

## ВПЛИВ АГЛЮТЕНОВОГО БОРОШНА НА КІНЕТИКУ ВИПІКАННЯ КЕКСІВ

Дорохович В.В. д-р техн. наук

Київський національний торговельно-економічний університет

Ковбаса В.М. д-р техн. наук, професор

Національний університет харчових технологій

Встановлено, що механізм випікання кексів на аглютиновому борошні аналогічний випіканню кексів на пшеничному. Тривалість випікання кексів на гречаному та кукурудзяному борошні більше ніж на пшеничному, а на рисовому відповідає кексу на пшеничному. Розроблені кекси можна рекомендувати для споживання хворим на целиацію.

Was established that the baking mechanism of cupcakes with agglutinate flour similar to cupcakes with wheat flour. Baking time for cupcakes with buckwheat and corn flour more than wheat one, while cupcakes with rice flour is similar to wheat one. Developed cupcakes can be recommended for sick on celiac disease.

Ключові слова: аглютенове борошно, целиація, кінетика випікання, кекси.

Умови життя сучасної людини – психологічні навантаження, недостатня фізична активність, зниження якості харчових продуктів призводять до погіршення харчового статусу населення, послаблення імунітету, збільшення кількості хронічних неінфекційних захворювань, зменшення тривалості життя. Існує тенденція до збільшення хворих на целиацію, у Швеції щороку реєструється один випадок захворювання на целиацію на 270 осіб, в Австрії – на 476, у Франції – на 200 осіб [1]. В Україні поки що недостатньо проводять діагностику захворювання на целиацію. Однак, за підрахунками фахівців Всеукраїнської спілки целиакії, лише в Києві близько 30 тис хворих.

Харчування хворих на целиацію потребує особливих підходів. Ця хвороба провокується вживанням у їжу продуктів, що містять глютен, тобто споживання традиційних борошняних виробів, що виготовлені на глютенівому борошні хворим на целиацію заборонено. Вживання навіть 100 мг глютенівому пшеничного борошна викликає ті ж атрофічні процеси слизової кишки, що і батон білого хліба [2]. При захворюванні на целиацію страждають усі види обміну речовин, насамперед білковий. Порушення всмоктування ліпідів та вуглеводів позначаються на енергетичному метаболізмі. Порушення всмоктування кальцію та вітаміну Д призводить до розвитку остеопороза і формування рахітоподібних деформацій кісткової системи. Ушкоджена слизова оболонка перестає бути надійним бар'єром для всмоктування шкідливих для організму сполук, вони проникають у кров хворого, викликаючи інтоксикацію. Білково-вітамінна недостатність часто призводить до розвитку вторинного імунодефіциту (часті гострі респіраторні вірусні інфекції, фурункульоз та ін.), внаслідок порушення кишечної проникності відбувається всмоктування алергенів. [3, 4]. Хворим на целиацію рекомендована безглютенова дієта, яка поступово допоможе відновити ушкоджену частину кишечника [5]. Зважаючи на зазначене вище, актуальним є розроблення технології борошняних кондитерських виробів з застосуванням різних видів аглютенового борошна.

В даній роботі досліджували вплив аглютенового борошна на кінетику випікання кексів та встановлювали раціональні параметри випікання.

Термооброблення є завершальним етапом виробництва на якому закінчується формування органолептичних, фізико-хімічних, структурно-механічних показників, які обумовлюють якість готового продукту. Головною метою цього процесу є термооброблення тістової заготовки за якомога короткий час та оптимальної температури оточуючого середовища (пекарної камери), що сприяє наданню виробам високих показників якості і найменших витрат енергоресурсів. Рецептний склад кексів, а саме застосування аглютенового борошна впливає на процеси, що відбуваються під час термообробки. З метою визначення тривалості випікання кексів на аглютеновому борошні проведено дослідження визначення зміни температури центральних шарів тістових заготовок. Дослідження проводили за допомогою потенціометру та хромель-капельних термопар, закінчення процесу випікання фіксували при досягненні центральних шарів тіста-кексу 103...104<sup>0</sup>С. Механізм термічного оброблення борошняних кондитерських виробів відбувається таким чином: тістова заготовка надходить в піч і прогрівається. Внаслідок низької теплопровідності тіста прогрівання центральних шарів відстає від поверхневих, і тоді створюється перепад температур, тобто температурний градієнт  $\nabla t$ , одночасно відбувається відділення

вологи з поверхні, а волога центральних шарів не змінюється, що сприяє утворенню градієнта вологовмісту  $\nabla U$  [6].

