

УДК664.65:664.644.5

## ВОЛОГОУТРИМУВАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ БОРОШНЯНОГО ТІСТА З ДОДАВАННЯМ ФЕРМЕНТУ ТРАНСГЛЮТАМІНАЗА

Шаніна О.М., д-р техн. наук, професор, <sup>1</sup>Лобачова Н.Л., аспірант, Зверєв В.О., аспірант  
Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка  
<sup>1</sup>Сумський національний аграрний університет

*Додавання ферменту трансглютаміназа в тісто на основі безглютенового борошна (зокрема, з кукурудзяного борошна або кукурудзяно-рисової суміші) посилює вологоутримувальну здатність тіста. Це дозволяє прогнозувати зниження кількісних втрат під час випікання безглютенового хліба. У пшеничному тісті з трансглютаміназою швидкість видалення вологи зростає, що матиме позитивний ефект під час сушіння макаронних виробів.*

*Addition the transglutaminase enzyme to gluten-free dough from flour (such as corn flour or corn-rice mixture) increased the water-retaining capacity of the dough. This allows to predict the quantitative reduction of losses during baking gluten-free bread. In the dough from wheat flour with transglutaminase moisture removal rate increased. It will have a positive effect during drying of pasta.*

Ключові слова: безглютенове борошно, трансглютаміназа, борошняне тісто, вологоутримувальна здатність

Вода є важливим рецептурним компонентом і невід'ємливою складовою частиною практично всіх продуктів, що входять у рецептури хлібобулочних і макаронних виробів. Залежно від виду продукту вміст вільної та зв'язаної вологи в ньому помітно коливається. Причини зв'язування вологи у складних системах різні. Найбільш міцно вода зв'язана хімічними гідратами, у моношарі біля гідрофільних груп неводного компонента, а також вода полімолекулярної адсорбції (мультишарова). Меншою мірою з'ясовано структуру та поведінку води макромолекулярної матриці, яка відіграє важливу роль у багатьох технологічних процесах.

Крім того, вода значною мірою визначає структуру тіста й готової продукції внаслідок взаємодії з білковими речовинами, полісахаридами борошна та іншими компонентами. Гідрофільні речовини борошна взаємодіють з водою шляхом іон-дипольного механізму, викликаючи зміни у структурі води, її рухливості. Водночас відбуваються зміни у структурі та реакційній здатності власне гідрофільних речовин. Утворення в ланцюгах макромолекул біополімерів борошна певних зон зв'язування з водою зумовлюється низькою активністю води або неприступністю окремих ділянок макромолекул для дії диполів води.

Кількісні зміни вмісту води мають велике значення для консистенції харчових продуктів, що є дуже важливим чинником з погляду споживача. Проте, виробники відчують наслідки протікання цього процесу також із технологічної точки зору (в разі прискорення або гальмування процесу термообробки виробів) та з економічної (з урахуванням виходу готового продукту та енергетичних витрат на процес термообробки). Тому вивчення особливостей процесу утримання вологи борошняною сировиною становить науковий, практичний інтерес та має соціальну значущість.

У технології макаронних виробів сушіння є найбільш тривалою операцією, від правильності проведення якої залежать їх міцність, склоподібність у зламі, кислотність. Сирі макаронні вироби є зручним середовищем для протікання різних біохімічних і мікробіологічних процесів, тому для запобігання цим процесам макарони піддають сушінню. Вказані процеси можуть якісно змінюватися під дією певних технологічних чинників – особливостей застосованої сировини, режимів і способів сушіння

тощо. Тому будь-яка корекція технологічного процесу обов'язково повинна супроводжуватися ґрунтовним підходом щодо проведення технологічної операції – сушіння.

Як приклади такої корекції можна навести результати експериментальних досліджень у роботах авторів [1, 2, 3]. При використанні ферментних препаратів (суміші ліпази, ксиланази та геміцелюлази) [1] утворюються речовини, що змінюють структуру тіста та впливають на його гідрофільні властивості. Автори доводять, що використання ферментного препарату VERON NDL у кількості 0,005...0,01 % до маси борошна не потребує конкретних відчутних змін режимів сушіння, але бажано пом'якшувати режими сушіння в другій та наступних зонах сушіння [1]. Додавання лецитину та  $\beta$ -каротину сприяє утворенню більш пористої структури тіста, що знижує енергію зв'язування вологи колоїдами тіста і кількість адсорбційно зв'язаної вологи, а також – збільшення вологи макрокапілярів, тобто більш легко зв'язаної [2].

