

ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ НА РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЮРЕ ІЗ ГАРБУЗА

Авдєєва Л.Ю., докт. техн. наук, ст. наук. співр., Макаренко А.А., канд. техн. наук
Турчина Т.Я. канд. техн. наук, ст. наук. співр., Декуша Г.В. канд. техн. наук, ст. наук. співр.
Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ

Анотація. Фруктово-овочева продукція представляє собою цінну харчову сировину з високою біологічною цінністю. Суттєвим недоліком є сезонність і висока схильність плодово-овочевої сировини до псування, що вимагає використання спеціальних технологій і обладнання для її переробки. Одним із доведених методів інтенсифікації гідромеханічних процесів в дисперсних системах при зниженні непродуктивних витрат енергії є застосування обладнання в якому реалізований принцип дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ). Для збільшення дисперсності твердої фази дослідної системи при одержанні пюре з гарбуза використовували гомогенізацію зразків в проточному роторно-пульсаційному апараті (РПА) циліндричного типу з поступовим нарощуванням гідромеханічного впливу за рахунок збільшення циклів обробки. Встановлена залежність динамічної в'язкості гарбузового пюре від тривалості гідромеханічного впливу. Дослідження довели, що зі зменшенням дисперсності в результаті проведення тривалої гідромеханічної обробки при диспергуванні гарбузового пюре значення динамічної в'язкості зменшуються. Водночас збільшується однорідність і рівномірність розподілення дисперсної фази по усьому об'єму суспензії. З підвищенням температури в'язкість всіх дослідних дисперсних систем зменшується, що можна пояснити зниженням енергії міжмолекулярних взаємодій, яка перешикодує переміщення молекул. У стані спокою, при витримуванні системи впродовж 24 год. і більше, надлишок вільної поверхневої енергії високодисперсних частинок призводить до стабілізації системи із укрупненням частинок дисперсної фази і незначного підвищення динамічної в'язкості. Проведені дослідження реологічних властивостей довели, що метод обробки за допомогою використання механізмів ДІВЕ є ефективним для одержання однорідного і стабільного в процесі зберігання пюре з гарбуза.

Ключові слова: гомогенізація, реологія, гарбузове пюре, роторно-пульсаційний апарат, дискретно-імпульсне введення енергії

Формулювання проблеми. Фрукти і овочі широко використовуються в харчуванні людини. Ця продукція має високу біологічну цінність за рахунок вмісту до 20% біологічно активних речовин, низьку калорійність і високі смакові властивості. Сезонність і висока схильність плодово-овочевої сировини до псування вимагає використання спеціальних технологій переробки, які дозволяють подовжити терміни зберігання продукції і урізноманітнити її асортимент. Через специфіку продукції, застосування інноваційних методів обробки набуває первинного значення, а розробка технологій переробки фруктово-овочевої сировини представляє собою швидко зростаючий сектор харчової промисловості [1, 2].

До цінної овочевої сировини відносяться гарбузи, вирощування яких є традиційним для України і займає важливе місце в українському агропромисловому секторі. Істівна частина гарбуза містить моно- і дисахариди (глюкозу, фруктозу, сахарозу), а також полісахариди (крохмаль, клітковину і пектинові речовини), значну кількість макро- і мікроелементів та вітамінів[3, 4].

Методи обробки сировини представляють важливе значення для збереження біологічно активних речовин, визначають якість і безпечність готової продукції, а також термін її зберігання. Найчастіше м'якоть гарбуза переробляють для вживання у вигляді соків, паст або сухих порошоків. Пюре із гарбузів найчастіше використовують як функціональний інгредієнт у різноманітних кондитерських, хлібобулочних, м'ясних, молочних виробів раціонального, оздоровчого і дієтичного призначення [5-9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За традиційною технологією виробництва гарбузового пюре передбачається інспекція сировини, миття, калібрування, очищення, розварювання, подрібнення, диспергування і гомогенізація. Обладнання, яке застосовується у технології виробництва, а також режими і параметри його роботи впливають на цілий комплекс характеристик якості готового продукту. До найголовніших показників готової продукції відносяться харчова та біологічна цінність, структурно-механічні і органолептичні властивості - зовнішній вигляд, консистенція, колір та смак, а також його стабільність в процесі зберігання.