Нами встановлено (рис. 1), що механізм прогріву тістових заготовок на різних видах аглютенового борошна аналогічний механізму прогріву тіста-кексу на пшеничному борошні. Спостерігається відмінність в тривалості випікання кексів на різних видах борошна. Так, тривалість випікання кексів на гречаному борошні збільшується на 15%, на кукурудзяному на 8...9%, тривалість випікання кексів на рисовому є такою ж, як і тривалість випікання, кексів на пшеничному борошні.

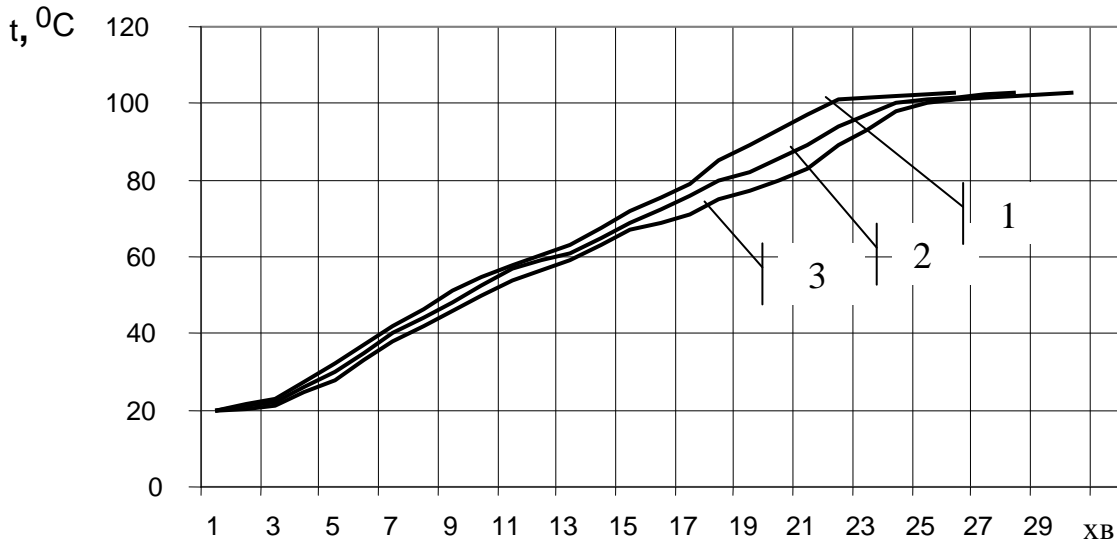


Рис 1. Кінетика випікання кексів на різних видах борошна:  
1– пшеничному та рисовому, 2– кукурудзяному, 3–гречаному

Різна тривалість випікання, на нашу думку, пояснюється низкою причин. Важливим фактором, який обумовлює тривалість випікання є густина тіста. Густина тіста на гречаному борошні на 8%, а на кукурудзяному борошні на 2% більша, ніж на пшеничному; густина тіста на рисовому борошні на 6% менша, ніж на пшеничному (рис. 2) Встановлено [6], що переміщення вологи відбувається під впливом повітря (газоподібної фази). Під час нагрівання заготовок повітря в порах розширюється і пружність водяних парів зменшується. Тоді повітря, що розширюється, проштовхує рідину до шарів з нижчою температурою.

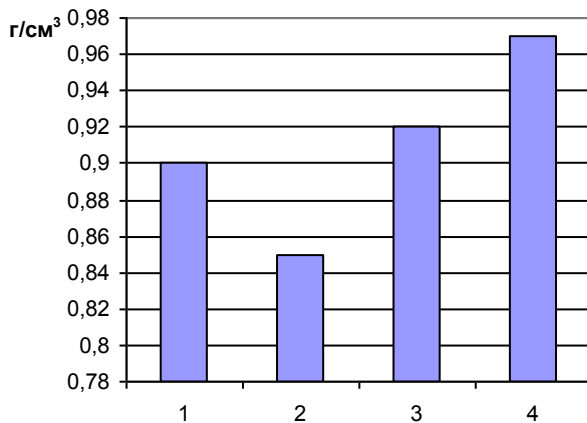


Рис. 2. Густина тіста кексу на  
1- пшеничному борошні  
2- рисовому борошні  
3- кукурудзяному борошні  
4- гречаному борошні

