

УДК 664.236  
© 2011

**О.А. ПИВОВАРОВ,**  
доктор технічних наук

**С.Ю. МИКОЛЕНКО,**  
аспірант

**ВПЛИВ ПЛАЗМОХІМІЧНО  
АКТИВОВАНИХ РОЗЧИНІВ  
НА СТАН КЛЕЙКОВИНИ В  
СКЛАДІ ПШЕНИЧНОГО ТІСТА**

*ДВНЗ “Український державний  
хіміко-технологічний університет”–  
Дніпропетровський державний  
аграрний університет*

*Розглянуто фізико-хімічні перетворення складових пшеничного тіста з борошна різної якості. Визначено, що плазмохімічно активовані водні розчини суттєвим чином впливають на якість клейковини в напрямку її зміцнення*

Хлібопекарське виробництво стикається з проблемою споживання пшеничного борошна з нестабільними хлібопекарськими властивостями, які залежать від кліматичних умов виробництва зернової продукції, агротехнічних заходів, технології зберігання і переробки зерна та багатьох інших факторів, які останнім часом набувають непередбачуваного характеру. До найбільш виразних показників, які відображають якість борошна, слід віднести кількісно-якісний стан клейковини, від якого залежить якість хлібобулочних виробів, їх органолептичні й споживчі характеристики.

Від стану клейковинного комплексу борошна залежить, зокрема рівень використання поліпшувачів, які в Україні для хлібопекарських цілей виробляються в незначній кількості, здебільшого ж вони імпортуються з Туреччини, Франції та інших європейських країн. Відомо, що такі поліпшувачі мають достатньо високу вартість, а їх впровадження в технологію виробництва хлібобулочних виробів ускладнюється нестабільністю властивостей сировини й потребою в спеціальному дозувальному обладнанні [1].

Великих збитків врожаю завдає клопчерепашка, що виражається у погіршенні якості клейковини. Ушкодження зерна цим шкідником в окремих випадках перевищує 20–25 %, коли максимально допустимий його рівень знаходиться в межах 2–3 % [2]. Ви-

користання борошна, виробленого з такого зерна, є складним завданням для хлібопекарського виробництва внаслідок підвищення липкості й розпливчастості тіста, зниження його стабільності під час бродіння і формостійкості кінцевого виробу.

Відомо, що білки утворюють у структурі пшеничного тіста пружно-еластичну сітку. Якість клейковини чинить значний вплив на газоутримувальну та водопоглинальну властивості тіста, від яких залежать об'єм, форма, зовнішній вигляд, структура м'якуша, вихід хліба тощо. За рівних умов на в'язкість (консистенцію) напівфабрикатів впливає головним чином стан клейковини білка. Розпад асоційованих макромолекул білка на частини з більш низькою молекулярною масою супроводжується зниженням в'язкості. Хлібопекарські властивості борошна позитивно корелюють з кількісним складом клейковини. Однак найбільш важливе значення для хлібопечення має якість клейковини, що обумовлена її структурно-механічними властивостями.

Автори робіт [3, 4] стверджують, що гідратовані білки пшеничного тіста, які утворюють клейковину, являють собою досить лабільні колоїди; їх реологічні властивості можуть сильно змінюватися під впливом різних хімічних й фізичних чинників. Тісто є пружно-в'язко-пластичним тілом і у всіх випадках, коли відбувається зміна реологічних

властивостей відмитої клейковини, у тому ж напрямку змінюються й властивості тіста. Також було визначено, що хімічні речовини, ферментні препарати та окремі фізичні фактори можуть впливати на стан клейковини з метою досягнення високої якості кінцевих виробів за умови використання слабкого борошна. Якщо перші два чинники вже застосовуються в хлібопекарському виробництві, то третій ще потребує окремих досліджень.

Відзначимо, що сучасна економічна ситуація диктує свої умови хлібопекарським виробникам. З одного боку, якість борошна тенденційно знижується, що пов'язано зі зменшенням частки продовольчої пшениці через низький вміст у ній клейковини. З іншого боку, з такої сировини необхідно виготовити хлібопекарську продукцію зі збереженням якісних параметрів. Це спонукає до

пошуку ефективних рішень зниження вартості вихідної сировини та зменшення рівня використання дорогих інгредієнтів.

