

УДК 664.682:641.56

А.М. Дорохович, д-р.техн.наук

О.В. Бабіч, асп.

О.М. Яременко, студ.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО БОРОШНА ТА ЙОГО ВПЛИВУ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТІСТА І ПЕЧИВА ДЛЯ ДІТЕЙ, ХВОРИХ НА ЦЕЛІАКІЮ

Розглянуто властивості безглютенового борошна (водопоглинальну здатність, в'язкість і температуру клейстеризації) та його вплив на структурно-механічні характеристики тіста і печива для хворих на целіакію (граничну напругу зсуву, загальну і пружну деформації та адгезію).

Ключові слова: целіакія, безглютенове борошно, водопоглинальна здатність, загальна і пружна деформації, гранична напруга зсуву, адгезія.

Екологічний та економічний стан України за останні роки значно погіршився, у зв'язку з чим різко збільшилась кількість людей, які страждають на різні захворювання: ендокринні, серцево-судинні, гастроентерологічні тощо. Особливо прикро, що хворіють діти. Трапляються різні патології — цукровий діабет, залізодефіцитна анемія, целіакія та ін. Целіакія, або глютеніна ентеропатія, — хронічне прогресуюче захворювання, що характеризується дифузійною атрофією слизової оболонки тонкого кишечника у осіб з генетично обумовленою непереносимістю глютену — рослинного білка, що міститься в злакових (пшениця, ячмінь, жито). Причина хвороби — брак або недостатнє продукування у клітинах кишечника ферментів (амінопептидази, гліадиінамінопептидази), які потрібні для дезамінування гліадину. Тому для людей, які страждають на цю недугу, а в основному це діти, потрібно розробляти кондитерські вироби, в яких традиційне пшеничне борошно замінюється би па дозволені види борошна інших культур [1]. В Україні офіційної статистики стосовно кількості хворих на целіакію не існує, але медики стверджують, що в останні роки спостерігається стійка тенденція збільшення кількості таких хворих не тільки в Україні, а й у різних країнах світу. З 24 лютого по 01 березня 2002 року в столиці Таїланду Банкоку відбувся Всесвітній конгрес гастроентерологів. У його роботі взяли участь близько 10 тисяч гастроентерологів з багатьох країн світу, зокрема 11 — з України. Всесвітній конгрес проходить раз на чотири роки і є, безумовно, найважливішою подією у світі медицини. Питанням удосконалення діагностики целіакії (глютеніна ентеропатії) було присвячено окреме засідання.

Целіакія посідає значне місце в усьому світі. За кордоном розроблено спеціальні програми, організовано гуртки порад батькам, діти яких хворі на цю недугу, та розповсюджено спеціалізовані кондитерські вироби широкого асортименту. В Україні не лише програм і гуртків немає, а взагалі кондитерська галузь такі вироби не виробляє. Тому перед нами постало завдання розробити вироби для хворих на целіакію з використанням замість пшеничного борошна борошна кукурудзи, гречки, рису та різних цукрів — глюкози, цукрози, фруктози. Такий вибір цукрів

Ін агаїіе ехатіпаїіоп діезїіоп ої скагасіегаїїісіс о/ §1uіеп-їгее {louг (юаїег уріаке аЫШу, uізсозїіу, ап<1 іетрегаїігее деїаїїігаїїіоп) апсі кїз іп?1uіепсе іо зігсісїагаїїу-тескапїсаї саїаа скагасіегаїїісіс <іоu§к апсі Ызсуїї іог іїї сеїїас сіїзеазе (діuіеп епїегораїку, рееззїгее lїmїї зкеаг, §еpegal апсі гееїїїепсе сіе^огтаїїоп апсі асікезїоп)

Key u)ogї: сеїїас сіїзеазе (діuіеп епїегораїку), Ёluіеп-/гее кїпсі ої ?louг, юаїег уріаке аЫШу, §еpegal апсі гееїїїепсе сіеїогтаїїоп, рееззїгее lїmїї зкеаг, асікезїоп.

