

# ДОСЛІДЖЕННЯ СОРБЦІЙНИХ І ДЕСОРБЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У ЗДОБНОМУ ПЕЧИВІ НА ЦУКРІ ТА ЦУКРОЗАМІННИКАХ

**В. ДОРОХОВИЧ,**  
кандидат технічних наук,  
докторант  
Київський національний  
торгівельно-економічний  
університет  
**О. ЯРЕМЕНКО,**  
аспірант  
Національний університет  
харчових технологій  
(м. Київ)

Одним з факторів, що визначають конкурентоспроможність харчових продуктів, у тому числі й борошняних кондитерських виробів (БКВ), є якість. Вона визначається багатьма чинниками, одним з яких, причому дуже важливим, є збереження споживчих властивостей під час зберігання. Внаслідок цього прогнозування та встановлення гарантійних термінів зберігання продукції є важливим завданням.

Усі борошняні кондитерські вироби можна поділити на ті, що мають м'якушку (бісквіти, кекси, пряники) і не мають її (печиво, крекери тощо). Для перших негативним чинником є втрата вологи у процесі зберігання, для других - сорбування вологи. Для усіх без винятку борошняних кондитерських виробів важливим фактором, що обумовлює їх придатність до споживання, є мікробіологічний стан. У цьому плані представляє інтерес стан води, тобто активність її у продуктах.

Термін "активність води" (англ. "water activity") вперше було введено Скоттом у 1952 році. Він довів, що існує залежність між станом води у продукті і ростом мікроорганізмів у ньому. Її визначення розглядається як відношення фугитивності (летючості)  $f$  речовини в певному стані до його фугитивності в іншому стані, що прийняте за стандартне значення. У випадку, якщо за стандартний стан прийняти тиск пари над чис-

температурі, вона може бути визначена як тиск пари при рівноважній відносній вологості повітря, поділеній на 100.

$$A_w = \frac{Rh}{100}$$

де:  $Rh$  - рівноважна відносна вологість повітря, %.

За ступенем активності води харчові продукти поділяють на:

- \* продукти з високою вологістю ( $A_w = 1,0-0,9$ ),
- \* продукти з проміжною вологістю ( $A_w = 0,9-0,6$ ),
- \* продукти з низькою вологістю ( $A_w = 0,6-0,0$ ).

Вода є дисперсійним середовищем для багатьох хімічних реакцій і метаболізму мікроорганізмів у продуктах. У більшості бактерій максимальне розмноження відбувається при значеннях активності

## Вміст води по зонах ізотерм сорбції

Здобне печиво на основі:	Вміст води по зонах ізотерм сорбції, ммоль/г		
	I ( $A_w = 0 - 0,25$ )	II ( $A_w = 0,25 - 0,75$ )	III ( $A_w = 0,75 - 1,00$ )
Цукру	1,17	8,30	70,00
Фруктози	2,50	16,25	107,50
Глюкози	1,25	7,50	97,50
Сорбіту	2,50	17,50	103,75
Лактитолу	1,67	5,83	71,00
Ізомальту	2,50	5,50	67,50

тим розчинником (дистильованою водою), то відношення для  $A_w$  матиме вигляд [1]:

$$A_w = \frac{f}{f_s} = \frac{P}{P_s}$$

де:  $P$  - парціальний тиск водяної пари над поверхнею продукту,

$P_s$  - тиск насиченої пари над чистою водою при температурі продукту.

У зв'язку з тим, що величина  $A_w$  носить термодинамічний характер - характеризує рівноважний тиск пари води при певній

води більше 0,9-0,99. Враховуючи важливе значення показника активності води, його встановлення при визначенні якості готового продукту є обов'язковим у країнах ЄС. Активність води є функцією фазового стану, вологовмісту, хімічного складу, структури й температури продукту. Науковцями встановлено, що показник "активність води" відображає ступінь її активної дії у різних процесах, що відбуваються в харчовому продукті [2].

У процесі виробництва традиційних борошняних кондитерських виробів як носій солодкого

смаку використовують цукор. При розробленні БКВ спеціального призначення, які можна рекомендувати як для харчування усіх верств населення, так і для осіб, що хворіють на цукровий діабет, треба використовувати цукрозамінники. Традиційними цукрозамінниками є ксиліт та сорбіт. В останні десять років все більшої популярності набуває фруктоза.

**С**ьогодні на ринку України з'явилися цукрозамінники лактитол та ізомальт, які належать до нового покоління. Лактитол та ізомальт відносяться до групи поліолів. Лактитол виготовляють з лактози, ізомальт - шляхом двоступеневого процесу з цукрози. Істотною перевагою цих цукрозамінників є дуже низький глікемічний індекс - 3- 4 % (еталон глюкоза 100 %), невисока калорійність - 2- 2,4 ккал/г, невеликий ендотермічний ефект і чистий солодкий смак.