Подрібнення, диспергування і гомогенізацію використовують для одержання стабільної однорідної гомогенної маси. Аналіз літератури свідчить, що для подрібнення і одержання пюре з фруктово-овочевої сировини використовують різні типи пристроїв: протиральні машини, плунжерні гомогенізатори, колоїдні млини, роторно-пульсаційні апарати та ін. В результаті досліджень було виявлено, що протиральні машини типу МПР-350, РЗ-КИС, П1-7,1 не забезпечують необхідної однорідності маси (умовний середній діаметр

частинок від 20 мкм до 1000 мкм і більше). Після обробки в масі присутні частинки непротертої сировини, що негативно впливає на зовнішній вигляд і консистенцію готового пюреподібного продукту. Колоїдні млини типу К7 ФТІ, К6 КМ дозволяють одержувати однорідну масу з умовним середнім діаметром частинок від 30 до 500 мкм, але висока енергоємність і конструктивні особливості не гарантують надійної роботи пристрою. Найчастіше для отримання високого ступеня диспергування пюре із гарбуза використовуються три- або чотириплунжерні насоси-гомогенізатори, в яких овочева маса пропускається під тиском 10-15 МПа через гомогенізуючу голівку де подрібнюється до частинок з розміром 20-30 мкм. Але це обладнання так само характеризується енергоємністю і особливостями конструкції, які не гарантують стабільної роботи пристрою [10].

Досить новим методом обробки, який застосовується при багатьох тепломасообмінних і гідродинамічних процесах, таких як: варіння, різання, емульгування, гомогенізація, екстракція та інактивація мікроорганізмів є ультразвукова обробка. Цей метод оснований на використанні ефектів акустичної кавітації. Відноситься до економічно доцільних і екологічно чистих методів обробки харчової сировини. При різних рівнях амплітуди (50 та 100 мкм), тривалості імпульсу (50% та 100%) та температури (40, 50 і 60 °C) ультразвукової обробки фруктово-овочевої сировини таке обладнання дозволяє покращити консистенцію, динамічну в'язкість, стійкість до розшарування, мікробіологічну і ферментативну стабільність. При нераціональних режимах можливим недоліком використання цього методу є те, що окрім структурної модифікації, кавітація може викликати хімічні ефекти, такі як вивільнення вільних радикалів, зменшення вмісту або біодоступності деяких поживних речовин. [11-13].

Одним із ефективних методів інтенсифікації гідромеханічних процесів в дисперсних системах, які забезпечують зниження непродуктивних витрат енергії, є застосування обладнання в якому реалізований принцип дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ). Рівень дисипації енергії в такому обладнанні на 2-3 порядки нижчий за традиційне обладнання для диспергування. В роторно-пульсаційних апаратах в яких використовуються механізми ДІВЕ при обробці гетерогенних середовищ матеріал піддається механічному, гідродинамічному та гідроакустичному впливам, що практично недосяжно при використанні гомогенізаторів іншого типу. Ефективність цих апаратів обумовлена можливістю ініціювання в них явищ кавітації, порівнянних за інтенсивністю з тими, що створюються при ультразвуковій обробці. Локальні значення зсувних напружень у кавітаційній зоні вище, ніж у вузьких каналах клапанних гомогенізаторів та інших екструзійних пристроїв. Разом з тим вибір конструкції, геометричних параметрів і режимів роботи апарату дозволяє контролювати рівень інтенсивності, що важливо в технологіях отримання продукції з високим вмістом біологічно активних речовин [14, 15].

Вибраний апаратний метод і теплотехнологічні режими обробки мають значний вплив на теплофізичні (питому теплоємність, електропровідність та ін.), структурно-механічні (пластичність, густина, в'язкість та ін.), фізико-хімічні і органолептичні властивості сировини. При застосуванні роторно-пульсаційного апарату (РПА) під час гомогенізації руйнуються міцні клітинні оболонки рослинної сировини, що сприяє вивільненню і підвищенню біодоступності біологічно-активних речовин, таких як вітаміни, антиоксиданти, поліфеноли і флавоноїди. Ще однією перевагою використання РПА для гомогенізації і отримання гарбузового пюре є вилучення протопектинів з клітинної матриці і переведення їх в розчинний стан [16].

Дослідження структурно-механічних властивостей харчової і нехарчової продукції знаходять все більше застосування для характеристики відповідності показників на різних етапах виробництва у харчовій промисловості. Реологічні властивості продуктів переробки фруктово-овочевої продукції, в т.ч. пюре з їстівної частини м'якуша гарбуза, залежать від типу обладнання, потужності і тривалості впливу та ін. показників. Такі дослідження цікавили багатьох вчених, але все ще потребують уточнень стосовно конкретних умов обробки [17-19].