Сьогодні більшість хлібопекарських підприємств використовують воду без будь-якої підготовки. Відомо, що від її структури і складу залежить інтенсивність мікробіологічних й ферментативних процесів при приготуванні тіста та якість готового продукту. Використання води, яку піддано дії відомих фізико-хімічних методів, наприклад електролізу, ультрафіолетовому опромінюванню, озонуванню, не отримало широкого розповсюдження з причин відсутності серійного технологічного обладнання, вдосконалених технологічних регламентів та відповідного санітарно-гігієнічного тестування кінцевої продукції. Тому такі технологічні рішення до цього часу не вийшли за межі лабораторних

**Вплив плазмохімічно активованих розчинів на кількісно-якісні показники клейковини**

| Тривалість обробки води $t_{обр}$ , хв | Концентрація перекисних сполук, мг/л | Масова частка клейковини, % | Індекс деформації клейковини (од.пр.) після відлежування, хв |       |       |       |
|--|--------------------------------------|-----------------------------|--|-------|-------|-------|
|  |                                      |                             | 20   | 80    | 140   | 200   |
| <b>Борошно сильне</b>                  |                                      |                             |  |       |       |       |
| 0                                      | 0                                    | 25,65                       | 44,0   | 67,9  | 76,5  | 78,8  |
| 10                                     | 150                                  | 25,47                       | 40,7   | 53,1  | 54,2  | 55,7  |
| 20                                     | 300                                  | 24,79                       | 30,3   | 40,6  | 49,4  | 52,8  |
| 30                                     | 500                                  | 24,68                       | 30,0   | 37,7  | 44,9  | 46,0  |
| 40                                     | 600                                  | 24,93                       | 35,5   | 39,7  | 42,2  | 45,4  |
| <b>Борошно середньої "сили"</b>        |                                      |                             |  |       |       |       |
| 0                                      | 0                                    | 25,68                       | 85,0   | 98,0  | 100,0 | 111,0 |
| 10                                     | 100                                  | 25,89                       | 50,0   | 72,0  | 82,0  | 90,0  |
| 20                                     | 300                                  | 25,90                       | 53,0   | 71,0  | 85,0  | 93,0  |
| 30                                     | 400                                  | 25,30                       | 48,0   | 75,0  | 77,0  | 84,0  |
| 40                                     | 500                                  | 25,21                       | 62,0   | 81,0  | 87,0  | 87,0  |
| <b>Борошно слабе</b>                   |                                      |                             |  |       |       |       |
| 0                                      | 0                                    | 28,16                       | 127,9  | 136,1 | 136,5 | 140,1 |
| 10                                     | 100                                  | 28,30                       | 120,9  | 128,8 | 130,6 | 135,6 |
| 20                                     | 300                                  | 28,19                       | 119,0  | 127,4 | 128,5 | 133,0 |
| 30                                     | 400                                  | 28,13                       | 111,3  | 121,9 | 126,5 | 130,0 |
| 40                                     | 500                                  | 28,06                       | 115,9  | 125,8 | 127,2 | 131,7 |

досліджень. Але пошук ефективних технологій виробництва якісної хлібопекарської продукції триває завдяки появі сучасних фізичних та фізико-хімічних уявлень про водні розчини та досягнень у галузі хімії високих енергій [5, 6].

Цікавими виявляються процеси активації води за допомогою електричних розрядів, серед яких окремо виділяється застосування контактної нерівноважної плазми для обробки питної води та водних розчинів [7]. Серед особливостей води, активованої під дією плазми, увагу привертають наявність дрібнокластерної структури, що підтверджено спектральними та фізико-хімічними методами, зміни у її хімічному складі. Тому така вода набуває специфічних властивостей, не потребуючи спеціальних умов для зберігання [8].

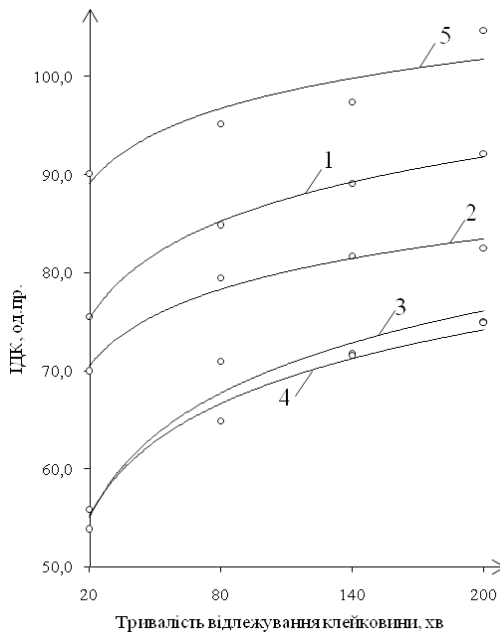
**Метою** наших досліджень стало визначення впливу плазмохімічно активованих водних розчинів на білково-протеїназний комплекс борошна. Експериментальні дослідження проводилися в науково-дослідних лабораторіях плазмохімічних технологій (УДХТУ) і технології зберігання та переробки зерна (ДДАУ). Для виявлення кількісно-якісних показників клейковини користувались стандартними методиками, в основу яких покладено ручний спосіб відмивання [9]. Якісні характеристики клейковини визначали з використанням приладу ИДК-3М. У ході експерименту було використано: борошно вищого, першого і другого ґатунків різного ступеня “сили” виробництва ТОВ “Дніпромлин”, ТОВ “ТРИО” й ФОП “Рибаків”; воду, піддану дії контактної нерівноважної плазми в реакторі дискретного типу об’ємом 0,5 дм<sup>3</sup> протягом 10, 20, 30 і 40 хв. Для контролю було взято звичайну питну воду без будь-якої обробки.

