

Замішування тіста у двошвидкісних машинах — шлях до покращання якості виробів

Дробот В.І., доктор технічних наук, **Ковальов О.В.**, **Литовченко І.М.**, кандидати технічних наук
Тесля О.Д., інженер, Національний університет харчових технологій
Мельниченко В.П., технолог ВАТ «Концерн Хлібпром»

Поява на ринку України тістомісильних машин нових конструкцій створює умови для виробництва високоякісної продукції прискореними безопарними способами. Це пов'язано з тим, що у прискоренні дозрівання тіста значна роль належить інтенсивному механічному обробленню під час замішування.

На цей час інтенсивність замісу тіста характеризується питомими затратами енергії (питомою роботою) на одиницю його маси (Дж/г). Інтенсивність механічного оброблення має забезпечити структурно-механічні властивості тіста, оптимальні для подальших процесів його дозрівання, оброблення і випікання. Інтенсивність замішування у машинах періодичної дії досягається збільшенням частоти обертів місильного органу або подовженням тривалості замішування.

Залежно від сили борошна ВНДХП (тепер ДержНДХП Росії) було визначено, що оптимальними затратами енергії для замішування тіста є: з борошна слабого за силою – 15-20, середнього – 25-40, сильного – 40-50 Дж/г. Дослідженнями [5] встановлено, що питома робота на замішування, окрім хлібопекарських властивостей борошна, залежить від низки технологічних факторів, таких як рецептура, температура тіста тощо, і може змінюватися у межах 25-40%.

Проте, на думку багатьох вчених, оцінка інтенсивності замішування за питомою роботою є недосконалою, бо не враховує коефіцієнта корисної дії замішування, який залежить від конструкції робочого органу машини, частоти його обертів. Тобто, якщо конфігурація робочого органу машини не забезпечує рівномірного замішування тіста по всьому об'єму діжі, ефективність нерозтрат на замішування буде

меншою, ніж в машині з рівномірним обробленням, і при однакових затратах енергії на замішування структура тіста буде різною, тобто будемо мати різний технологічний ефект замісу [2, 3]. Тому вчені й конструктори працюють над створенням тістомісильних машин, конструкція яких при мінімальних затратах енергії забезпечить бажаний технологічний ефект.

За останні роки досягнуті успіхи у створенні двошвидкісних тістомісильних машин, принцип дії яких оптимізує процеси утворення тіста при замішуванні [1]. Конструкція двошвидкісних тістомісильних машин передбачає дві стадії замішування тіста. На першій стадії, при меншій швидкості обертання робочого органу, забезпечується рівномірне змішування інгредієнтів, змочування частинок борошна, їх агрегація, сорбція вологи, утворення слабкоструктурованої тістової маси. На другій стадії при більшій швидкості обертання робочого органу відбувається пластифікація тіста, утворення розгалуженого клейковинного каркасу, тісто набуває пружності й еластичності [4].

Україна не виробляє власних двошвидкісних тістомісильних машин. Хлібопекарські підприємства закуповують їх за кордоном.

Найбільше визнання в Україні знайшли двошвидкісні машини марок «Діозна» (Німеччина), Топос (Чехія), Г4-МТМ-330 і Прима-300 (Росія). Даних про затрати енергії на замішування тіста в цих машинах в літературі ми не знайшли.

Останнім часом на Львівському хлібозаводі №5 замість малопотужної машини А2-ХТБ з планетарним робочим органом встановлена машина Смілянського машзаводу А2-ХТЗ-Б, яка має потужність двигуна

4 кВт і число обертів місильного органу (одна спіралеподібна лопать) – 60 хв⁻¹, а також двошвидкісні тістомісильні машини «Діозна» (потужність двигуна 5,5/11 кВт, частота обертів S-подібного місильного органу 85 і 130 хв⁻¹) і машина Г4-МТМ-330 (потужність двигуна 10/11 кВт, частота обертів двоспіралевого місильного органу 47 і 62 хв⁻¹).

Для порівняння затрат питомої роботи на заміс тіста на цих машинах і якості хліба, випеченого з нього, замішували тісто на хліб «Насінневий» подовий за рецептурою, кг:

Борошно вищого сорту	100,0
Дріжджі пресовані	3,0
Сіль	1,5
Цукор	1,8
Посипка «Посип»	3
Масова частка вологи тіста	43,5%

Борошно, що використовували, було середнє за силою: кількість клейковини – 25,8%; ИДК – 78 од. приладу; розтяжність – 17 см; гідратаційна здатність – 178%. Тісто, замішане на різних машинах, обробляли в одній й тій же лінії, випікали в одній печі.