Метою роботи було дослідження впливу умов гідродинамічної обробки в РПА при проведенні процесу гомогенізації на реологічні властивості пюре із гарбуза.

Результати дослідження та їх обговорення. Для вивчення властивостей текучих багатофазних дисперсних систем, які характеризують реологічну поведінку харчових мас під дією гідромеханічних напружень, викликаних впливом робочих органів машин проводять ряд досліджень, одним з яких є дослідження динамічної в'язкості. Необхідність таких досліджень пов'язана з можливістю організації якісного поетапного технологічного контролю виробництва.

При дослідженнях динамічної в'язкості утворених суспензій було визначено вплив: кількості циклів обробки суспензії в РПА; температури суспензії; витримування впродовж 24 годин.

Для характеристики структурно-механічних властивостей складних дисперсних систем, отриманих в результаті змішування і диспергування методом ДІВЕ в РПА використовували метод вимірювання динамічної в'язкості за допомогою ротаційного віскозиметра Brookfield LVDV-E із використанням дискового шпинделя 63. Після підготовки зразків до вимірювань їх залишали на 5-10 хвилин для відновлення структурних міжмолекулярних зв'язків і вирівнювання температури проби.

Дослідження проводили при температурах термостатування продуктів: 40 ± 2 °C, 60 ± 2 °C і значеннях кутової швидкості від 0,21 рад/с до 10,5 рад/с. Результати досліджень показали, що дослідні зразки гарбузово-

го пюре за реологічною поведінкою відносяться до неньютонівських псевдопластичних матеріалів, в яких значення в'язкості непропорційно знижуються із збільшенням швидкості зсуву. Незважаючи на високу ефективність застосування РПА для гомогенізації фруктово-овочевої сировини, дослідні зразки гарбузового пюре отримані в результаті одного циклу оброблення характеризувались недостатньою однорідністю структури із великим діапазоном розмірів утворених частинок. Дослідження показали, що короткочасна обробка зразків впродовж 1 циклу в РПА призводить до утворення системи з досить стійким структурним каркасом і міцними міжмолекулярними зв'язками. Утворена дисперсна система в зоні практично незруйнованої структури на кривій течії матеріалу, при кутовій швидкості до $0,3 \text{ c}^{-1}$ показала дуже високі значення ефективної в'язкості – від 21000 мПа·с до 25 000 мПа·с для різних температур. Це можна пояснити високим вмістом жорстких ланцюгів харчових волокон (целюлози, геміцелюлози, пектинів) гарбузового пюре, які частково залишились незруйнованими. Виявлені особливості мікроструктури дослідної овочевої сировини вимагають продовження досліджень для визначення раціональних режимів і методів обробки. Використання раціональних режимів роботи РПА дозволить зберегти високу біологічну цінність фруктово-овочевої сировини, запобігти втратам вітамінів і інших термолабільних біологічно активних компонентів від посиленого гідромеханічного впливу і при цьому одержати необхідний ступень дисперсності, однорідності і в'язкості дисперсної системи для вирішення гідродинамічних завдань технологічного обладнання.

Для зменшення ступеня дисперсності частинок в гомогенізованому гарбузовому пюре було запропоновано посилення впливу гідромеханічної обробки на сировину за рахунок збільшення циклічності обробки дослідних зразків в РПА. На рис.1 наведені порівняльні результати досліджень ефективної в'язкості від кількості циклів обробки дисперсних систем в РПА. Представлені результати ефективної в'язкості наведені для зони гранично зруйнованої структури при кутовій швидкості $5,23 \text{ c}^{-1}$ при температурі досліджень $40 \pm 2^\circ\text{C}$ і $60 \pm 2^\circ\text{C}$.

