

Shanina, O. M., Havrysh, T. V., & Borovikova, N. O. (2023). The effect of polysaccharide and protein additives on the surface tension index of gluten-free dough. *Actual Issues of Modern Science. European Scientific e-Journal*, 26, 36-42. Ostrava: Tuculart Edition, European Institute for Innovation Development. (In Ukrainian)
Шаніна, О. М., Гавриш, Т. В., Боровікова, Н. О. (2023). Вплив полісахаридних та білкових добавок на показник поверхневого натягу безглютенового тіста. *Actual Issues of Modern Science. European Scientific e-Journal*, 26, 36-42. Ostrava: Tuculart Edition, European Institute for Innovation Development.

DOI: 10.47451/inn2023-11-01

The paper is published in Crossref, ICI Copernicus, BASE, Zenodo, OpenAIRE, LORY, Academic Resource Index ResearchBib, J-Gate, ISI International Scientific Indexing, ADL, JournalsPedia, Scilit, EBSCO, Mendeley, and WebArchive databases.



Olha M. Shanina, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Bread and Confectionery Technology, State Biotechnology University. Kharkiv, Ukraine.
ORCID 0000-0003-2465-1257

Tetiana V. Havrysh, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Bread and Confectionery Technology, State Biotechnology University. Kharkiv, Ukraine.
ORCID 0000-0002-5461-8442

Nataliya O. Borovikova, senior lecturer at the Department of Bread and Confectionery Technology, State Biotechnology University. Kharkiv, Ukraine.
ORCID 0000-0001-5832-2211

The effect of polysaccharide and protein additives on the surface tension index of gluten-free dough

Abstract: Recently, the problem of intolerance to the protein of cereals – gluten – has become more and more urgent. There is a trend towards an increase in the number of people with gluten disease and people with gluten allergies. Two main problems remain unresolved – achieving a structure that is not inferior to wheat flour products and increasing nutritional value. One of the properties that affect the organoleptic characteristics of bread is its shape stability, which can be determined by the surface tension index using the recumbent drop method. The article presents information on determining the surface tension of gluten-free dough by the lying drop method. The study object was gluten-free dough. The study subject was the rheological properties of the dough. The study purpose was to determine the dimensional stability of a drop of gluten-free dough. To analyze surface phenomena at the phase interface (gas-liquid-solid), the authors used a method based on measuring the surface tension of this interface. This method allows us to obtain reliable data under the condition of constant temperature, system volume, and chemical potentials of all components in both phases. It was found that the surface-active properties of water-flour suspensions depend on the type of flour and structure-forming additives, as well as on the time of dough proofing.

Key words: gluten-free flour, lying drop method, surface tension, water-flour suspension.



Ольга Миколаївна Шаніна, доктор технічних наук, професор кафедри технології хлібопродукті ві кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет. Харків, Україна.
ORCID 0000-0003-2465-1257

Тетяна Володимирівна Гавриш, кандидат технічних наук, завідувач кафедри технології хлібопродукті ві кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет. Харків, Україна.
ORCID 0000-0002-5461-8442

Наталія Олексіївна Боровікова, старший викладач кафедри технології хлібопродукті ві кондитерських виробів, Державний біотехнологічний університет. Харків, Україна.
ORCID 0000-0001-5832-2211

Вплив полісахаридних та білкових добавок на показник поверхневого натягу безглютенового тіста

Анотація: Останнім часом все більш актуальною є проблема непереносимості білка злакових культур – глютену. Спостерігається тенденція підвищення кількості людей, хворих на целиацію, та тих, що мають алергію на глютен. Залишаються невирішеними дві основні проблеми - досягнення структури, що не поступається виробам з пшеничного борошна та підвищення харчової цінності. Однією із властивостей, що впливає на органолептичні показники хліба є його формостійкість, який можна визначити за показником поверхневого натягу методом лежачої краплі. У статті представлено інформацію щодо визначення поверхневого натягу безглютенового тіста методом лежачої краплі. Об'єкт дослідження – безглютенове тісто. Предмет дослідження – реологічні властивості тіста. Метою дослідження є визначення формостійкості краплі безглютенового тіста. Для аналізу поверхневих явищ на інтерфейсі фаз (газ-рідина-тверде тіло) автори використовували метод, що базується на вимірюванні поверхневого натягу цього інтерфейсу. Цей метод дозволяє отримати достовірні дані за умови постійної температури, об'єму системи та хімічних потенціалів всіх компонентів у обох фазах. З'ясовано, що поверхнево-активні властивості водно-борошняних суспензій залежать від виду борошна та добавок структуроутворювачів, а також від часу вистоювання тіста.

