Результати роботи пройшли успішну виробничу апробацію в умовах промислового підприємства, що підтверджено відповідними актами впровадження.

Повнота викладених матеріалів досліджень в опублікованих працях. Основні наукові положення та результати дисертації висвітлено у 9 наукових публікаціях, з яких 5 статей у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України, 4 тези наукових доповідей. Кількість та зміст публікацій повністю відповідають вимогам до оприлюднення результатів дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

Аналіз структури і змісту роботи. Структура дисертації повністю відповідає чинним нормативним вимогам до оформлення наукових кваліфікаційних робіт. Робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Перший розділ присвячено аналітичному огляду літератури, де обґрунтовано актуальність відмови від екзогенних стабілізаторів у технологіях рослинних напоїв. Науково аргументовано вибір насіння конопель сорту Глесія як сировини та технології ультразвукової кавітації як інноваційного методу фізичної стабілізації дисперсної системи.

Другий розділ розкриває методологію, об'єкт і предмет дослідження. У ньому наведено опис теоретичних та експериментальних методів, розроблено загальну схему виконання роботи на принципах системного підходу, а також описано апаратне забезпечення для проведення експериментів.

Третій розділ містить теоретико-математичне моделювання динаміки кавітаційного впливу на конопляну емульсію. За допомогою розширеної теорії ДЛФО та закону Стокса

фізико-математично обґрунтовано агрегативну та кінетичну стійкість напою, а також доведено, що оптимальний середній розмір жирових крапель знаходиться в межах 250–350 нм.

Четвертий розділ базується на результатах експериментальних досліджень. Оптимізовано рецептуру з гідромодулем 1:8, що забезпечує найвищий баланс якості за функцією бажаності Харрінгтона ($D=0,8687$). Визначено раціональні режими ультразвукової системи (потужність 85–95 %, питома енергія 450–500 кДж/кг, температура середовища до 40 °C), які гарантують агрегативну стійкість системи на рівні 95–97 % та хімічну безпеку готового продукту з показником окиснення не вище 6,5 ум. од.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності. Дисертація І. О. Драчука є самостійно виконаною науковою працею. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів супроводжується належними посиланнями на відповідні джерела. Привласнення чужих ідей, фабрикацію даних або порушення принципів академічної доброчесності у роботі не виявлено.

Зауваження та питання для дискусійного обговорення. Високо оцінюючи науковий рівень та практичну значущість дисертації, вважаю за доцільне висловити декілька зауважень дискусійного характеру:

1. У роботі досліджено використання методу ультразвукової кавітації для стабілізації емульсії, який має вплив на температуру. Автору варто пояснити, яким саме чином забезпечувався контроль та підтримання заданого температурного режиму під час обробки для уникнення термічної деградації компонентів.

2. Враховуючи специфіку хімічного складу лущеного насіння конопель, зокрема природно низький вміст вуглеводів, дискусійним залишається питання формування смакового профілю напою. Бажано почути думку здобувача щодо впливу цього фактору на загальні сенсорні властивості продукту та ступінь їх наближення до традиційного коров'ячого молока.

3. Досліджуючи вплив параметрів ультразвукового оброблення на стабільність та показники якості конопляного напою, автору доцільно було б детальніше обґрунтувати методологію визначення тривалості ультразвукової обробки. Під час захисту доцільно уточнити, за якими критеріями визначалася загальна тривалість ультразвукової обробки та який час експозиції визнано оптимальним з точки зору технологічної доцільності.

4. Високо оцінюючи рівень теоретичного моделювання стійкості конопляної емульсії на основі аналізу дзета-потенціалу, варто відмітити певну невідповідність з експериментальною частиною. У порядку дискусії доцільно пояснити відсутність експериментальних досліджень цього показника для підтвердження теоретичних розрахунків.

5. У дисертації представлено комплексний математичний апарат, проте опис взаємозв'язків між окремими моделями подано дещо стисло. Прошу здобувача ширше розкрити механізм того, яким чином для комплексного опису кінетичної стійкості емульсії у роботі поєднуються класичний закон Стокса та положення розширеної теорії ДЛФО.

6. Розглядаючи питання агрегативної стійкості емульсії, доцільно було б деталізувати введені обмеження. Прошу здобувача обґрунтувати введення граничної межі мінімального розміру часток на рівні 250 нм у формулу розрахунку цільової функції $F(d)$.

Зазначені зауваження мають переважно рекомендаційний характер і жодним чином не знижують загальної високої оцінки наукової та практичної цінності виконаного дисертаційного дослідження.

Загальний висновок. Дисертація на тему: «Удосконалення процесу ультразвукової кавітаційної стабілізації рослинного напою з насіння конопель» є завершеною, самостійно виконаною науковою працею, яка вирішує важливе науково-практичне завдання харчової галузі. За своєю актуальністю, обсягом проведених досліджень, науковою новизною та практичним значенням дисертація повністю відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінетом Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року, а її автор Драчук Ігор Олегович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 181 «Харчові технології» галузі знань 18 «Виробництво та технології».

Рецензент доцент кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів Національного університету біоресурсів і природокористування України, кандидат технічних наук, доцент Ігор УСТИМЕНКО