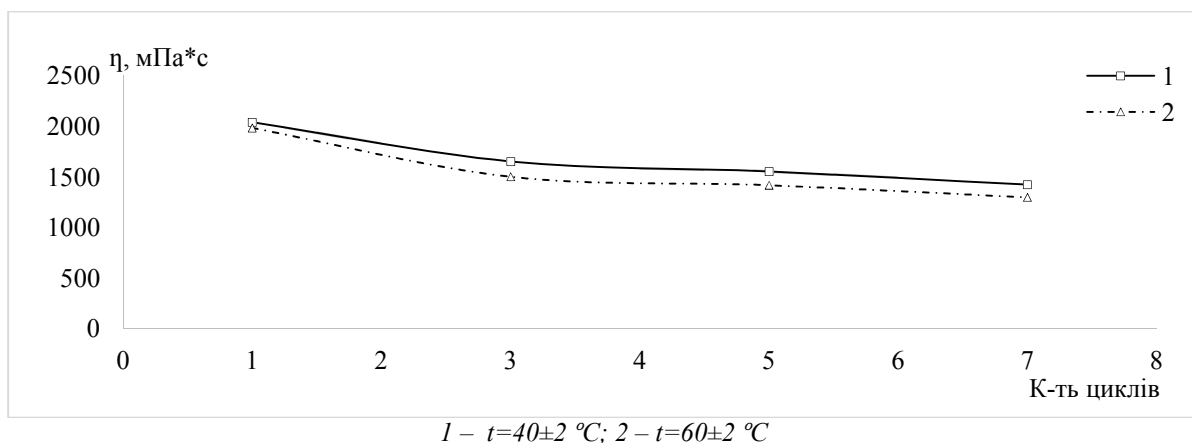


Рис. 1 – Значення ефективної в'язкості в зоні гранично зруйнованої структури дослідних зразків гарбузового пюре в залежності від кількості циклів обробки в РПА при температурі

Аналіз реологічної поведінки дослідних зразків гарбузового пюре, утворених в результаті гомогенізації в РПА під впливом механізмів ДІВЕ різної тривалості (рис.1) показав досить високі значення динамічної в'язкості в зоні гранично зруйнованої структури. Це пояснюється наявністю в сировині значної кількості харчових волокон, які утворюють розгалужений просторовий каркас і надають йому високої міцності. Під дією інтенсивного гідромеханічного впливу при диспергуванні методом ДІВЕ для отримання гарбузового пюре лінійні волокна клітин клітковини і інших речовин подрібнюються і утворюють нові міжмолекулярні структури із новими фізико-хімічними і фізико-механічними формами зв'язків. Поступове зниження дисперсності частинок призводить до їх рівномірного розподілення в дисперсійному середовищі з утворенням нових міжмолекулярних взаємодій через тонкий прошарок дисперсійного середовища. В результаті дослідні зразки набувають високої однорідності і стійкості консистенції. Вплив підвищених температур до призводить послаблення міжмолекулярних зв'язків, сприяє орієнтуванню міжмолекулярних і молекулярних структур дисперсної системи вздовж напрямку деформації і знижує значення ефективної в'язкості. При цьому посилюється значення величини дисперсності системи через збільшення тривалості гідромеханічної обробки зразків. Так, в результаті трьох циклів обробки значення в'язкості дослідного зразка при 40°C зменшуються майже на 20%, а після семи циклів – вже майже на 30%. Підвищення температури до 60°C призводить до зниження значень на 25% після трьох циклів і майже на 34% після семи циклів обробки. Це можна пояснити поступовим збільшенням ступеня руйнування структурного каркасу в утворених дисперсних системах і зменшення кількості міцних форм зв'язку вологи в результаті гомогенізації дослідних зразків. При посиленні інтенсивності впливу механізмів ДІВЕ за рахунок подовження тривалості гідромеханічної обробки і збільшення циклічності до 7 циклів обробки в РПА система переходить з макрөгетерогенного в мікрөгетерогенний колоїдний стан. Найменші значення динамічної в'язкості характерні для дисперсних систем

отриманих в результаті п'яти і семи циклів диспергування при температурах дослідження 40 °С і 60 °С. Обраний метод обробки для одержання пюре з гарбуза за допомогою використання механізмів ДІВЕ показав свою ефективність, але для покращення умов транспортування овочевої маси у відповідності до апаратних особливостей технологічного потоку необхідне додаткове регулювання властивостей дисперсної системи і зниження показників динамічної в'язкості за рахунок використання додаткових факторів впливу.

Важливим показником якості рідкої гетерогенної дисперсної системи є її стійкість і стабільність під час зберігання. У виробничих умовах промислових підприємств часто виникає необхідність тимчасового зберігання сировини і напівфабрикатів перед подальшою переробкою. Під час зберігання властивості отриманого напівфабрикату можуть суттєво змінюватись. Це має бути враховано при виборі відповідного обладнання для передачі трубопроводами. З метою визначення зміни показників в'язкості дослідних зразків гарбузового пюре після їх витримання до 48 год. в охолодженому стані при температурі 4 ± 1 °С були проведені відповідні дослідження. Результати досліджень динамічної в'язкості в зоні гранично зруйнованої структури при кутовій швидкості $5,23 \text{ с}^{-1}$ представлені на рис. 2. Результати наведені для зразків отриманих в результаті п'яти і семи циклів обробки дисперсних систем в РПА при температурі досліджень 40 ± 2 °С для максимального наближення до параметрів руху потоку рідини у трубопроводах і вузлах установок для розпилювального сушіння.