Ключові слова: безглютенове борошно, метод лежачої краплі, поверхневий натяг, водно-борошняна суспензія.



Вступ

Актуальність теми дослідження. Останнім часом все більш актуальною є проблема непереносимості білка злакових культур – глютену. Спостерігається тенденція підвищення кількості людей, хворих на целиацію, та тих, що мають алергію на глютен. Наразі в Україні розроблено широкий асортимент безглютенової продукції, проте, залишаються невирішеними дві основні проблеми – досягнення структури, що не поступається виробам з пшеничного борошна та підвищення харчової цінності. Однією із властивостей, що впливає на органолептичні показники хліба є його формостійкість, який можна визначити за показником поверхневого натягу методом лежачої краплі.

Об'єкт дослідження – безглютенове тісто.

Предмет дослідження – реологічні властивості тіста.

Метою дослідження є визначення формостійкості краплі безглютенового тіста.

Виходячи з поставленої мети дослідження, були розроблені наступні завдання:

- систематизувати теоретичну інформацію в галузі сучасних технологій виробництва та асортименту безглютенових продуктів. Провести комплекс аналітично-пошукових робіт для обґрунтування перспектив виробництва безглютенового рисового хліба;
- дослідити поверхнево-активні властивості водно-борошняної суспензії.

Для аналізу поверхневих явищ на інтерфейсі фаз (газ-рідина-тверде тіло) ми використовували метод, що базується на вимірюванні поверхневого натягу цього інтерфейсу. Цей метод дозволяє отримати достовірні дані за умови постійної температури, об'єму системи та хімічних потенціалів всіх компонентів у обох фазах.

Під час тістоутворення відбуваються складні фізико-хімічні та біохімічні процеси, інтенсивність яких регулюється рецептурним складом тіста, властивостями сировини та

технологічними параметрами її обробки. Все це дозволяє отримувати тісто із заданими пружно-пластично-в'язкими властивостями (Пушмина, 2010).

Тісто утворюється внаслідок складних фізико-хімічних, колоїдних, біохімічних, мікробіологічних процесів що відбуваються під дією води і ферментів під час перемішування компонентів тіста. Внаслідок фізико-хімічних процесів відбувається змішування компонентів, їх змочування, а в подальшому - пластифікація тістової маси.

Доведено, що важливу роль в утворенні структури тіста відіграють білкові речовини, які за наявності води набрякають. Альбумінова і глобулінова фракція білків розчиняється. Основною відмінністю безглютенового тіста є відсутність процесу обмеженого набрякання гліадинової та глютенінової фракцій, характерних для пшеничного тіста, що утворюють основну масу клейковини (Сафонова, 2007; Холодова, 2011; Singh & Singh, 2013; Suyong Lee, 2013).

Суттєву роль у гідратації білкових молекул відіграє іонна та молекулярна адсорбції, зумовлені наявністю в білках полярних груп. При цьому вільні полярні групи забезпечують іонну адсорбцію, а зв'язані – молекулярну. Адсорбційно зв'язана вода утримується молекулярними силами біля поверхні колоїдних частинок. Вільні полярні групи білка в розчинах дисоціюють на іони, набувають заряду, навколо якого орієнтуються диполі води. Гідратація білкової молекули в цьому випадку обумовлена іонною адсорбцією. Величина молекулярної адсорбції є постійною для кожного білка, а іонна – залежить від рН-середовища (Іванова, 2004; Аслюк, 2009; Rascio, 2005; Паливода, 2010).

Адсорбційна вода зв'язується полярними групами білка внаслідок елек-тростатичного тяжіння та завдяки водневим зв'язкам. Різні полярні групи здатні утримувати біля себе різну кількість диполів води: пептидна – два, гідроксильна та амінна – по три, карбоксильна – чотири (Аслюк, 2009; Rascio, 2005).