На думку авторів [3], закономірності зміни кінетики сушіння макаронних виробів з добавками є підтвердженням того, що покращання їх структури є наслідком зміни градієнта вологості виробів. Якщо вироби з добавками протягом першого періоду сушіння зневоднюються повільніше, тобто добігають першої критичної вологості за довший час, доцільно в першому періоді сушіння витримувати їх довше.

У технології хлібопекарських виробів перетворення тістової заготовки у готовий виріб обумовлюють теплофізичні, мікробіологічні, колоїдні, біохімічні, хімічні процеси, що відбуваються у ній під час випікання. В основі всіх процесів лежить прогрівання тістової заготовки в пекарській камері. Широке коло дослідників присвятило цьому питанню значну увагу. Проте, переважна більшість таких досліджень стосується пшеничного борошна. Щодо безглютенових видів борошна, то дослідження в цьому напрямку достатньо фрагментарні. Так, авторами [4] встановлено, що механізм випікання кексів на аглютиновому борошні аналогічний випіканню кексів на пшеничному. Тривалість випікання кексів на гречаному та кукурудзяному борошні більша, ніж на пшеничному, а на рисовому відповідає кексу на пшеничному. В роботі авторів [5] у рецептуру безглютенового хліба запропоновано застосовувати рисове, гречане, кукурудзяне борошно та крохмаль. Встановлено, що структурно-механічні властивості безглютенового тіста з цими видами борошна дуже відрізняються внаслідок різного хімічного складу та гранулометричних характеристик. Гречане борошно має найбільшу водопоглинальну здатність серед видів борошна, які досліджувалися нами, на 43 % менше рисове і на 33 % кукурудзяне; найменшу – кукурудзяний крохмаль.

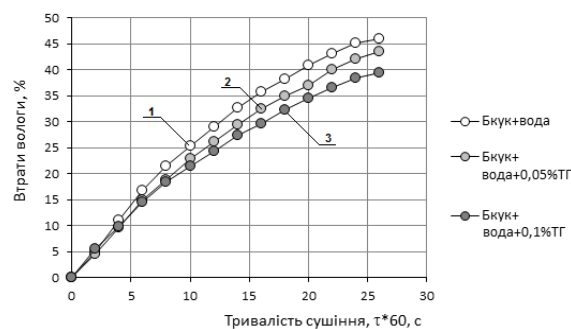
Проведені нами дослідження [6] доводять ефективність застосування ферментного препарату транsgлутаміназа, найбільшою мірою в композиції з білками тваринного і рослинного походження (молока, желатина, Геліос-11, борошна різних видів), для покращання структурно-механічних та органолептичних характеристик безглютенового хліба. Нами доведено, що цей фермент є ефективним поліпшувачем структури макаронних виробів з пшеничного хлібопекарського борошна [7].

Тому для поліпшення споживчих властивостей безглютенового хліба і макаронних виробів вважали необхідним дослідити вплив ферментного препарату транsgлутаміназа (ТГ) на вологоутримувальну здатність борошняного тіста. Метою дослідження було вивчити втрати вологи тіста з різної борошняної сировини в присутності транsgлутамінази.

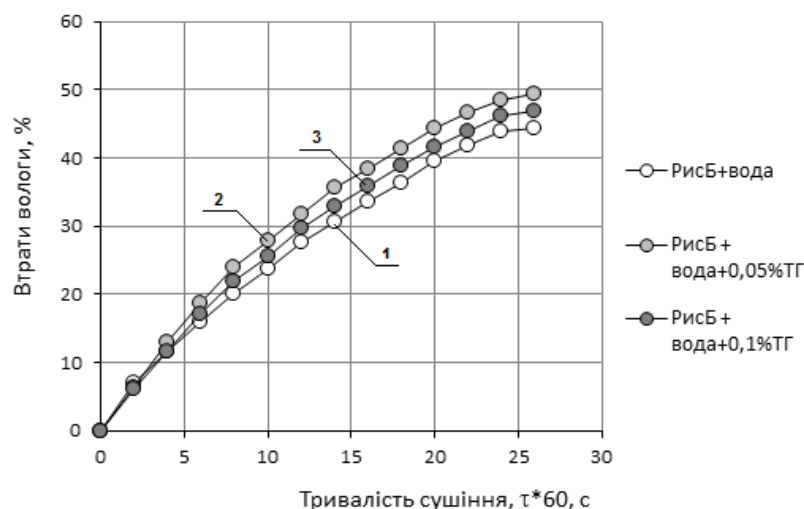
Об'єктами дослідження обрано такі види сировини: борошно пшеничне хлібопекарське; борошно рисове, кукурудзяне та їх суміш у співвідношенні 1:1; вода питна; фермент транsgлутаміназа Revada TG. Відбір і підготовку проб сировини для лабораторних досліджень проводили згідно з єдиною методикою вивчення харчових продуктів за ГОСТ 26668-85 (СТ СЭВ 3013-81), ГОСТ 26669-85 (СТ СЭВ 3014-81), ГОСТ 27668-88. Для визначення втрат вологи в тісті застосовували ваги-вологомір серії ADGS-50.