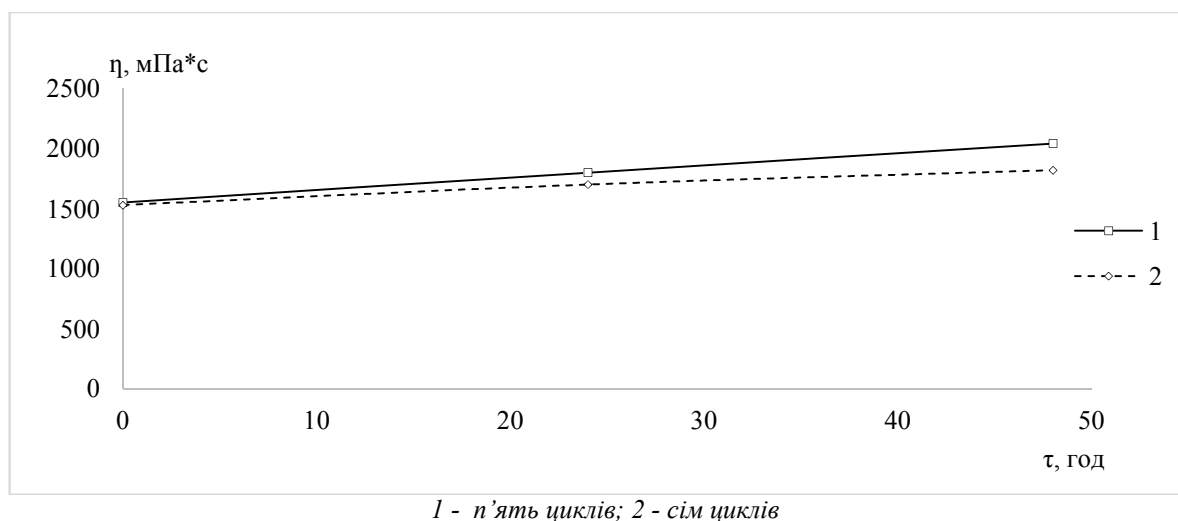


Рис. 2 – Залежність ефективної в'язкості від тривалості витримання дослідних зразків гарбузового пюре отриманих в результаті обробки в РПА

Отримані результати (рис.2) показали, що вибрані дослідні зразки утворені під дією інтенсивного багатофакторного гідромеханічного впливу ДІВЕ характеризуються все ще досить високими значеннями ефективної в'язкості в зоні гранично зруйнованої структури – 1550-1650 мПа·с. Збільшення ступеня дисперсності матеріалу і збільшення питомої площі поверхні частинок призводить до зростання надлишку вільної поверхневої енергії і збільшення термодинамічної нестабільності. У стані спокою при витриманні в таких системах відбувається їх стабілізація із укрупненням частинок дисперсної фази шляхом об'єднання атомів або молекул між собою під дією ван-дер-ваальсових сил без витрати енергії ззовні. В наслідок проходження цих процесів відбувається зміна структурно-механічних властивостей. Цим можна пояснити збільшення в'язкості дослідних зразків гарбузового пюре в процесі витримання. Дослідження зразків після 24 год. витримання показали, що їх в'язкість в зоні гранично зруйнованої структури збільшилась на 11-16%, а через 48 год. відповідне значення в'язкості збільшилось вже на 19-32% від початкового, що може свідчити про здатність молекул до утворення асоціатів для зниження значень надлишкової вільної енергії. Загалом, в результаті витримання обох зразків розділення фаз не спостерігалось, що свідчить про високу міцність міжмолекулярних зв'язків і стійкість утвореної в результаті гомогенізації структури.