Динаміку енергоспоживання при замішуванні визначали вимірюванням за допомогою приладу РТД-3Г фірми «Елдата» потужності, яку розвиває привід тістомісильної машини, через кожні 30 хв. замішування тіста.

Тривалість замішування на машині А2-ХТЗ-Б – 15 хв.; на машинах «Діозна», Г4-МТМ-330 – за прийнятою на підприємстві програмою: на першій швидкості – відповідно 5 і 3 хв., на другій – відповідно 3 і 5 хв. Під час розрахунку затрат питомої роботи на замішування енергію, витрачену

внаслідок тертя самого приводу, виключали.

Питому роботу визначали за кривою зміни потужності за час замішування. Заграти енергії на замішування визначали як функцію зміни потужності на валу машини:

$$A = \int_0^t P(\tau) d\tau, \text{ Дж},$$

де $P(\tau)$ – функція зміни потужності на валу тістомісильної машини.

Загальні витрати енергії визначали як площу, обмежену кривою зміни потужності та віссю, на якій відображена тривалість замішування. Питому роботу визначали за формулою

$$A_{\text{пит}} = \frac{A}{m}, \text{ Дж/г},$$

де m – маса тіста, що обробляється.

Для проведення розрахунку витрат питомої енергії авторами розроблено програму, яка дає змогу знайти загальну енергію, витрачену на замішування за будь-яку тривалість замісу.

Результати досліджень представлені на рис. 1 і 2.

Встановлено (рис. 1 і 2, крива 1), що у разі замішування тіста в машині А2-ХТЗ-Б потужність на валу двигуна зростає протягом 10 хв. замішування і досягає 3,1 кВт, за цей час затрачена питома робота становить 8,48 Дж/г тіста. Далі потужність на валу двигуна поступово знижується, і на 14 хв. замішуванні складає 2,6 кВт. Це пояснюється активізацією ферментативних процесів, що призводять до деструкції набухлих полімерів борошна, послаблення структури тіста внаслідок перебудови клейковинних білків. Загальна питома робота за 15 хв. замішування в машині А2-ХТЗ-Б складає 13,3 Дж/г.*

У разі замішування тіста в машині «Діозна» (крива 2) зміни потужності на валу двигуна чітко відображають стадії утворення тіста: змішування інгредієнтів, утворення слабкоструктурованої тістової маси внаслідок зв'язування полімерами борошна води і набухання, утворення клей-

ковинного каркасу, пластифікація тіста, часткове послаблення його структури під дією фізико-механічних і біохімічних процесів. Перебіг процесів утворення тіста супроводжується збільшенням затрат енергії на замішування.

За кривою 2 можна передбачити, що при швидкості обертів місильного органу 85 хв^{-1} процеси змішування, сорбції й агломерації тривають близько 3 хв. За цей час

питома робота досягала $2,1 \text{ Дж/г}$. У наступні 2 хв. замішування поглиблюється набухання колоїдів, утворення слабкоструктурованої тістової маси, що призводить до збільшення потужності на валу приводу до 3,9 кВт, а питома робота досягає $3,8 \text{ Дж/г}$.

З переключенням програми замішування на частоту обертів 130 хв^{-1} потужність на валу приводу зростала до 7,9 кВт, а через 2 хв.