Під час проведення аналітичного огляду літературних джерел не було знайдено інформації щодо досліджень впливу на активність води у БКВ лактитолу та ізомальту. Оскільки здобне печиво є дуже популярними БКВ, представляло інтерес визначити вплив лактитолу та ізомальту на показник активності води та сорбційно-десорбційні процеси у печиві, що виготовлено з їх використанням, а також провести в тих же умовах дослідження по визначенню сорбційно-десорбційних процесів у печиві на фруктозі, глюкозі, цукрі з метою можливості їх порівняння.

Дослідження сорбційно-десорбційних процесів проводили ваговим методом на сорбційно-вакуумній установці Мак-Бена. На рис. 1 представлені ізотерми сорбції-десорбції водяних парів для здобного печива, що виготовлено з використанням традиційних і нетрадиційних цукрозамінників та цукру. Ізотерми представлено у

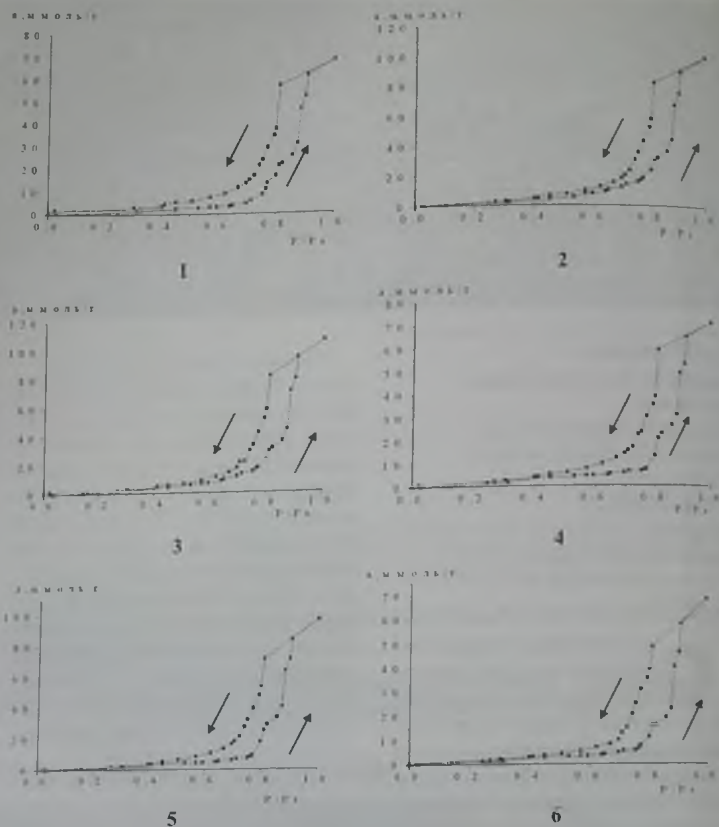


Рис. 1. Ізотерми сорбції-десорбції для здобного печива на: 1 - цукрі; 2 - фруктозі; 3 - глюкозі; 4 - сорбіті; 5 - лактитолі; 6 - ізомальті

вигляді залежності кількості вологи, що поглинається від відносного тиску пари.

Для аналізу ізотерми сорбції були умовно поділені на три зони: I - низького вологовмісту, II - середнього вологовмісту, III - високого вологовмісту. Результати наведені в табл. 1.

Аналіз отриманих даних показав, що в першій зоні найменший вологовміст має зразок печива, що виготовлено на цукрі. У зразках на глюкозі вологовміст більше на 6,8 %, на лактитолі - на 42 %, у зразків на фруктозі, сорбіті, ізомальті вологовміст майже однаковий і перевищує вологовміст зразків на цукрі на 114 %.

У другій зоні найменший вологовміст (5,5 ммоль/г) має зразок печива на ізомальті.

Порівняно з вологовмістом зразків на цукрі він менший на 33,7 %, вологовміст зразків на лактитолі менший, ніж у зразках на цукрі на 30 %, на глюкозі менше на 9,7 %. Вологовміст зразків на фруктозі та сорбіті перевищує вологовміст зразків на цукрі відповідно на 96 та 111 %.

У третій зоні, як і в другій, найменший вологовміст має зразок печива, виготовленого на ізомальті. Вологовміст зразків печива на цукрі та лактитолі істотно не відрізняється. Вологовміст зразків на глюкозі перевищує вологовміст зразків на цукрі на 39 %, зразки на фруктозі та сорбіті мають максимальний вологовміст, який перевищує вологовміст зразків на цукру відповідно на 53,6 та 48 %.

Отримані результати свідчать, що досліджувані зразки відносяться до гігроскопічних продуктів, оскільки їх вологість змінюється відповідно до вологості довкілля. Однак при збільшенні  $A_w$  зволоження зразків проходить з різною інтенсивністю і ступінь насичення при  $A_w = 1$  у них різний.

При дослідженні структурних характеристик зразків здобного печива визначено, що площини ( $S, m^2$ ) були міновимими у зв'язку з тим, що у вихідних зразках пори були заповнені розчином, тому структурні характеристики - площа поверхні та діаметр пор відсутні. Отримані лише значення об'єму пор зразків печива, що визначені по воді. Результати досліджень представлено на рис. 2.