Різницю в тривалості випікання кексів на різних видах аглютенового борошна можна також пояснити різною теплоемкістю тіста. Коли тістову заготовку борошняних кондитерських виробів поміщають у пекарню камеру, вона відразу контактує з теплим повітрям, і починається процес випаровування вологи з поверхні виробу в оточуюче

Різницю в тривалості випікання кексів на різних видах аглютенового борошна можна також пояснити різною теплоемкістю тіста. Коли тістову заготовку борошняних кондитерських виробів поміщають у пекарню камеру, вона відразу контактує з теплим повітрям, і починається процес випаровування вологи з поверхні виробу в оточуюче

середовище, тобто відбувається зовнішня дифузія. Випаровування вологи з поверхні матеріалу в навколишнє середовище обумовлює перепад вологості між внутрішніми і поверхневими шарами, а це викликає переміщення вологи до поверхневих шарів, тобто відбувається внутрішня дифузія.

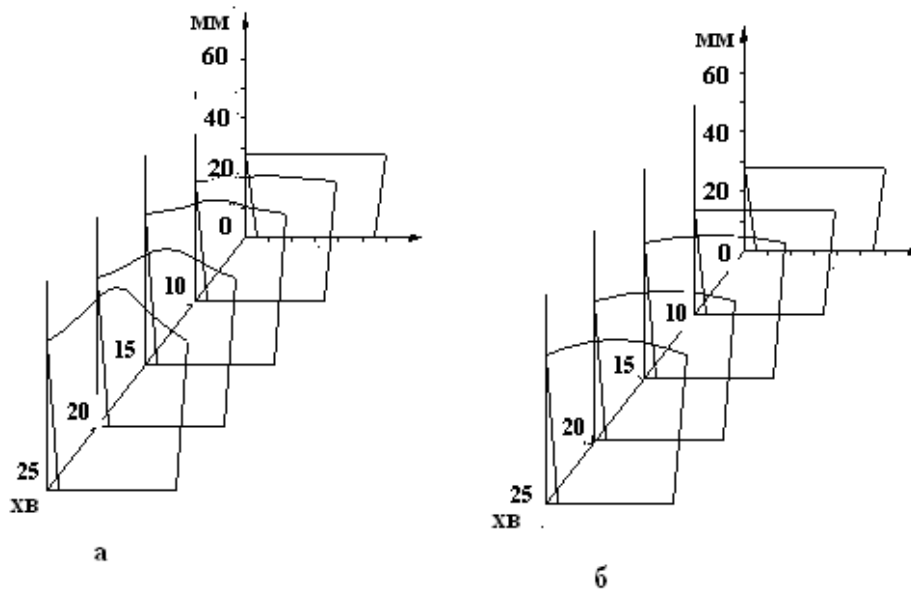
Якщо напрям градієнта вологовмісту і температурного градієнта співпадають, тоді співпадає напрям відповідних потоків, які в сумі дають загальний потік вологи. Якщо напрям градієнту вологовмісту і температурного градієнта не співпадає, тобто вони мають протилежні знаки і напрям потоку вологи буде залежати від кількісного співвідношення сил вологопровідності і термовологопровідності. Якщо значення термовологопровідності буде більшим від вологопровідності, що характерно для процесу випікання кексів, волога переміщається в напрямі потоку тепла, переборюючи опір вологопровідності.

Рух вологи під дією термовологопровідності в колоїдних капілярно-пористих тілах, до яких відносяться тістові заготовки кексів, складається з молекулярної термодифузії вологи, капілярної провідності, обумовленої зміною капілярного потенціалу і пропорційною поверхневому натягові. Поверхневий натяг з підвищенням температури зменшується і тому волога у вигляді рідини переходить із шарів з вищою температурою до шарів з більш низькою температурою. У разі радіаційно-конвективного обігріву  $\nabla t$  і  $\nabla U$  будуть мати протилежні знаки. У перший період термооброблення, що характерно для процесу випікання,  $\nabla t > \nabla U$  і волога під впливом  $\nabla t$  буде переміщуватися в напрямі температурного градієнта. По мірі прогрівання заготовки різниця між  $\nabla t$  і  $\nabla U$  буде зменшуватися, і настає момент, коли значення градієнтів вирівнюється [6]. Це відповідає закінченню процесу випікання.

