

ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТІСТА-ХЛІБА В УМОВАХ ОДНООСНОГО РОЗТЯГУВАННЯ

*Лісовенко О.Т. д-р. техн. наук, Стадник І.Я. канд. техн. наук, доцент

*Київський національний університет харчових технологій

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулія

У статті розглянуто прискорений спосіб приготування тіста, при якому скорочуються процеси приготування тіста – хліба і забезпечується одержання виробів хорошої якості без використання різних добавок, а лише за рахунок впливу на механічні властивості його структури.

In article the accelerated way at which processes of preparation of the test - bread are reduced is considered and provided receptions of products of high quality without use of different additives, and only at the expense of mechanical properties of structure of the test.

Ключові слова: фізико-механічні властивості тіста, безопатева тістомісильна машина

Для розробки науково обґрунтованої технології з ціллю заданого ведення процесу замішування та одержання тіста із відповідними властивостями необхідно знати структурно-реологічні характеристики тіста. Ці характеристики мають важливе значення для керування технологічним процесом замішування тіста на дискретній безопатевій тістомісильній машині з ціллю отримання його із заданими властивостями і структурою [1,2].

Методи вимірювання механічних властивостей структури тіста-хліба – величин діючих напружень P , одержаних деформацією e і їх швидкостей x або тривалості ϕ , приводять до трьох різновидностей. В кожній один із трьох вказаних показників являється постійною величиною, а другий показник являється функцією третього. Таким чином, в першому випадку при постійному напруженні вимірюють деформацію зсуву тіста, як функцію часу його деформації (ϕ або градієнт швидкості D); в другому при постійній швидкості деформації градієнта D , визначається величина виникаючих при цьому внутрішніх напружень тіста в залежності від величини його деформації; в третьому при створених умовах постійної величини деформації тіста e , вимірюється його внутрішні напруження, як функція часу ϕ (релаксація).

В процесі проходження третьої стадії замішування на нові тістомісильній машині шматок тіста в місильній камері одержує різного характеру деформаційних впливів. Тут відбувається деформація стискування і зсуву, а між місильним органом і пластифікатором – деформації розтягування і витікання через прямокутний отвір. Від ступеня механічної обробки шматка тіста залежить якість тіста-хліба.

Для визначення оптимальних режимів механічної дії і проходження процесу в цілому, необхідно знати фізично-механічні властивості тіста в період проходження пластифікації. Адже цей процес характеризує механічні властивості в об'ємі тіста – пружність, еластичність, в'язкість, а також на його поверхні – властивості адгезії.

Згідно розробленої конструкції приладу, який дозволяє досліджувати зразки тіста-хліба в умовах одноосної деформації розтягування і визначати механічні властивості, нами проведено ряд досліджень зразків тіста в процесі проходження пластифікації. Дослідження проводилися при певному періоді, при певному зазорі між пластифікатором і місильним барабаном, при певній загрузці компонентів в місильній камері, при різних швидкостях обертання місильного барабану, при різних вологості, при різній температурі.

Для дослідження брали тісто із пшеничного борошна 1-го гатунку, яке замішували на тістомісильній машині згідно трьох рецептур (вологість $W_1 = (44,1-44,6) \%$; $W_2 = (41,1-42,2) \%$; $W_3 = (45,3-45,8) \%$). Проби відбирали в процесі проходження пластифікації через оглядове вікно із загальної маси, згідно періодів: $\phi_1 = 30$ с, $\phi_2 = 60$ с, $\phi_3 = 90$ с, які відповідали деякій кратності деформації. У всіх трьох випадках досліджень температура тіста складала (29-30) °С, швидкість обертання місильного барабану складала 98 об/хв. Відповідно зазор між пластифікатором і місильним барабаном був виставлений для першого досліді $d_1 = 15$ мм; другого – $d_2 = 25$ мм; третього – $d_3 = 30$ мм. Вологість тіста знаходили на приборі ВПІХН-В4.

За допомогою зробленого спеціального пристрою виштамповували із розкатаного куска тіста зразок, який мав початкову довжину $l_0 = 100$ мм і діаметр $d_0 = 30$ мм. Даний зразок розміщали на каретку пристрою, де два кінці закріплювали за допомогою пружинних затискачів. При звільненні навантажуючого механізму, проходить переміщення рухомого пружинного затискача по направляючій за допомогою роликів, які крутяться. Досліджуваний зразок розтягується по осі підтримуючих роликів. Переміщення трива-