зумовлений тим, що глюкоза краще засвоюється організмом і рекомендується для дитячого харчування. Є багато дітей, які хворіють на цукровий діабет. Цукроза протипоказана таким хворим, тоді як фруктоза, яка для засвоєння не потребує гормону інсуліну, рекомендована для хворих на цукровий діабет. Отже, для того щоб замінити пшеничне борошно на борошно безглютенових видів, доцільно визначити фізико-хімічні властивості, харчову, біологічну, енергетичну цінність борошна безглютенових видів і провести порівняльний аналіз з пшеничним борошном. Харчову цінність борошна визначали за інтегральним скором, біологічну — за амінокислотним скором, енергетичну — за енергетичними показниками білків, жирів і вуглеводів. Аналізом складу з'ясували, що гречане борошно багатше на білки та жири, що звичайно відображається на інтегральному скорі, тоді як кукурудзяне і рисове борошно трошки поступається зп вмістом білків і жирів порівняно*!! ппїоннчпм. Вуглеводна складова підрїїїн.тьоль ннаїачно. Йричано борошно також найкраще задовольняє добову потребу у кальції, магнії, фосфорі, залізі, цинку, йоді, так потрібному у харчуванні дитини. Вміст кальцію в борошні усіх видів дуже незначний, хоча він вкрай необхідний для організму, що розвивається. Тому при розробленні рецептурних композицій треба вводити сировину, багату на кальцій. Такою сировиною є, безумовно, молочні продукти. Вміст вітамінів у гречаному борошні найкраще задовольняє добову потребу порівняно з борошном інших видів, а інтегральний скор токоферолу навіть перевищує добову потребу. Перевагою кукурудзяного борошна є те, що до його складу входить Р-каротин, якого немає в пшеничному і рисовому борошні та міститься незначна кількість у гречаному борошні.

Дуже важлива збалансованість амінокислотного складу, тому для цього розраховано амінокислотний скор кукурудзяного, рисового, гречаного і пшеничного борошна, який показав, що обмежувальною амінокислотою є лізин. Його амінокислотний скор майже у 2 рази вищий у гречаного борошна порівняно з пшеничним. Білок гречки також переважає за такими амінокислотами, як метіонін+цистін, третонін, триптофан. Кукурудзяне борошно має вищий амінокислотний скор за лейцином та ізолейцином.

Амінокислотний скор фенілаланіну+тироzinу вище у борошна безглютенових видів.

Аналіз складу безглютенового борошна показав переваги його харчової, біологічної цінності відносно пшеничного борошна, однак велике значення для процесу тістоутворення має водопоглинальна здатність борошна. Тому методом центрифугування [2] була визначена водопоглинальна здатність пшеничного, кукурудзяного, гречаного, рисового борошна. Результати відображено в *табл. 1*.

Таблиця 1

В'язкість, температура клейстеризації клейстерів і водопоглинальна здатність борошна різних видів

| Борошно | Температура клейстеризації, °С | В'язкість, ум. од. | ВПЗ, % |
|-------------|--------------------------------|--------------------|--------|
| Пшеничне | 79 | 205 | 1,71 |
| Кукурудзяне | 80,5 | 760 | 2,11 |
| Рисове | 79 | 1060 | 3,4 |
| Гречане | 91 | 240 | 4,7 |

Встановлено, що найбільша водопоглинальна здатність у гречаного борошна, яка в 2,76 раза більша, ніж у пшеничного. Водопоглинальна здатність рисового і кукурудзяного борошна більша, ніж у пшеничного, в 2,0 та 1,23 раза відповідно. Це нам дає змогу прогнозувати зміцнення структури тіста з борошном безглютенових видів. З допомогою амліографа Брабендера визначено в'язкість і температуру клейстеризації пшеничного, кукурудзяного, рисового, гречаного борошна (*табл. 1*). З'ясувалося, що в'язкість безглютенових клейстерів вища за в'язкість пшеничного клейстера (кукурудзяного — в 3,7 раза, рисового в — 5,1 та гречаного в — 1,1 раза). Аналіз температури клейстеризації показав, що у борошна безглютенових видів вона вища (крім рисового) від температури клейстеризації пшеничного борошна. Отримані дані свідчать про те, що, ймовірно, внаслідок цього, для випікання печива з борошна безглютенових видів буде потребуватись більша кількість тепла.

Проведені дослідження показали переваги і недоліки борошна безглютенових видів, але треба було встановити, який саме вплив здійснюють безглютенові види борошна на структурно-механічні характеристики тіста. Для цього готували дванадцять моделей тістових мас, рецептури яких наведено в *табл. 2*. За еталон було обрано рецептуру здобного печива „Листики”.