Криві сушіння тіста з безглютенових видів борошна та їх суміші наведено на рис. 1-3, де видно, що залежно від виду борошняної сировини та наявності ферменту вологоутримувальна здатність тіста помітно змінюється. Додавання ТГ до борошна кукурудзяного (рис. 1) гальмує процес випаровування вологи: протягом досліджуваного проміжку часу контрольний зразок (без ТГ) втрачає 46 % від початкового вмісту вологи (швидкість випаровування дорівнює 88,4 мг/хв). Під дією ферменту вологоутримувальна здатність кукурудзяного тіста посилюється – втрати вологи становлять 39-43 %, а швидкість випаровування дорівнює 75-82,6 мг/хв.

Зразки тіста на основі рисового борошна демонструють протилежну залежність, а саме: без додавання ТГ кількість втраченої під час сушіння вологи (43 % від початкового вмісту) та швидкість її випаровування (82,7 мг/хв) є мінімальними. У присутності ферменту ТГ вологоутримувальна здатність тіста слабшає, втрати вологи зростають зі швидкістю в середньому 92 мг/хв.

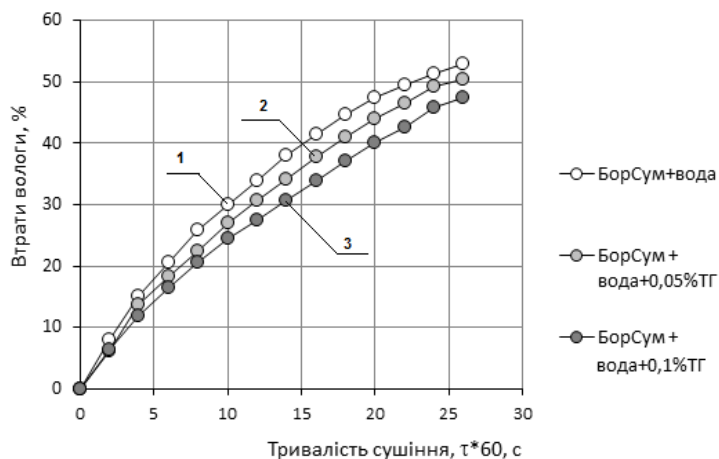


**Рис. 1 – Втрати вологи протягом сушіння тіста з кукурудзяного борошна з додаванням ферменту трансглютаміназа (% до маси борошна): 1 – 0; 2 – 0,05; 3 – 0,1**



**Рис. 2 – Втрати вологи протягом сушіння тіста з рисового борошна з додаванням ферменту трансглютаміназа (% до маси борошна): 1 – 0; 2 – 0,05; 3 – 0,1**

У тісті на основі борошняної суміші втрати вологи є найбільшими (порівняно з тістом на основі одного виду борошна) і сягають 53 % (за швидкості випаровування 102 мг/хв). Проте, додавання ТГ гальмує процес до 90,4-96,0 мг/хв.



**Рис. 3 – Втрати вологи протягом сушіння тіста з борошняної суміші (кукурудзяне : рисове 1:1) з додаванням ферменту трансглютаміназа (% до маси борошна): 1 – 0; 2 – 0,05; 3 – 0,1**

Можна припустити, що в тісті на основі борошняної суміші відбувається певна взаємодія між високомолекулярними сполуками борошна на гідрофільних ділянках, що й призводить до зниження їхньої здатності утримувати вологу. Під дією ферменту трансглютамінази білкові макромолекули борошна зазнають додаткових конфірмаційних змін за рахунок утворення нових зв'язків (у вигляді ковалентних зшивок) між залишками лізину і глютаміну.

Тісто з пшеничного борошна (рис. 4) характеризується дуже високою (порівняно з безглютеновим борошном) вологоутримувальною здатністю: протягом 60 хв сушіння втрати води складають лише 26% за швидкості випаровування 20,8 мг/хв. Пояснити такий ефект можна наявністю клейковинних білків з високою вологозв'язувальною здатністю. Додавання ТГ до пшеничного тіста призводить до помітного ущільнення консистенції, очевидно, за рахунок збільшення поперекових зв'язків у білкових макромолекулах. Можливо, внаслідок цього зменшується кількість вільних гідрофільних ділянок, що призводить до збільшення втрат води – майже прямо пропорційно до кількості ферменту (в межах досліджуваних концентрацій 0,03-0,07 % до маси борошна) – до 29-30 % за швидкості випаровування 25-26 мг/хв.