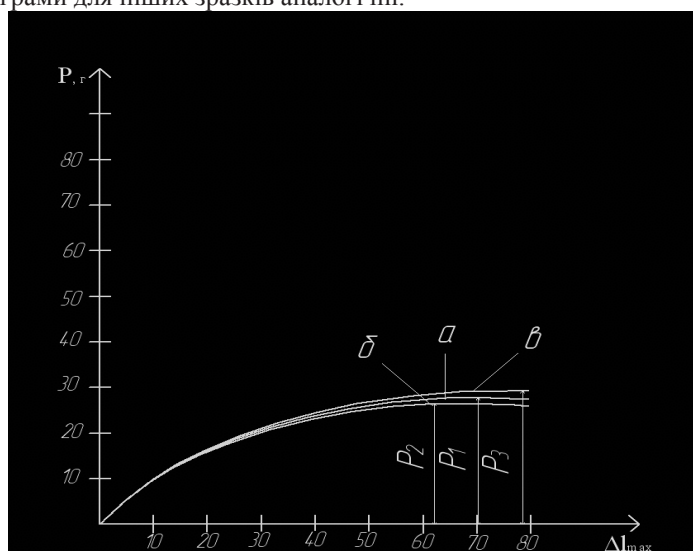
ло до розриву зразка. Величина розтягування тіста визначалася по шкалі і відповідно записувалася діаграма на комп'ютері. Одержані дані оброблялися із відповідною точністю до встановленого масштабу у програмі.

Для першого дослідження, згідно рецептури брали: борошно $G_6 = 3.15$ кг першого ґатунку, вода $G_B = 1871$ мл, дріжджі $G_d = 100$ г, сіль $G_c = 40$ г, олія $G_o = 40$ мл. Відбір трьох зразків було відібрано відповідно запланованого плану експериментів, де вологість зразків відповідала $W_1 = 44,4\%$, $W_2 = 44,5\%$, $W_3 = 44,6\%$, і температури тіста $29\text{ }^\circ\text{C}$. Для 2-ох других досліджень було замішане тісто по рецептурі, а саме: $G_6 = 3.25$ кг першого ґатунку, $G_B = 1880$ мл для другого і $G_6 = 3.350$ кг, $G_B = 1920$ мл, $G_c = 50$ г, $G_o = 40$ г, $G_d = 120$ г для третього. По цих рецептурах проводився процес замішування тіста і відповідно змінювався зазор. Одержані дані зведено у табл. 1 для подальшого аналізу.

Таблиця 1 - Вологість досліджуваних зразків

Рецептура № 1								
$d_1 = 15$ мм			$d_2 = 25$ мм			$d_3 = 30$ мм		
W_1	W_2	W_3	W_1	W_2	W_3	W_1	W_2	W_3
44,4	44,5	44,6	44,3	44,5	44,6	44,2	44,4	44,6
$t = 29\text{ }^\circ\text{C}$			$t = 29\text{ }^\circ\text{C}$			$t = 29\text{ }^\circ\text{C}$		
Рецептура № 2								
$d_1 = 15$ мм			$d_2 = 25$ мм			$d_3 = 30$ мм		
W_1	W_2	W_3	W_1	W_2	W_3	W_1	W_2	W_3
41,1	42	42,2	41	42	42,8	41	41,8	42,2
$t = 29\text{ }^\circ\text{C}$			$t = 30\text{ }^\circ\text{C}$			$t = 30\text{ }^\circ\text{C}$		
Рецептура № 3								
$d_1 = 15$ мм			$d_2 = 25$ мм			$d_3 = 30$ мм		
W_1	W_2	W_3	W_1	W_2	W_3	W_1	W_2	W_3
45,4	45,6	45,8	45,2	45,4	45,8	45,1	45,6	45,8
$t = 30\text{ }^\circ\text{C}$			$t = 28\text{ }^\circ\text{C}$			$t = 29\text{ }^\circ\text{C}$		

Із врахуванням наших вимірів, визначили відповідні навантаження границі міцності для всіх відібраних зразків. Про зміни в зразку судили по діаграмі, яку записував комп'ютер від одержаних сигналів. Одержані діаграми оброблялися. На рис. 1 а, б і в показані діаграми для трьох рецептур при різних зазорах пластифікатора. Діаграми для інших зразків аналогічні.



а – рецептура № 1 і $d = 15$ мм; б – рецептура № 2 $d = 25$ мм; в – рецептура № 3 $d = 30$ мм.

Рис. 1 – Діаграми розтягування зразків

Знаючи величину напруги P_{\max} із діаграм, розділивши її на початкову площу попереднього січення зразка F_0 , одержимо допустиму пружність $\partial_{\text{пр}}$. Величину допускаючої деформації e визначали із діаграм, як відношення максимального розтягу Δl_{\max} зразки до початкової довжини l_0 . Так при, проходженні шматка тіста між пластифікатором і місильним барабаном із зазором $d = 15$ мм на першому періоді відбору для першої рецептури, допустима пружність і абсолютний розтяг відповідно складало – 29 г/см^2 і 85 мм, а для 2-го періоду 30 г/см^2 і 88 мм, та 3-го складало – 30.5 г/см^2 і 90 мм. Як відмічалось вище, дані для двох інших рецептур майже однакові.