Таблиця 2

Рецептурні композиції

| Сировина | Витрати сировини, г, на рецептуру | | | | | |
|---------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|
| | №1 | №2 | №3 | №4 | №5 | №6 |
| Борошно пшеничне | 100 | 100 | 100 | - | - | - |
| Борошно кукурудзяне | - | - | - | 100 | 100 | 100 |
| Цукрова пудра | 34,5 | - | - | 34,5 | - | - |
| Глюкоза | - | 34,5 | - | - | 34,5 | - |
| Фруктоза | - | - | 34,5 | - | - | 34,5 |
| Вершкове масло | 52,0 | 52,0 | 52,0 | 52,0 | 52,0 | 52,0 |
| Меланж | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 |
| Амоній | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Сода | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 |
| Ванілін | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |

Закінчення *табл. 2*

| Сировина | Витрати сировини, г, на рецептуру | | | | | |
|------------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|
| | №7 | №8 | №9 | №10 | №11 | №12 |
| Борошно рисове | 100 | 100 | 100 | - | - | - |
| Борошно гречане | - | - | - | 100 | 100 | 100 |
| Цукрова пудра | 34,5 | - | - | 34,5 | - | - |
| Глюкоза | - | 34,5 | - | - | 34,5 | - |
| Фруктоза | - | - | 34,5 | - | - | 34,5 |
| Сироватка суха молочна | 52,0 | 52,0 | 52,0 | 52,0 | 52,0 | 52,0 |
| Вершкове масло | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 |
| Меланж | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Амоній | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 |
| Сода | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Ванілін | 100 | 100 | 100 | - | - | - |

Як жирову складову брали вершкове масло, тому що тільки воно показано для споживання в дитячому харчуванні. Досліджували структурно-механічні характеристики дванадцяти моделей на автоматичному пенетрометрі, визначали загальну, пружну деформацію і напруження зсуву. На *рис. 1* зображено напруження зсуву тістових моделей з борошна різних видів і цукру. Так, дійсно, як і прогнозувалося, тісто з безглютеновим борошном має міцнішу структуру та більше напруження зсуву; найвищі ці показники у тісті з гречаним борошном.

Напруга зсуву тістових моделей з різних видів борошна та цукру

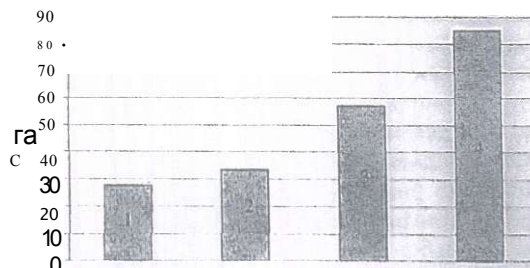


Рис. 1. Напруження зсуву тістових моделей з борошна різних видів і цукру: 1 — пшеничне; 2 — кукурудзяне; 3 — рисове; 4 — гречане

На *рис. 2* показано загальну і пружну деформації тіста з борошна різних видів та з різними цукрами. Як видно з діаграм, тістові моделі на глюкозі

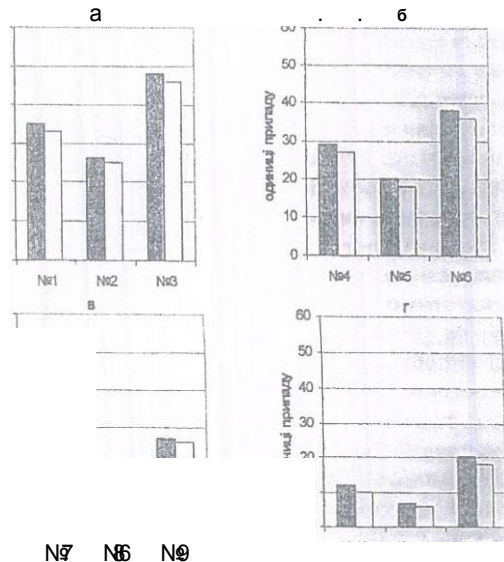


Рис. 2. Загальна і пружна деформації тіста на борошні: а — пшеничному; б — кукурудзяному; в — рисовому; г — гречаному

мали нижчі показники загальної і пружної деформації, а на фруктозі — більші порівняно з тістовими моделями на цукрі з борошном усіх видів. Ми це пояснюємо різною розчинністю цукрів (табл. 3) [3].

Таблиця 3
Розчинність цукрози, фруктози, глюкози

| Цукри | Розчинність, %, при температурі, °С | |
|----------|-------------------------------------|------|
| | 20 | 50 |
| Цукроза | 67,1 | 72,2 |
| Фруктоза | 78,9 | 81,6 |
| Глюкоза | 47,7 | 70,9 |

Фруктоза має найбільшу розчинність, тому вона для розчинення потребує меншу кількість води, внаслідок чого в тісті залишається більше вільної вологи, що послаблює структуру, тобто збільшує деформацію. Розробляючи технології, треба враховувати ці особливості.