В технології безглютенового хліба на основі рисового та кукурудзяного борошна значну роль у зв'язуванні води в тісті відіграють некрохмальні полісахариди, оскільки борошняна сировина для даних виробів містить значну кількість оболонки. Геміцелюлози, набрякаючи і зв'язуючи велику кількість води, беруть активну участь у формуванні структури тіста (Паливода, 2010). При недостатній вологості вони перешкоджають набряканню білків і крохмалю, погіршуючи структуру тіста.

Насьогодні підтримується думка, що стан вологи відіграє провідну роль в процесі формування тіста (Wang et al., 2010). Збільшення кількості вологи в тісті призводить до збільшення товщини сольватних оболонки, що оточують частинки борошна в ущільненому тісті та до зниження його когезійної міцності. Внаслідок цього зі збільшенням кількості вологи зростає в'язкість тіста, збільшується його пластичність, а також текучість.

Крім того, суттєву роль у зв'язуванні води відіграють пентозани. Ці сполуки зв'язують воду осмотично. Водорозчинні пентозани в тісті утворюють розчини, в'язкість яких значно перевищує в'язкість білкових розчинів тієї ж концентрації. Водорозчинні пентозани поглинають у 15, а нерозчинні – в 10 разів більше води по відношенню до їх маси. Завдяки цьому вони значно підвищують водопоглинальну здатність тіста, зміцнюють його консистенцію.

Виклад основного матеріалу

Для визначення поверхневих властивостей тіста було обрано метод лежачої краплі (Горелов та Франчук, 2003).

Діаметр краплі (у декількох повторностях) дорівнював 6 ± 1 мм; це гарантує, що крайовий кут не буде залежати від діаметра. Оскільки відомо, що в разі дуже малих крапельок значним є вплив поверхневого натягу самої рідини (тенденція до формування сферичної краплі), а в разі великих крапель починають домінувати сили гравітації. За цим методом вимірювали кут між твердою поверхнею і рідиною в точці контакту трьох фаз. Додатково застосовували графічний метод визначення формостійкості краплі – через співвідношення висоти краплі до її діаметру (по аналогії з формостійкістю подового хліба).

Результати обробки експерименту наведено в додатку (*Рисунок 1; Рисунок 2; Рисунок 3; Рисунок 4*).

При дослідженні водно-борошняних суспензій на основі рисового борошна нами встановлено. За додавання желатину (*Рисунок 1*) до 1% до маси борошна спостерігається поступове зниження формостійкості крапель – від 26,2 до 24. Припускаємо, що зменшення поверхневого натягу крапель відбувається внаслідок поверхневої активності розчину желатину. Проте, за введення 1% желатину встановлено підвищення показника формостійкості (до 24,7), що може бути пояснено виявленням драглеутворювальної здатності желатину.

За додавання агару вказані тенденції виявляються більш яскраво (*Рисунок 3; Рисунок 4*). Зростання формостійкості відбувається дуже помітно, і навіть перевищує показник контрольного зразка без агару. Очевидно, драглеутворювальна здатність агару виявляється більш потужно порівняно з желатином.

Аналогічні залежності відмічаються за сумісного використання добавок – формостійкість крапель помітно зростає (*Рисунок 5; Рисунок 6*). Максимальний ефект від додавання добавок яскраво виявляється після витримання суспензій протягом 1 години.

Для порівняння досліджували водно-борошняні суспензії на основі пшеничного борошна. Результати експерименту показано в додатку (*Рисунок 7*), а результати їхньої обробки (*Рисунок 8*).

Нами підтверджено вищеописані тенденції щодо впливу витримки на зниження показника формостійкості краплі внаслідок переходу водорозчинних речовин борошна у розчин, що сприяє зниженню поверхневого натягу води. Збільшення частки борошна сприяє більшому переходу таких речовин у розчин.

Порівнюючи формостійкість крапель водно-борошняних суспензій з використанням різних видів борошняної сировини (*Рисунок 9*), можна відмітити наступне.

Використання пшеничного борошна порівняно з кукурудзяним сприяє більш яскравому виявленню поверхнево-активних властивостей суспензії, оскільки формостійкість крапель водно-пшеничних суспензій є нижчою приблизно на 30% порівняно з кукурудзяним борошном.