Висновки. Дослідні зразки гарбузового пюре за реологічною поведінкою відносяться до неньютонівських псевдопластичних матеріалів, в яких значення в'язкості непропорційно знижуються із збільшенням швидкості зсуву. Короткочасна обробка зразків впродовж 1 циклу в РПА призводить до утворення системи з досить стійким структурним каркасом, міцними міжмолекулярними зв'язками і високими значеннями ефективної в'язкості – від 21000 мПа·с до 25 000 мПа·с для різних температур в зоні практично незруйнованої структури. Це можна пояснити високим вмістом жорстких ланцюгів харчових волокон (целюлози, геміцелюлози, пектинів) гарбузового пюре, які частково залишились незруйнованими. Під дією інтенсивного гідромеханічного впливу при диспергуванні методом ДІВЕ для отримання гарбузового пюре лінійні волокна клітин клітковини і інших речовин подрібнюються і утворюють нові міжмолекулярні структури із новими фізико-хімічними і фізико-механічними формами зв'язків. Найменші значення динамічної в'язкості харак-

терні для дисперсних систем отриманих в результаті п'яти і семи циклів диспергування при температурах дослідження 40 °C і 60 °C.

Збільшення ступеня дисперсності матеріалу і збільшення питомої площі поверхні частинок призводить до зростання надлишку вільної поверхневої енергії і збільшення термодинамічної нестабільності, що у стані спокою при витримуванні призводить до стабілізації системи із укрупненням частинок дисперсної фази і незначного підвищення динамічної в'язкості.

Загалом, обраний метод обробки за допомогою використання механізмів ДІВЕ показав свою високу ефективність для одержання пюре з гарбуза.

References

1. UNIDO. (n.d.). Small-scale fruit and vegetable processing and products [Electronic resource]. Retrieved from [https://www.unido.org/sites/default/files/2009-05/Small_scale_fruit_and_vegetable_processing_and_products_0.pdf] (accessed July 4, 2024).
2. Hui, Y. H. (Ed.). (2006). *Handbook of fruits and fruit processing* (1st ed.). Blackwell Publishing Professional.
3. UKAB. (n.d.). Infografika: rynek harbuziv v Ukraini [Infographic: The pumpkin market in Ukraine] [Electronic resource]. Retrieved from [https://ucab.ua/ua/pres_sluzhba/novosti/infografika_rinok_garbuziv_v_ukraini] (accessed July 4, 2024).
4. Kim, J., Park, D., Yoon, S., Lee, S., Kim, H., Song, S., Lee, M., & Lee, Y. (2012). Beneficial effects of kimchi on glycemic control in patients with type 2 diabetes mellitus. *Nutrition Research and Practice*, 6(1), 21-26. https://doi.org/10.4162/nrp.2012.6.1.21.
5. Ammar, A. S. M., El-Hady, E.-S.-A.-A., & El-Razik, M. M. A. (2014). Quality characteristics of low-fat meatballs as affected by date seed powder, wheat germ, and pumpkin flour addition. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 24, 175-185.
6. Aziz, A., Noreen, S., Khalid, W., et al. (2023). Pumpkin and pumpkin byproducts: Phytochemical constituents, food application and health benefits. *ACS Omega*, 8(26), 23346-23357. https://doi.org/10.1021/acsomega.3c02176.
7. Farzana, T., Abedin, M. J., Abdullah, A. T. M., & Reaz, A. H. (2023). Exploring the impact of pumpkin and sweet potato enrichment on the nutritional profile and antioxidant capacity of noodles. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100849. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100849.
8. Verma, A. K., Banerjee, R., & Sharma, B. D. (2015). Quality characteristics of low-fat chicken nuggets: Effect of salt substitute blend and pea hull flour. *Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 2288-2295. https://doi.org/10.1007/s13197-013-1218-1.
9. El-Dardiry, A., Abdelazez, A., El-Rhmany, A., & Kadoum, L. (2022). Functional dairy beverages production using certain dairy byproducts enriched with pumpkin (*Cucurbita Maxima* L.) pulp. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 11(2), 563-573.
10. Sharkova, N. O., Avdieieva, L. Yu., & Lopatin, O. O. (2006). Ustatkuvannya kharchovykh produktiv dlya vyrobnytstva pastopodibnykh. *Naukovi pratsi Odes'koyi natsional'noyi akademiyi kharchovykh tekhnolohiy*, 28(2), 74-75.
11. Ertugay, M. F., & Başlar, M. (2014). The effect of ultrasonic treatments on cloudy quality-related quality parameters in apple juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 26, 226-231. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.06.013.
12. Pingret, D., Fabiano-Tixier, A.-S., & Chemat, F. (2013). Degradation during application of ultrasound in food processing: A review. *Food Control*, 31(2), 593-606. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.11.039.
13. Chemat, F., Zill-e-Huma, & Khan, M. K. (2011). Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(4), 813-835. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2010.11.023.
14. Dolinskyi, A. A., & Ivanytskyi, H. K. (2008). *Teplomasoobmen i hidrodynamika v parozhydkostnykh dyspersnykh sredakh*. Kyiv: Naukova dumka.
15. Dolinskyi, A. A., Avdieieva, L. Yu., & Makarenko, A. A. (2020). *Kavitatsiyni tekhnolohiyi dlya vyrobnytstva nanopreparativ*. Kyiv: Naukova dumka.
16. Avdieieva, L., Makarenko, A., Turchyna, T., Dekusha, H., & Kozak, M. (2023). Cavitation technology for intensification of plant raw materials extraction. *Food Science and Technology*, 17(1), 38-50. https://doi.org/10.15673/fst.v17i1.2559.
17. Evageliou, V., Ptitckina, N. M., & Morris, E. R. (2005). Solution viscosity and structural modification of pumpkin biopectin. *Food Hydrocolloids*, 19(6), 1032-1036. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.01.004.
18. Bekele, D. W., & Emire, S. A. (2023). Effects of pre-drying treatment and particle sizes on physicochemical and structural properties of pumpkin flour. *Heliyon*, 9(11), e21609. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21609.
19. Janowicz, M., Kadzińska, J., Ciurzyńska, A., Szulc, K., Galus, S., Karwacka, M., & Nowacka, M. (2023). The structure-forming potential of selected polysaccharides and protein hydrocolloids in shaping the properties of composite films using pumpkin purée. *Applied Sciences*, 13, 6959. https://doi.org/10.3390/app13126959.