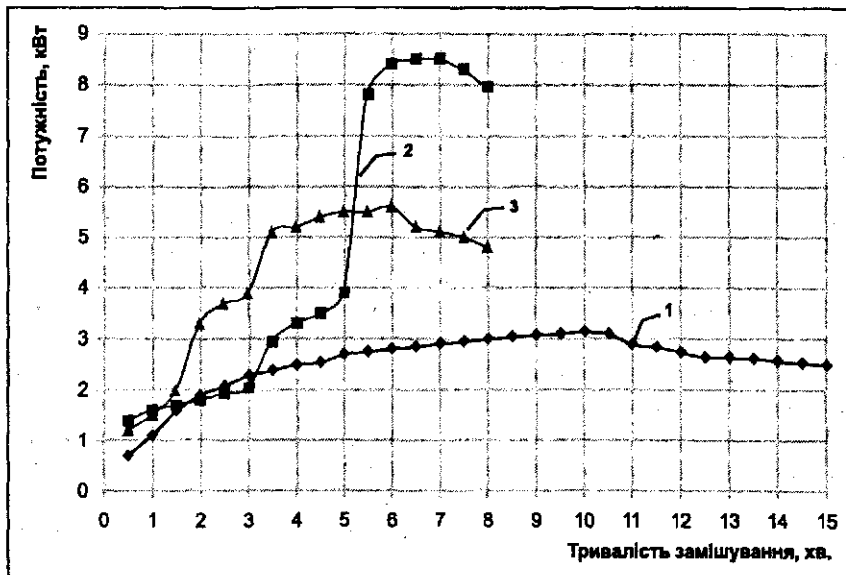


Рис. 1. Зміна потужності на валу приводу місильного органу при замішуванні тіста в машинах: 1 – А2-ХТЗ-Б, 2 – Діозна, 3 – Г4-МТМ-330

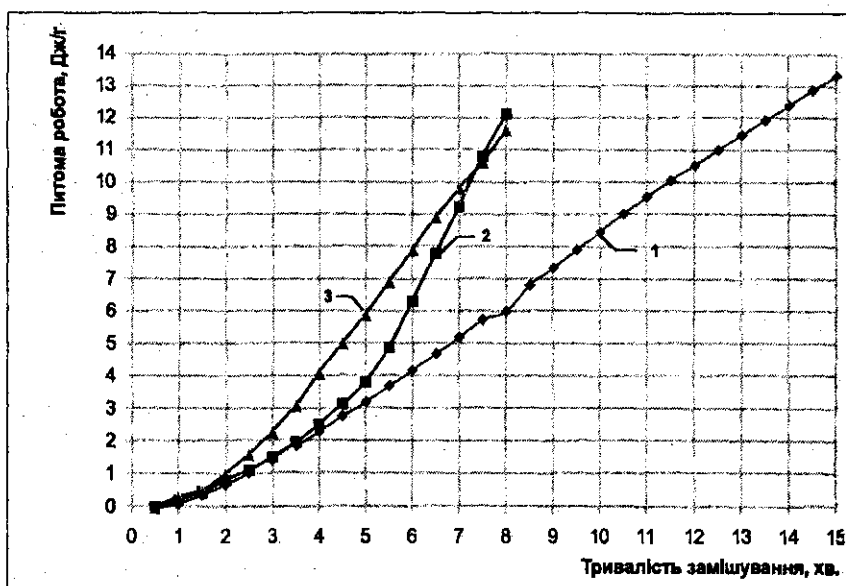


Рис. 2. Зміна потужності на валу приводу місильного органу при замішуванні тіста в машинах: 1 – А2-ХТЗ-Б, 2 – Діозна, 3 – Г4-МТМ-330

*Раніше проведеними дослідженнями було встановлено, що при замішуванні тіста протягом 15 хв. в машині А2-ХТБ з місильною лопаттю рамочного типу питома робота складала лише $7,82 \text{ Дж/г}$ тіста.

– до 8,3 кВт, потім вона знижувалася до 7,9 кВт. Тобто клейковинний каркас досягав максимального розвитку, а тісто набувало найбільшої пружності на 7-й хв. замішування. Загальна питома робота на замішування тіста в машині «Діозна» становила 12,1 Дж/г.

У разі замішування тіста в машині Г4-МТМ-330 на першому етапі, який тривав 3 хв., при швидкості місильного органу 42 хв^{-1} потужність на валу зростала досить швидко до 3,9 кВт, а питома робота за цей час досягала 2,3 Дж/г, тоді як у разі замішування в машині А2-ХТЗ-Б питома робота за цей час була 1,47, а в «Діосні» – 1,5 Дж/г.

Це пов'язано з тим, що потужність двигуна на машині Г4-МТМ-330 на нижній швидкості вдвічі більша, ніж в інших машинах, і становить 10 кВт. Під час пластифікації тіста на цій машині, яка тривала 3 хв., максимальної пружності тісто досягало за 3 хв. За цей час потужність на валу привода зросла до 5,6 кВт, після чого знизилася до 4,8 кВт, тобто тісто послаблювалося. Питома робота на замішування складала 11,6 Дж/г тіста.