Обговорення

Даними дослідженнями встановлено доцільність застосування поліпшувачів білкової та полісахаридної природи для забезпечення щільної структури тіста. При їх внесенні спостерігається зниження незворотної відносної деформації на 36...68% та підвищення пластичності тіста. При цьому дещо знижується відносна еластичність – на 17...28% та збільшується відносна пружність у 2...6 разів. Формостійкість крапель при визначенні

поверхневого натягу зростає, як при використанні поліпшувачів в самостійному вигляді, так і при сумісному їх використанні.

Висновок

Таким чином дослідження показують, що перспективним напрямком підвищення якості безглютенового хліба є використання структуроутворювачів білкового та полісахаридного походження з метою поліпшення структурно-механічних властивостей кінцевого продукту. Визначено раціональний склад поліпшувачів для виробництва безглютенового рисового тіста. Запропонована кількість поліпшувачів наступна: желатин 1,5% до маси борошна; агар 0,01%; суміш желатину та агару 1,5% та 0,01%. Це дозволяє отримати хліб з добрими смаковими властивостями та покращеною структурою.



Список джерел інформації:

- Горелов, В. О., Дранчук, М. М. (2003). Вимірювання поверхневого натягу чистих рідин і розчинів методом лежачої краплі. *Методи та прилади контролю якості*, 10, с. 31-35. [Gorelov, V. O., & Dranchuk, M. M. (2003). Measurement of the surface tension of pure liquids and solutions by the lying drop method. *Methods and Devices of Quality Control*, 10, 31-35]
- Иванова, Т. Н. (2004). *Товароведение и экспертиза зерномучных товаров : учебник для студентов высших учебных заведений*. Москва: Издательский Центр “Академия”. [Ivanova, T. N. (2004). *Commodity science and expertise of grain products: Textbook for students of higher educational institutions*. Moscow: Publishing Center “Academy”]
- Лисюк, Г. М. (ред.). (2009). *Технологія борошняних кондитерських і хлібобулочних виробів: Навчальний посібник*. Суми: ВТД “Університетська книга”. [Lysyuk, G. M. (Ed.). (2009). *Technology of flour confectionery and bakery products: Textbook*. Sumy: VTD “University Book”]
- Паливода, С. Д. (2010). *Удосконалення технології макаронних та хлібних виробів використанням харчових добавок структуроутворювальної дії* (Дисертація кандидата технічних наук: 05.18.01). Київ: Національний університет харчових технологій. [Palivoda, S. D. (2010). *Improvement of the technology of pasta and bread products using food additives of structure-forming action* [Dissertation of the Candidate of Technical Sciences]. Kyiv: National University of Food Technologies]
- Пушмина, И. Н. (2010). *Формирование качества и потребительских свойств функциональных хлебобулочных изделий с использованием растительных добавок*. *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*, 11, с. 189-193. [Pushmina, I. N. (2010). Formation of the quality and consumer properties of functional bakery products using herbal additives. *Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, 11, 189-193]
- Сафонова, О. М. (2007). *Наукове обґрунтування та розроблення технологій борошняних кондитерських і хлібопекарських продуктів з використанням нетрадиційної борошняної сировини* (Дисертація доктора технічних наук: 05.18.01). Київ: Національний університет харчових технологій. [Safonova, O. M. (2007). *Scientific substantiation and development of technology of flour confectionery and bakery products using non-traditional flour raw materials* [Dissertation of the Doctor of Technical Sciences]. Kyiv: National University of Food Technologies]

- Холодова, О. А. (2011). Удосконалення технології озонування пшеничного борошна для виробництва хлібобулочних виробів (Дисертація кандидата технічних наук: 05.18.01). Київ: Національний університет харчових технологій. [Kholodova, O. A. (2011). Improvement of the technology of ozonation of wheat flour for the production of bakery products [Dissertation of the Candidate of Technical Sciences]. Kyiv: National University of Food Technologies]
- Rascio, A., Nicastro, G., Carlino, E., & Di Fonzo, N. (2005). Differences for bound water content as estimated by pressure – volume and adsorption isotherm curves. *Plant Science*, 169(2), 395-401.
- Singh, S., & Singh, N. (2013). Relationship between polymeric proteins and empirical dough rheology with dynamic rheology of dough and gluten from different wheat varieties. *Food Hydrocolloids*, 2(33), 342-348.
- Suyong Lee. (2013). Impulse viscoelastic characterization of wheat flour dough during fermentation. *Journal of Food Engineering*, 118(2), 266-270.
- Wang, M., Oudgenoeg, G., Ton van Vliet, & Hamer, R. J. (2003). Interaction of water unextractable solids with gluten protein: effect on dough properties and gluten quality. *Journal of Cereal Science*, 38(1), 95-104.