Згідно з технологічним процесом тістові маси для печива після замішування надходять на формування. Це відбувається на ротаційній формувальній машині, на відсадній машині та екструдерах. Тому доцільно було визначити адгезійні властивості тістових мас на борошні безглютенових видів і порівняти з адгезійними властивостями тістових мас на пшеничному борошні. Залежність адгезійної міцності тіста для зразків здобного печива на пшеничному, кукурудзяному, рисовому та гречаному борошні з різними цукрами від попереднього тиску контакту $P = 180$ Па, де як контактуюча поверхня була сталь, показано на рис. 3. Як видно з рисунка, у всіх зразках спостерігалось закономірне збільшення адгезійної міцності від попереднього тиску. Це пояснюється мікрореологією приконтактних об'ємів тіста (збільшення істинної площі контакту тіста з поверхнею внаслідок евакуації мікроскопічних бульбашок газу в об'єм тіста, заповнення мікрорельєфу шорсткості).

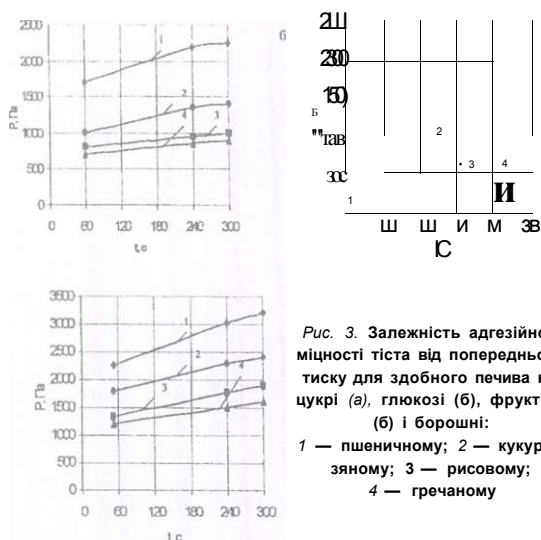


Рис. 3. Залежність адгезійної міцності тіста від попереднього тиску для здобного печива на цукрі (а), глюкозі (б), фруктозі (в) і борошні: 1 — пшеничному; 2 — кукурудзяному; 3 — рисовому; 4 — гречаному

Аналіз даних показав, що тісто з пшеничним борошном в усіх зразках мало найвищу адгезійну міцність. З фізичної точки зору адгезійна взаємодія виникає внаслідок адсорбції тіста на поверхні контакту з наступним виникненням подвійного електричного шару у приповерховому шарі тіста. Серед компонентів тіста найбільшу енергію адсорбції має вода.

Зниження адгезійної міцності тіста з борошном інших безглютенових видів пов'язане, очевидно, з різною водопоглинальною здатністю борошна.

Визначена нами водопоглинальна здатність методом центрифугування пшеничного, кукурудзяного, рисового, гречаного борошна (табл. 1) підтверджує ці дані. Результати наших досліджень показали, що тісто на фруктозі має найбільшу адгезійну міцність, а тісто на глюкозі — найменшу. Це також, ймовірно, можна пояснити різною розчинністю цукрів. Оскільки фруктоза має найбільшу розчинність, вона для розчинення потребує меншу кількість води, внаслідок чого в тісті залишається більше вільної вологи, що збільшує адгезійну міцність. Так, адгезійна міцність тіста на фруктозі та гречаному борошні становить 1550 Па, тоді як на гречаному борошні та цукрі — 800 Па. При обробленні даних, які стосувались адгезійної міцності у контакті з іншими поверхнями, такими як кераміка, фторопласт, гума, спостерігались подібні тенденції.

Висновки. Проведені дослідження були використані при розробленні рецептур і технологічних інструкцій на нові види безглютенового печива на цукрі, глюкозі, фруктозі. Розроблені нові види печива були представлені на дегустаційну комісію Укркондитерпрому, де отримали схвальну оцінку та рекомендації до впровадження. Рецептурний склад захищений патентом. Печиво „Жовтеньке” що на кукурудзяному борошні, стало переможцем конкурсу, який проходив у рамках виставки „Ласощі 2004”, та отримало найвищу нагороду „Триумф якості”.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Руководство* по лечебному питанию детей/ Под ред. проф. К.С. Ладодо. — М.: Медицина, 2000. — 383 с.
2. *Ильина ОА.* Научно-практические основы примененя пищевых волокон а хлебопекарном і кондитерском пропзводствах.; Дис. д-ра техн. наук. — М.: Московская государственная академия, 2002. — 379 с.
3. *Справочник* кондитера: В. 2 ч. — М.: Пищ. гіром-сть, 1966- 4.1. — 712 с.

Надійшла до редколегії 30.03.05 р.