Судячи по початковим величинам деформації і в'язкості, зразки тіста відрізнялися кількісним вмістом вологи та своєю пружністю. Цей період характеризується найбільшими швидкостями процесів гідролізу полімерів борошна і низькомолекулярних з'єднань, пластифікуючих тісто [4]. Можна відмітити ще й те, що в процесі пластифікації в тісті проходить поступове набухання клейковинних білків. Даний процес збільшує пружно-еластичні деформації, зменшує величину модуля зсуву. Завдяки відносно високій частоті обертання місильного барабану і невеликому зазору між пластифікатором і барабаном, де проходить пластифікація тістової маси, виникає значний масообмін. Цей масообмін забезпечує в першу чергу гомогенізацію тіста, а потім і накопичення водорозчинних речовин. Це все підтверджують дослідні дані відібраного тіста після $\phi_1=30$ с пластифікації при $d=15$ мм та $d=25$ мм і після пластифікації $\phi_3=90$ с при $d = 30$ мм (табл. 2).

Таблиця 2 – Характеристика тіста в процесі пластифікації

№ Рецептури	Характеристика тіста	Зазори між пластифікатором і міс. барабаном		
		$b=20$ мм	$b=15$ мм	$b=25$ мм
1	P_{\max} , Г	32,8	29,0	44
	$\partial_{\text{пр}}$, Г/см ²	32,8	36,9	56
	Δl_{\max}	92	85	116
	e	0,92	0,85	1,16
2	P_{\max} , Г	32,5	28	38
	$\partial_{\text{пр}}$, Г/см ²	41,6	36,2	48,4
	Δl_{\max}	92	80	105
	e	0,92	0,8	1,05
3	P_{\max} , Г	33,8	30,5	39,6
	$\partial_{\text{пр}}$, Г/см ²	42	38,9	50,4
	Δl_{\max}	95	90	105
	e	0,95	0,9	1,05

Із таблиці 2 видно що на початковій стадії при $\phi_1=30$ с для $d=15$ мм та $d=20$ мм величини пружно-еластичних деформацій являються значно меншими, чим при $\phi_3 = 90$ с. Це відхилення від деформації можна пояснити утворенням структури тіста, а також деяких релаксаційних внутрішніх напружень, які є присутні при деформації. При максимальному зазорі між пластифікатором і місильним барабаном, коли тиск на шматок тіста менший ніж напруженість, допустима пружність і абсолютна величина тіста збільшується. Цей факт присутній і при зазорі $d=15$ мм, але в процесі замішування проходить велике споживання електроенергії і машина працює при високих динамічних навантаженнях. Таким чином, при пластифікації проходить виділення вологи на поверхні тонкого шматка тіста і при більшій тривалості механічної обробки, структура тіста розріджується завдяки гідролізу полімерів[4].

Тісто, приготовлене по 2-й рецептурі (низька вологість) характеризувалося малою тривалістю релаксації напружень, високою пластичністю, низькою еластичністю. Ці характеристики свідчать про те, що формування структури тіста із борошна 1-го гатунку з малою кількістю води не достатньо для проходження в ньому стійких когезійних зв'язків. В такій структурі тіста вода помалу проникає у внутрішні слої, тому це впливає і на якісні показники тіста-хліба, які будуть розглядатися у подальших роботах.

Отже, механічний вплив (пластифікація) на структуру тіста, повинна сприяти найбільш активним і разом з тим доступним засобом управління його властивостей. Ці впливи повинні бути правильно розподілені по інтенсивності (швидкості деформації), тривалості, щоб не погіршилась структура, густина і пружно-пластичні властивості тіста.

Діаграма розтягування дозволила визначити кращі фізико - механічні властивості пшеничного тіста приготовленого по розробленій рецептурі на дискретній безлопатевій тістомісильній машині. Результати досліджень обґрунтовують доцільність проведення процесу замішування тіста-хліба на дискретній безлопатевій тістомісильній машині при наступних параметрах: тривалість пластифікації (третьої стадії замішування) $\phi_3 = 90$ с, при зазорі $d_3 = (20-35)$ мм. Подальше збільшення часу веде до руйнування фізико –

механічних властивостей тіста-хліба, що відповідно і впливає на параметри при вивантаженні із місильної камери.

Проведений аналіз досліджень процесу в умовах одноосного розтягування тіста, який є невід'ємною складовою в дискретній тістомісильній машині, дозволяє науково обґрунтувати конструктивне рішення настроювання зазору між барабаном і корпусом пластифікатора, утворюючи необхідний профілюючий канал, вивчити та оптимізувати параметри. Завдяки визначеній частоті обертання місильного барабана, тривалості пластифікації та установленим зазором, механічне оброблення тіста визиває суттєві зміни. Тому є значний інтерес досліджувати цей прискорений спосіб, при якому скорочуються процеси приготування тіста – хліба і забезпечується одержання виробів хорошої якості без використання різних добавок.

Література

1. Кафаров В.В. Перемешивание в жидких средах / Кафаров В.В. – М.: Госхимиздат, 1949. – 307 с.
2. Стадник І.Я. Тістомісильні машини безперервної та періодичної дії / Стадник І.Я., Лісовенко О.Т. // Хранение и переработка зерна. – № 2, 2008. – С. 51-52.
3. Деклараційний патент А21С1/00 ПМК²¹ «Тістомісильної машини» / Лісовенко О.Т., Стадник І.Я. Бюлетень №12 від 10.08.07р.
4. Николаев Н.А. Структурно-механические свойства мучного теста. – М.: Пищевая промышленность 1976. – 247 с.