Appendix

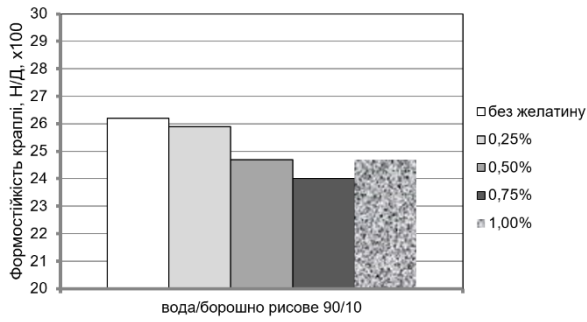


Рисунок 1. Формостійкість краплі водно-борошняної суспензії з рисового борошна за різної кількості желатину

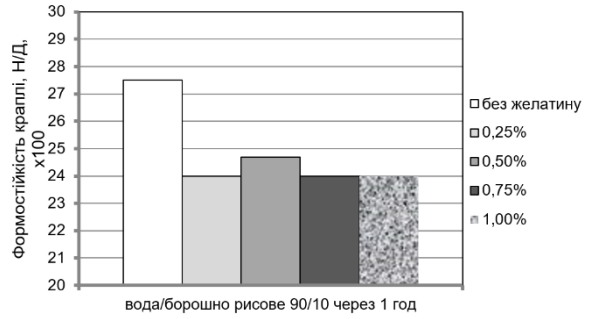


Рисунок 2. Формостійкість краплі водно-борошняної суспензії з рисового борошна за різної кількості желатину після 1 години витримки

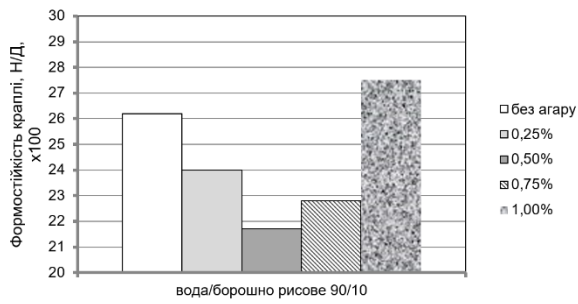


Рисунок 3. Формостійкість краплі водно-борошняної суспензії з рисового борошна за різної кількості агару

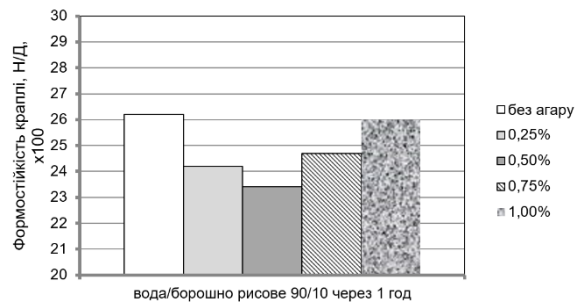


Рисунок 4. Формостійкість краплі водно-борошняної суспензії з рисового борошна за різної кількості агару через 1 годину витримки

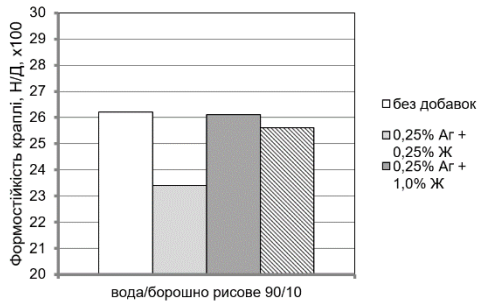


Рисунок 5. Формостійкість краплі водно-борошняної суспензії з рисового борошна за різної кількості добавок