Додавання води до борошна дає поштовх початку активації гідролітичних ферментів, зокрема протеолітичних, які за певних умов ще до кінця змішування можуть чинити суттєвий вплив на властивості тіста. За стандартом якість клейковини визначається через 15 хв відлежування її у воді. Для того щоб зафіксувати динаміку зміни властивостей клейковини протягом усього процесу тісто-

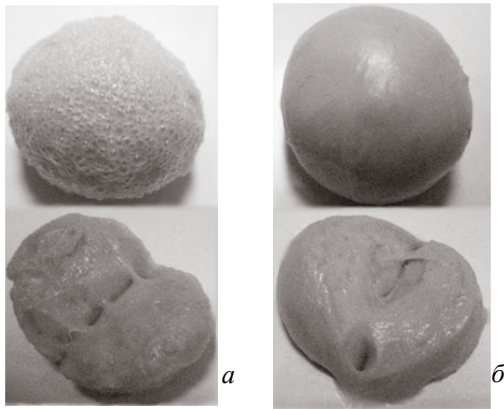
ведення якість клейковини визначали через 20, 80, 140 і 200 хв відлежування. Оскільки активована вода має ряд характеристик, що відрізняють її від звичайної, відлежування зразків з її залученням проводилось у розчинах відповідної тривалості плазмохімічної активації.

Кількість відмитої клейковини в дослідних зразках майже не змінюється порівняно з контролем і знаходиться в межах величини похибки (таблиця), але фізичні властивості такої клейковини вище контрольних значень. Здатність чинити опір деформуючому навантаженню в дослідних зразках нижче показника стиснення клейковини в контрольному зразку на 7,5–43,5 %, залежно від вихідної якості борошна і тривалості контактної дії плазми на воду, збільшення якої викликає посилення ефекту.

Як бачимо з одержаних даних, використання плазмохімічно активованих розчинів дозволяє значно зміцнювати клейковину борошна незалежно від ступеня її сили (таблиця



**Рис. 1.** Зміна якісних характеристик клейковини (ІДК) під дією плазмохімічно активованих водних розчинів за тривалості їх обробки  $\tau_{об}$ , хв: 1 – 10; 2 – 20; 3 – 30; 4 – 40; 5 – 0 (контроль)



**Рис. 2.** Зміни клейковини борошна через 200 хв відлежування: а – із залученням активованої протягом 30 хв води; б – з використанням звичайної питної води

ця). Навіть борошно III групи – незадовільно слабе – змінює свої реологічні властивості. Однак відзначимо, що в разі використання такої сировини ефект від залучення плазмохімічно активованих розчинів є найменшим. Це, можливо, пов'язано з тим, що клейковина має шарувату структуру з проміжками між шарами (різна за якістю клейковина має різну щільність упакування) і більш щільна структура характерна саме для слабкої клейковини.

Наголосимо, що особливістю поліпшувачів окисної дії є здатність змінювати стан білково-протеїназного комплексу борошна за рахунок впливу на білкові речовини шля-

хом ущільнення і зниження атакованості білка протеолітичними ферментами борошна внаслідок утворення дисульфідних зв'язків шляхом окиснення суміжних сульфгідрильних груп, а також на активатори протеолізу й безпосередньо протеїназу через інактивацію окисненням сульфгідрильних груп [10, 11]. Результатом цих процесів є підвищення “сили” борошна. У разі використання плазмохімічно активованих водних розчинів цей механізм може бути переглянуто за умови їх специфічних властивостей, що полягають у наявності пероксиду водню і надперекисних сполук та дрібнокластерної структури води. Але результати досліджень свідчать про те, що суттєвих змін у механізмі перетворення клейковини борошна не спостерігається (рис. 1). Відлежування клейковини понад 2 год в середовищі плазмохімічно активованих водних розчинів з тривалістю обробки 30 і 40 хв позначилося певною специфічністю. Незалежно від якості борошна (його гатунку, “сили”) на поверхні клейковинної кульки утворювався шар повітряних пухирців (рис. 2) і вона спливала. За умови відлежування клейковини, що була відмита із тіста на основі плазмохімічно активованих розчинів, у середовищі звичайної питної води пухирців на поверхні не спостерігалися. Очевидно, що зниження густини клейковини було викликане сорбцією на її поверхні активного кисню, що міститься у воді, підданій дії плазмохімічної активації.