Значне уповільнення випікання кексу на гречаному борошні пояснюється також більшими ендотермічними витратами, що, на нашу думку, пов'язано з тим, що у гречаному борошні вміст білка більший (12,6%), ніж у пшеничному (10,3%) та рисовому (7,3%) борошні [7].

Цікаві дані отримано при дослідженні випікання кексу на рисовому борошні. Встановлено, що під час випікання кексу на рисовому борошні не відбувається підриву скоринки на верхній поверхні, як під час випікання кексів на пшеничному. Ймовірно це пов'язано з тим, що скоринка у такому кексі має більш порувату структуру. Порувата структура скоринки дозволяє в процесі випікання виділятися продуктам розкладу хімічних розпушувачів і водяним парам, що утворилися в процесі випікання, а це запобігає розриву верхньої поверхні.

Висота максимального підйому кексу на рисовому борошні відповідно менша, ніж на пшеничному, тому що газоподібні речовини шукаючи вихід, концентрувались у центрі і це сприяло більшому росту заготовки саме на цій ділянці. У кексах на рисовому борошні підйом тіста відбувався більш рівномірно. На рис. 3 наведені фронтальні проєкції поля росту заготовок в процесі випікання кексу на рисовому та пшеничному борошні.



**Рис. 3. Фронтальні симетричні проекції поля росту заготовок на а - пшеничному борошні, б-рисовому борошні**

Нижні шари тіста-кексу піднімаються гірше, ніж верхні. Головною причиною такого явища є різний гідростатичний тиск. Також визначено, що бокові шари (ті, що ближче до металеві поверхні форм), піднімаються гірше, ніж центральні шари. Причиною є більш швидке утворення скоринки, яка запобігає росту заготовки. Збільшення об'єму внаслідок підвищення тиску водяної пари у разі збільшення температури обмежене структурою тіста. Розвинення пористої структури за рахунок збільшення об'єму газу відбувається доти, поки гелева матриця з крохмалю та білків не стабілізується. Завжди існує деяке обмеження величини збільшення об'єму внаслідок злиття пухирців газу, що сприяє утворенню менш пористої структури. На збільшення об'єму заготовок впливає швидкість розкладу хімічних розпушувачів, швидкість теплопередачі. Обидва фактори сприяють збільшенню кількості крупних пухирців, які менш міцні, ніж дрібні. Тому термооброблення потрібно проводити таким чином, щоб більше утворювалося дрібних пухирців, внаслідок чого пористість готового виробу буде більш розвинутою та рівномірною.

**Висновки.** За результатами проведених досліджень визначено раціональні параметри випікання кексів на різних видах аглютенного борошна: температура пекарної камери  $200^{\circ}\text{C}$ , тривалість для кексів на рисовому борошні 25,0...25,5хв, кукурудзяному 27,0..27,5хв, гречаному 29,0...29,5хв.

#### Література

1. Ventura A. Coeliac disease // Changing features of coeliac disease. – Tampere, 1998. –Р. 67–72.
2. Troncone R., Maurano F., Lovine G. Coeliac disease // Changing features of coeliac disease. – Tampere, 1998. –Р. 7–12.
3. Лечебно-профилактические продукты на зерновой основе для детей, больных целиакией и пищевой аллергией / С.С. Хованская, Н.В. Дремина, С.В. Санина и др. // тр. участн. I Междунар. конф. [«Научные и практические аспекты совершенствования качества продуктов детского и геродиетического питания»]. –М.: Пищепромиздат, 1997. – С. 288–292.
4. Collin P., Kaukinen K. Coeliac disease // Changing features of coeliac disease. – Tampere, 1998. – Р. 89–91.
5. Руководство по лечебному питанию детей ; под ред. К.С. Ладодо. – М.: Медицина, 2000. – 384 с.
6. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / А.С. Гинзбург – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 523 с.
7. Химический состав пищевых продуктов : Кн. 2: справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов ; под ред. проф. И.М. Скурихина и проф. М.Н. Волгарева. – [2-е изд., перераб. и доп.] – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.