Енергія, підведена до маси тіста за одиницю часу під час пластифікації, в машині Г4-МТМ-330 менша, ніж в машині «Діозна», але сумарна кількість затраченої на замішування енергії в цих машинах майже однакова і більша, ніж в машині А2-ХТЗ-Б за однакою тривалість замішування (8 хв.) в 1,9 рази, і менша, ніж у разі замішування в машині А2-ХТЗ-Б протягом 15 хв. на 15,3%. Це підтверджує, що досягнення тістом максимальної пружності під час замішування залежить від конструкції машини.

Вивчали також вплив замішування в різних місильних машинах на технологічний процес і якість хліба при близькій за величиною питомій роботі, витраченій на заміс. Як уже зазначалося, за 8 хв. замішування на машині «Діозна» витрачалася енергія 12,1, на машині Г4-МТМ-330 – 11,6 Дж/г. За кривою 1 (рис. 2) було знайдено, що близькі до цих значень витрати енергії на замішування в машині А2-ХТЗ-Б становили 11,9 Дж/г за тривалості

Таблиця 1. Вплив замішування в різних тістомісильних машинах на технологічний процес і якість виробів

Показники	Тістомісильна машина		
	А2-ХТЗ-Б 11,9	«Діозна» 12,1	Г4-МТМ-330 11,6
Тісто			
Вологість, %	42,5	42,0	42,2
Температура, °С	26,5	26,2	26,0
Кислотність, град:			
початкова	2,0	2,0	2,0
кінцева	2,8	2,6	2,6
Тривалість бродіння, хв.	60	20	25
Тривалість вистоювання, хв.	50	50	50
Виділення CO ₂ , см ³ /100г	598	672	660
Розпливання кульки тіста, %	156	148	150
Хліб			
Питомий об'єм, см ³ /г	2,88	3,46	3,42
Пористість, %	73	75	75
Кислотність, град.	2,4	2,4	2,4
Формостійкість (висота/ширина)	0,57	0,62	0,61

замішування 12 хв. Тому при проведенні подальших досліджень тісто на машинах «Діозна» і Г4-МТМ-330 замішували 8 хв., а на машині А2-ХТЗ-Б – 12 хв.

Встановлено (табл. 1), що в разі замішування тіста у двошвидкісних тістомісильних машинах та машині А2-ХТЗ-Б температура тіста була практично однаковою, тривалість дозрівання тіста скорочувалася до 20-25 хв., виділення CO₂ під час бродіння збільшувалося на 10-12%. Тісто мало кращу газоутримувальну здатність, менше розпливалося. Питомий об'єм хліба був на 15-20% більшим, пористість – кращою. Вироби, незалежно від виду застосованої тістомісильної машини, мали правильну форму, рівномірно забарвлену скоринку, достатньо відчутний смак і аромат. Проте формостійкість хліба (відношення висоти до ширини)

у разі замішування тіста в машині А2-ХТЗ-Б була меншою.

Висновки

При близьких за величиною затратах енергії на замішування тіста в різних за конструкцією тістомісильних машинах якість виробів краща в разі використання двошвидкісних машин.

Замішування тіста на двошвидкісних машинах при затратах питомої роботи значно нижчих, ніж рекомендовані (25-40 Дж/г для борошна, середнього за силою), інтенсифікує дозрівання тіста, зумовлює підвищення якості виробів, вочевидь, внаслідок досконалості їхньої конструкції, яка забезпечує високий технологічний ефект замісу.

Оцінка структурно-механічних властивостей тіста, замішаного на двошвидкісних машинах, потребує подальших досліджень.

Література

1. Анциферов Ю.С. К качеству хлеба – через качественный замес // Хранение и переработка зерна. – 2003, № 9. – с. 53-54.
2. Козлов Р.Ф. Совершенствование замеса хлебного теста // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. 1981, №1. – с. 36-37.
3. Кузьминский Р.В., Щербатенко В.В., Пташкин В.А. и др. Технологический эффект интенсивного замеса теста // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. 1979, № 1. – с. 23-25.
4. Позняков В.Г. Оборудование ОАО «Шебекинский машиностроительный завод» для тестоприготовления // Хранение и переработка зерна. 2005. - № 11. – с. 28-29.
5. Ройтер И.М., Юрчак В.Г., Берзина Н.И. Влияние технологических факторов на оптимальный расход энергии при замесе теста // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. 1980. - №2. – с. 24-25.