### Висновки

Таким чином, використання плазмохімічно активованих водних розчинів є привабливою альтернативою застосуванню дорогих хімічних поліпшувачів окисної дії. Не впливаючи на кількісний вміст клейковини в борошні, активовані розчини за рахунок специфічних властивостей змінюють пружні властивості клейковини залежно від вихідної якості борошна і тривалості контактної дії плазми на воду. Тому застосування активованих під дією нерівноважної контактної плазми водних розчинів дає змогу досягти значного

корегування якісних характеристик білково-протеїназного комплексу борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями за прийнятних техніко-економічних показників без внесення будь-яких хімічних речовин. Оскільки реологічні властивості клейковини позитивно корелюють з хлібопекарськими властивостями борошна, у подальшому планується проведення досліджень впливу плазмохімічно активованих водних розчинів на фізико-хімічні та органолептичні показники якості хлібобулочних виробів.

## Бібліографія

1. Косован А.П. Хлебопекарные улучшители: тенденции развития и особенности применения / А.П. Косован, Т.Ф. Дремучева // Хлебопечение России. – 2003. – № 4. – С. 20–23.
2. Попереля Ф.О. Науковий підхід до визначення кількості і якості клейковини в українській пшениці / Ф.О. Попереля // Хранение и переработка зерна. – 2002. – № 9. – С. 30–34.
3. Козьмина Н.П. Биохимия хлебопечения / Н.П. Козьмина. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Пищевая промышленность, 1978. – 276 с.
4. Чижова К.Н. Белок клейковины и его преобразования в процессе хлебопечения / К.Н. Чижова. – М. : Пищевая промышленность, 1979. – 136 с.
5. Пикаев А.К. Современная радиационная химия: радиолитиз газов и жидкостей / А.К. Пикаев. – М. : Наука, 1986. – 360 с.
6. Электрохимическая активация: очистка воды и получение полезных растворов / под ред. В.М. Бахира. – М. : Изд-во ВНИИИМТ, 2001. – 176 с.
7. Пивоваров А.А. Применение плазмохимически активированных водных растворов в технологии пищевых производств / А.А. Пивоваров, А.П. Тищенко, Е.В. Томашева // Вопросы химии и химической технологии. – 2006. – № 5. – С. 105–109.
8. Пивоваров О.А. Виробництво солоду з використанням активованих під дією нерівноважної плазми водних розчинів / О.А. Пивоваров, О.С. Ковальова, Ю.О. Чурсінов // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2009. – № 2. – С. 194–197.
9. Пучкова Л.И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства / Л.И. Пучкова. – [4-е изд., перераб. и доп.]. – СПб. : ГИОРД, 2004. – 264 с.
10. Васюкова А.Т. Современные технологии хлебопечения: учебно-практическое пособие / А.Т. Васюкова, В.Ф. Пучкова. – [2-е изд.]. – М. : ИТК “Дашков и К<sup>о</sup>”, 2008. – 224 с.
11. Капрельяну Л.В. Использование ферментов в хлебопечении / Л.В. Капрельяну // Харчова наука і технологія. – 2009. – № 1. – С. 34–38.

*В.І. Вернадський як біогеохімік вклав у поняття ноосфери новий зміст, пов'язаний з потенціальною геохімічною функцією суспільства як складової частини біосфери. “Ноосфера, – писав він, – стан біосфери, в якому повинні проявлятися розум і керована ним робота людини як нова небувала на планеті геологічна сила” (Вернадський, 1944, с. 150). Отже, це якісно новий етап у розвитку біосфери, що є закономірним результатом природно-історичного процесу.*

*Ситнік К.М.. Значення біосферно-ноосферних ідей В.І. Вернадського для екологічної стратегії збереження ресурсів біосфери та оптимізації життєвого середовища / К.М. Ситнік, С.М. Стойко // Екологія та ноосферологія. – 1995. – С. 9.*