За результатами досліджень можна зробити висновок, що максимальний об'єм пор мають зразки печива на фруктозі, мінімальний - на ізомальті. Якщо об'єм пор зразків печива на цукрі прийняти за 100 % то об'єм пор зразків печива на ізомальті будуть складати 96,8 %, на лактитолі - 102,4 %, на глюкозі - 137,3 %, на сорбіті - 147,6 %, на фруктозі - 151,6%.

Відповідно до класифікації Брунауера, Демінга, Лемінга, Теллера (БДЛТ) отримані ізотерми відносяться до V типу. Ізотерми адсорбції V типу характерні для слабкої взаємодії газ-тверде тіло при адсорбції на мезопористих та мікропористих тілах [3]. Характер гістерезисної петлі свідчить про те, що досліджувані зразки виробів можна віднести до капілярно пористих тіл.

Порівняльний аналіз отриманих ізотерм показав, що ізотерми десорбції для усіх зразків при високих значеннях  $A_w$  розміщено вище ізотерм сорбції. Тобто за сушіння при одному й тому ж значенні  $P/P_s$  зразки мають більшу вологість, ніж при зволоженні. При значеннях  $A_w$ , які

відповідають діапазону середнього вологовмісту, ізотерми десорбції наближаються до ізотерм сорбції. Так, ізотерми десорбції у зразків печива на цукрі наближаються до ізотерм сорбції при значенні  $P/P_s = 0,4 - 0,45$ , у зразках печива на фруктозі та сорбіті - при  $P/P_s = 0,58 - 0,60$ , на глюкозі, лактитолі - при  $P/P_s = 0,50 - 0,5$ , ізомальті - при  $P/P_s = 0,51 - 0,53$ .

Аналізуючи крутизну підйому ізотерм сорбції, можна констатувати, що для усіх зразків існує ділянка, на якій при малій зміні відносного тиску пари різко змінюється вологість. інтенсивне зволоження досліджуваних зразків починається в діапазоні значень  $P/P_s = 0,75 - 0,8$  - у III зоні високого вологовмісту. Низьке поглинання пари при малих значеннях тиску відбувається внаслідок слабкої взаємодії адсорбент (печиво) - адсорбат (водяні пари). Адсорбційний гістерезис у діапазоні середнього та високого тиску пов'язаний з капілярною конденсацією [3].

Зазвичай, у складських приміщеннях відносна вологість повітря становить 70-75 %. Як показали наші дослідження, рівноважна вологість для печива на цукрі буде в межах 5,0 - 8,3 ммоль/г, печива на фруктозі - 11,3 - 16,3 ммоль/г, на глюкозі - 5,5 - 7,5, на сорбіті - 12,5 - 17,5 ммоль/г, лактитолі - 5,0 - 5,8 ммоль/г, ізомальті - 5,0 - 5,5 ммоль/г. При перерахунку величини рівноважної вологості здобного печива у г/100г (%) визначено, що рівноважна вологість печива на цукрі становить 9,0 - 14,9 %, на фруктозі - 20,3 - 29,3 %, на

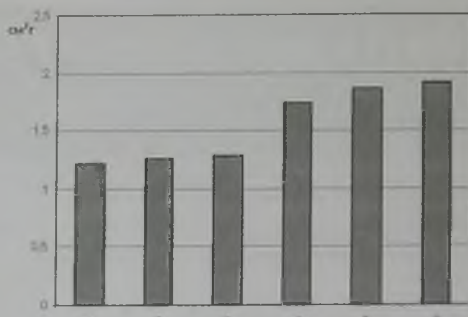


Рис. 2. Значення об'єму пор зразків печива на: 1 - ізомальті; 2 - цукрі; 3 - лактитолі; 4 - глюкозі; 5 - сорбіті; 6 - фруктозі

глюкозі - 9,9 - 13,5 %, на сорбіті - 22,5 - 31,5 %, на лактитолі - 9,0 - 10,44%, на ізомальті - 9,0 - 9,9 %.

Вологість здобного печива повинна знаходитися у межах  $6 \pm 1\%$ . Це вказує на те, що при зберіганні печива при відносній вологості довкілля 70-75% буде відбуватись сорбція вологи і печиво поступово буде втрачати крихкість. Для запобігання цього негативного явища печиво потрібно пакувати у вологонепроникну тару. Отже, печиво на фруктозі та сорбіті вже при відносній вологості 70 % будуть інтенсивно сорбувати вологу. Печиво на цукрі, лактитолі, ізомальті інтенсивно сорбувати вологу не буде.

#### Використана література.

1. Вода в пищевых продуктах / Под. ред. Р.Б. Дакурта - М.: Пищевая промышленность, 1980. - 376 с.
2. Значение понятия "активность воды" в оценке сельскохозяйственного сырья / И.А. Рогов, У.Ч. Чоманов и др.; ВНИИ информ. и техн. эконом. исслед. агропром. комплекса, - М.: АгроНИИЭ-ИММП, 1987. - 39 с.
3. С. Грег, К. Синг. Адсорбция, удельная поверхность, пористость: Пер. с англ. 2-е изд. - М.: Мир, 1984. - 306 с.