THE INFLUENCE OF THE HOMOGENIZATION PROCESS ON THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF PUMPKIN PUREE

Avdieieva L.Yu., Dr. Sci. (Engin.), s.r.s, Makarenko A.A., PhD (Engin.),
Turchyna T.Ya., PhD (Engin.), s.r.s., Dekusha H.V., PhD (Engin.), s.r.
Institute of Engineering Thermophysics of Ukraine National Academy of Sciences, Kyiv

Abstract. Fruit and vegetable products are valuable food raw materials with high biological value. A significant disadvantage is the seasonality and high susceptibility of fruit and vegetable raw materials to spoilage, which requires the use of special technologies and equipment for their processing. One of the proven methods for intensifying hydromechanical processes in dispersed systems while reducing unproductive energy consumption is the use of equipment that implements the principle of discrete-pulse energy input (DPEI). To increase the dispersity of the solid phase of the experimental system when obtaining pumpkin puree, homogenization of the samples was used in a flow-type cylindrical RPA with a gradual increase in hydromechanical impact by increasing the processing cycles. The dependence of the dynamic viscosity of pumpkin puree on the duration of hydromechanical impact was established. Studies have shown that with a decrease in dispersity as a result of prolonged hydromechanical treatment during the dispersion of pumpkin puree, the dynamic viscosity values decrease. At the same time, the homogeneity and uniformity of the distribution of the dispersed phase throughout the entire volume of the suspension increase. With an increase in temperature, the viscosity of all experimental dispersed systems decreases, which can be explained by a decrease in the energy of intermolecular interactions that hinder the movement of molecules. In a state of rest, when the system is held for 24 hours or more, the excess free surface energy of high-dispersity particles leads to the stabilization of the system with an increase in the size of the dispersed phase particles and a slight increase in dynamic viscosity. The conducted studies of rheological properties have proven that the treatment method using DPEI mechanisms is effective for obtaining homogeneous and stable pumpkin puree during storage.

Keywords: homogenization, rheology, pumpkin puree, rotary-pulsation apparatus, discrete-pulse energy input