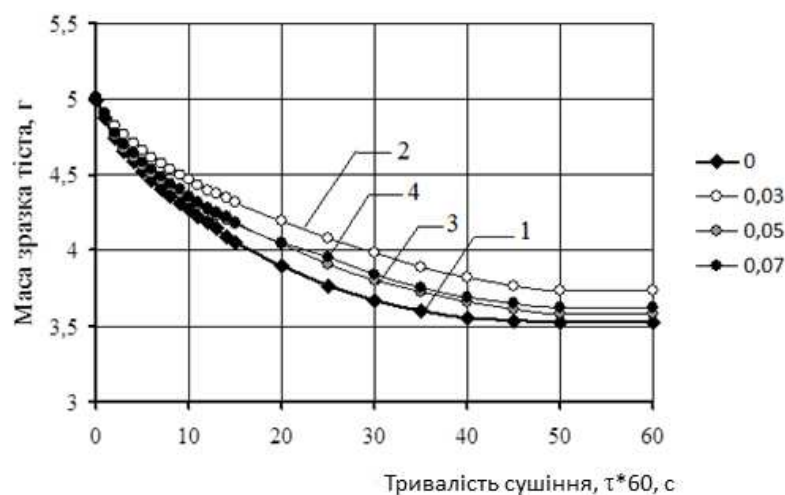


Рис. 4 – Зміни маси при сушінні тіста з борошна пшеничного з додаванням ферменту трансглютаміназа (% до маси борошна): 1 – 0; 2 – 0,03; 3 – 0,05; 4 – 0,07

#### Висновки

1. Експериментально доведено ефективний вплив ферменту трансглютаміназа щодо посилення вологоутримувальної здатності тіста з безглютенового борошна. Таким чином, можна прогнозувати, з одного боку, зниження кількісних втрат під час випікання безглютенового хліба.

2. Встановлено зростання втрат води під час сушіння тіста з пшеничного борошна, що свідчить про можливість прискорення процесу сушіння макаронних виробів у присутності трансглютамінази. В обох випадках ефект цей позитивний і зумовлений перетвореннями конфірмаційного стану білкових речовин борошна під дією ферменту.

#### Література

1. Волощук Г.І. Використання ферментного препарату, що має ксиланазну та ліпазну активність при виробництві макаронних виробів з хлібопекарського борошна [Електронний ресурс]. – Волощук Г.І., Юрчак В.Г., Голюкова Т.П., Кіреєва К.М. // Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/7031/1/yvgvfplavmvhb.pdf>.
2. Левадна Т.І. Розробка технології макаронних виробів з добавками поліфункціональної дії / Автореф. дис. ... на здобуття вченого ступеня канд. техн. наук. – Київ, 2001. – 18 с. [Електронний ресурс]. – // Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <http://lawdiss.org.ua/ard/01ltidpd.shtml>
3. Волощук Г.І. Розробка технології макаронних виробів з пектином та пектиновмісною сировиною // Автореф. дис. ... на здобуття вченого ступеня канд. техн. наук. – Київ, 2000. [Електронний ресурс]. // Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <http://tekhnosfera.com/razrabotka-tehnologii-makaronnyh-izdeliy-s-pektinom-i-pektinsoderzhaschim-syriem>
4. Дорохович В.В. Вплив аглютенного борошна на кінетику випікання кексів [Електронний ресурс]. // Дорохович В.В., Ковбаса В.М. // Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/421/1/dvvvabnkvk.pdf>

5. Дробот В.І. Технологічні аспекти використання борошна круп'яних культур у технології безглютенового хліба [Електронний ресурс]. Дробот В.І., Грищенко А.М. // Обладнання та технології харчових виробництв. – № 30 (2013). – Режим доступу: <http://journals.urau.com/index.php/2079-4827/article/view/22089/19617>
6. Лобачова Н.Л. Удосконалення технології безглютенового хліба [Текст]. Лобачова Н.Л., Шаніна О.М. // Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (15-19 квітня 2013 р.) том III, – С. 159.
7. Шаніна О.М. Поліпшення кулінарних достоїнств макаронних виробів із застосуванням ферменту трансглютаміназа [Текст]. – Шаніна О.М., Зверев В.О., Теймурова А.Т. // Наукові праці ОНАХТ, 2013. Вип. 44, Т. 1, – С. 184-188.