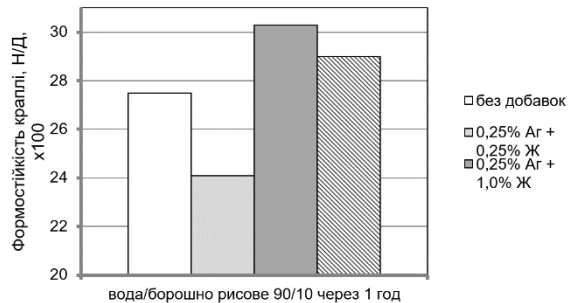


Рисунок 6. Формостійкість краплі водно-борошняної суспензії з рисового борошна за різної кількості добавок через 1 годину витримки

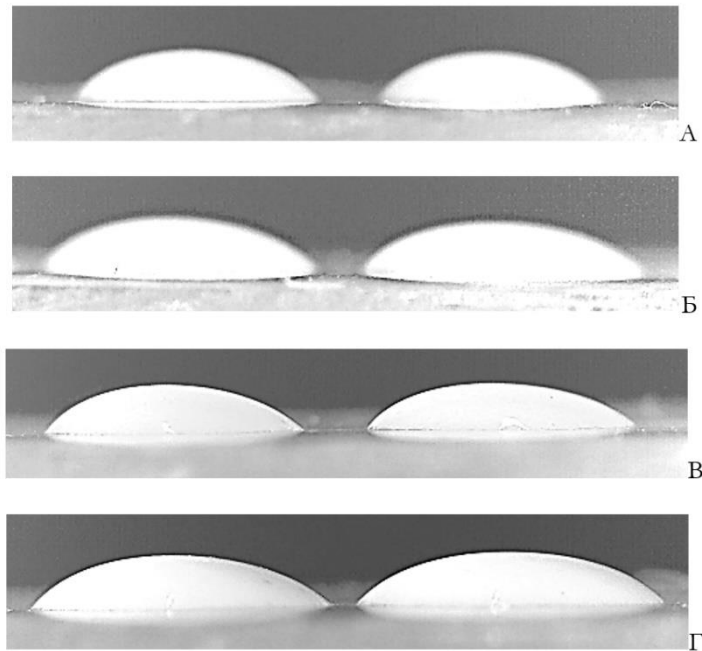


Рисунок 7. Зовнішній вигляд крапель водно-борошняних суспензій на основі пшеничного борошна за різного співвідношення: а) – 90/10; б) – 90/10 через 1 годину витримки; в) – 80/20; г) – 70/30

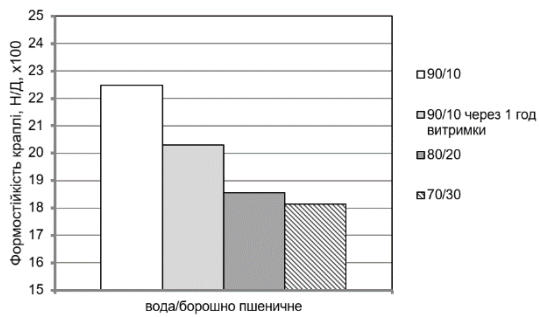


Рисунок 8. Формостійкість краплі водно-борошняної суспензії з пшеничного борошна за різного співвідношення та через 1 годину витримки

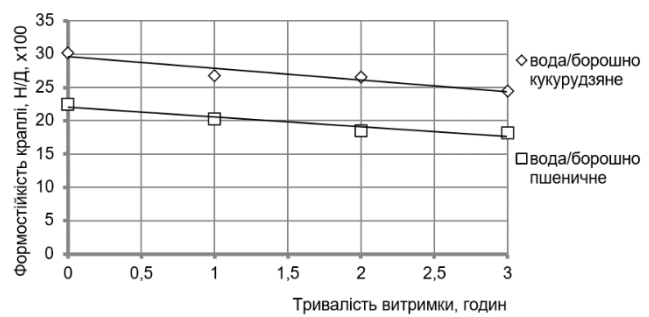


Рисунок 9. Залежність формостійкості крапель залежно від тривалості витримки водно-борошняних суспензій з кукурудзяного та пшеничного борошна