Список використаної літератури

1. Small-scale fruit and vegetable processing and products [Електронний ресурс] / UNIDO. – Режим доступу: [https://www.unido.org/sites/default/files/2009-05/Small_scale_fruit_and_vegetable_processing_and_products_0.pdf] (дата звернення: 04.07.2024)
2. Handbook of Fruits and Fruit Processing / editor, Y.H. Hui; associate editors, J 'ozsef Barta .[et al.]. 1st ed. Blackwell Publishing Professional, USA. 2006. 697 p.
3. Інфографіка: ринок гарбузів в Україні [Електронний ресурс] / УКАБ. – Режим доступу: [https://ucab.ua/ua/pres_sluzhba/novosti/infografika_rinok_garbuziv_v_ukraini]. (дата звернення: 04.07.2024)
4. J. Kim, D. Park, S. Yoon, S. Lee, H. Kim, S. Song, M. Lee, and Y. Lee, "Beneficial Effects of Kimchi on Glycemic Control in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus," Nutrition Research and Practice, vol. 6, no. 1, pp. 21-26, 2012. doi:10.4162/nrp.2012.6.1.21.
5. Ammar A. S. M., El-Hady E.-S.-A.-A., El-Razik M. M. A. Quality characteristics of low-fat meatballs as affected by date seed powder, wheat germ, and pumpkin flour addition // Pakistan Journal of Food Sciences. 2014. Vol. 24. P. 175–185.
6. Aziz A., Noreen S., Khalid W., et al. Pumpkin and Pumpkin Byproducts: Phytochemical Constitutes, Food Application and Health Benefits // ACS Omega. 2023. Vol. 8, No. 26. P. 23346-23357. https://doi.org/10.1021/acsomega.3c02176.
7. Farzana T., Abedin M. J., Abdullah A. T. M., Reaz A. H. Exploring the impact of pumpkin and sweet potato enrichment on the nutritional profile and antioxidant capacity of noodles // Journal of Agriculture and Food Research. 2023. Vol. 14. P. 100849. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100849.
8. Verma A. K., Banerjee R., Sharma B. D. Quality characteristics of low-fat chicken nuggets: effect of salt substitute blend and pea hull flour // Journal of Food Science and Technology. 2015. Vol. 52, No. 4. P. 2288–2295. DOI: 10.1007/s13197-013-1218-1.
9. El-Dardiry A., Abdelazez A., El-Rhmany A., Kadoum L. Functional Dairy Beverages Production Using Certain Dairy Byproducts Enriched With Pumpkin (Cucurbita Maxima L.) Pulp // Middle East Journal of Agriculture Research. 2022. Vol. 11, No. 02. P. 563–573.
10. Шаркова Н.О., Авдеева Л.Ю., Лопатін О.О. Устаткування харчових продуктів для виробництва пасто-подібних. Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. Одеса: 2006. Вип. 28. Т. 2. С. 74-75.
11. Ertugay M.F., Başlar M. The effect of ultrasonic treatments on cloudy quality-related quality parameters in apple juice, Innovative Food Science & Emerging Technologies, Vol. 26, 2014, P. 226-231. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.06.013>.

12. Pingret D., Fabiano-Tixier A-S., Chemat F Degradation during application of ultrasound in food processing: A review, *Food Control*, Vol. 31, Is. 2, 2013, P. 593-606. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.11.039>.
13. Chemat F., Zill-e-Huma, Khan M.K. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction, *Ultrasonics Sonochemistry*, Vol. 18, Is. 4, 2011, P. 813-835. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2010.11.023>.
14. Долинський А. А., Іваницький Г. К. Тепломасообмен и гидродинамика в парожидкостных дисперсных средах. Київ: Наукова думка, 2008, 382 с.
15. Долінський А.А., Авдєєва Л.Ю., Макаренко А.А. Кавітаційні технології для виробництва нанопрепаратів. Київ: Наук. Думка. 2020, 112 с.
16. Avdieieva L., Makarenko A., Turchyna T., Dekusha H., Kozak M. Cavitation technology for intensification of plant raw materials extraction. *Food science and technology*. 2023. Vol. 17, Is. 1. P. 38-50 <https://doi.org/10.15673/fst.v17i1.2559>
17. Evageliou, V., Ptitchkina, N. M., & Morris, E. R. . Solution viscosity and structural modification of pumpkin biopectin. *Food Hydrocolloids*, 2005. 19(6), 1032-1036. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.01.004>
18. Bekele, D. W., & Emire, S. A. . Effects of pre-drying treatment and particle sizes on physicochemical and structural properties of pumpkin flour. *Heliyon*, 2023. 9(11), e21609. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21609>
19. Janowicz, M., Kadzińska, J., Ciurzyńska, A., Szulc, K., Galus, S., Karwacka, M., & Nowacka, M. The Structure-Forming Potential of Selected Polysaccharides and Protein Hydrocolloids in Shaping the Properties of Composite Films Using Pumpkin Purée. *Appl. Sci.*, 2023. 13, 6959. <https://doi.org/10.3390/app13126959>

Отримано в редакцію 09.07.2024
Прийнято до друку 25.09.2024

Received 09.07.2024
Approved 25.09.2024