

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Харчової біотехнології і хімії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

проф. Покотило О.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« »

2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 181 Харчові технології
(і назва спеціальності)

здобувачу вищої освіти . Васишин Л.В.
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема «Удосконалення технології приготування рідкої опари»
роботи

Керівник роботи Стадник Ігор Ярославович, д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від **29 вересня 2021 року № 4/7-804**

2. Термін подання здобувачем завершеної роботи

грудень 2021

3. Вихідні дані до роботи Спеціальна, періодична література та нормативна документація з питань досліджень. Методики та методи досліджень стандартні та уніфіковані

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Провести літературний та патентний пошук, скласти схему досліджень, опрацювати методи та методики досліджень, обґрунтувати вибір сировини, дослідити вплив досліджуваної сировини на показники якості готової продукції. Обґрунтувати економічну ефективність запроваджених рішень

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Таблиці, графіки, схеми, діаграми

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>			
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>			
<i>Нормоконтроль</i>			

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналітичний огляд та патентний пошук інформації відповідно до теми магістерської роботи</i>	27.09.21 р. – 10.09.21 р.	
2	<i>Складання схеми досліджень, опрацювання методики досліджень</i>	11.10.21 р. – 13.10.21 р.	
3	<i>Виконання експериментальних досліджень</i>	14.10.21 р. – 24.10.21 р.	
4	<i>Опрацювання результатів досліджень</i>	25.10.21 р. – 31.10.21 р.	
5	<i>Проведення технологічних розрахунків</i>	1.11.21 р. – 8.11.21 р.	
6	<i>Оформлення графічної частини</i>	9.11.21 р. – 20.11.21 р.	
7	<i>Збір інформації до виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»</i>	22.11.21 р. – 27.11.21 р.	
8	<i>Закінчення написання розділів та оформлення роботи</i>	29.11.21 р. – 6.12.21 р.	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

•

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	ВСТУП	
1	Технологічна частина	
1.1	Обґрунтування вибору технологічної схеми	
1.2	Технологічні розрахунки	
1.3	Розрахунок продуктивності печей	
1.4	Розрахунок по-фазних рецептур	
1.5	Розрахунок виходу виробів	
1.6	Розрахунок виробничих рецептур і вибір технологічних параметрів	
1.7	Розрахунок витрат сировини і площ для її зберігання	
1.8	Розрахунок і вибір технологічного обладнання	
2	Науково-дослідна частина	
2.1	2.1. Види і переваги двофазних способів тістоготування	
2.2	Схеми і обладнання для приготування рідких опар	
2.3	Інтенсивний спосіб утворення опари	
	Висновки та задачі досліджень	
3.	Мета, об'єкти, предмети та методи дослідження	
3.1	Основні завдання досліджень	
3.2	Організація проведення досліджень	
3.3	Предмети і матеріали дослідження	
3.4	Рецептурний і конструктивний розрахунок технологічних параметрів	
3.4.1	Визначення продуктивності лінії по опарі	
3.4.2.	Технологічний розрахунок продуктивності лінії по борошну та воді	
3.4.3.	Рецептурний розрахунок масової частки краплини води	
3.4.4.	Рецептурний розрахунок швидкості подачі води при розпиленні	
3.4.5.	Швидкість подачі борошна	

3.4.6.	Визначення продуктивності структуроутворення опари	
3.5.	Технологічний проект застосування удосконаленої технології приготування опари	
4.	Аналіз результатів приготування рідкої опари	
4.1.	Дослідження зміни концентрації опари в період дозування	
4.2.	Структурно-механічні властивості рідкої опари	
4.3.	Математична обробка даних	
5.	Розрахунок показників економічної ефективності проекту	
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях Знаки безпеки праці на виробництві	
6.2	Перевтома, її механізми, ступені розвитку та профілактика	
6.3	Допомога при ураженні електричним струмом	
	Цивільна безпека на хлібозаводі	
	Загальні висновки	
	Список використаних літературних джерел	
	Додатки	

АНОТАЦІЯ

Василишин Л.В «Удосконалення технології приготування рідкої опари»– Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Робота за спеціальністю 181 Харчові технології. – Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, Тернопіль, 2021.

Роботу присвячено удосконаленій методиці з обґрунтуванням технології приготування рідкої опари для формового хліба за рахунок застосування апаратів за технологією Рапідо Джет .

Аналітичний огляд вітчизняних та іноземних авторів відносно інформації щодо досвіду й шляхів удосконалення приготування рідинних систем, проведено пошук принципів структуроутворення рідкої опари, розглянуто перспективи регулювання інтенсивного змішування компонентів та тривалості бродіння відносно властивостей борошна у технології формового хліба. Аналітичні дослідження відзначили, що опара в процесі її структуроутворення залежить від множини параметрів технологічного приготування та сировини. Адже прискорення виробництва хлібобулочних виробів виробники стараються виключати або зводити мінімальний час у бродінні напівфабрикатів, так як це затрачається до 76 % усього часу. Це дало поштовх у виборі характеристик та методики для виконання даної роботи.

Існують способи бродіння при підвищених температурах опари й тіста. Ці значення температури досягають оптимального значення. Часто виробники збільшують дозу дріжджів; активують дріжджі. Сьогодні існують способи приготування опари та тіста, які спрямовані на інтенсифікацію бродіння. Не можна виключати в цих способах інтенсивну дію механічних впливів параметрів машин. Результати інноваційного методу із застосуванням установки Рапідо Джет дозволяє забезпечити новий спосіб приготування опари. Згідно удосконаленого методу приготування, частинки борошна подаються в змішувальну камеру й там перехоплюються струменем води та 1% рідких дріжджів, що подаються під високим тиском. Дана методика застосування установки Рапідо Джет забезпечує високу продуктивність в технології

приготування опари. Такий спосіб дозволяє максимально вплинути на структурно-механічні властивості рідкої опари.

Визначено параметри і проведено математичне моделювання процесу утворення опари розробленої рецептури. Подано технологічну схему приготування опари та тіста.

ВСТУП

Хлібобулочні вироби займають важливе місце в харчовому раціоні населення. В зв'язку з цим ставиться задача більш повного задоволення потреб населення в цих продуктах, постійного підвищення їх якості, при зменшенні витрат сировини і енергії.

Вирішальне значення для підвищення ефективності виробництва і перш за все для росту продуктивності праці в хлібопекарській промисловості має впровадження нової техніки, яка сприяє інтенсифікації технологічних процесів, скороченню тривалості виробничих циклів та зменшенню технологічних витрат сировини.

В даному напрямку перспективним є застосування апаратів за технологією Рапідо Джет для приготування рідинних систем. Застосування такого обладнання дозволяє прискорити тривалість замісу опари, зменшуючи таким чином час приготування хліба, а також забезпечити можливість регулювання інтенсивності замісу та тривалості бродіння в залежності від властивостей борошна.

Інноваційна методика із застосуванням установки Рапідо Джет забезпечує повністю новий спосіб приготування опар. При цьому частинки борошна подаються в змішувальну камеру й там перехоплюються струменем емульсії (води та 1% рідких дріжджів), що перебуває під високим тиском.

Відбувається інтенсивне зволоження часточок борошна при дуже високому поглинанні вологи. Часточки склеюються одна з одною, протягом декількох секунд виходить гомогенна опара, яка одразу може використовуватися надалі для приготування тіста.

Науково випробувана методика застосування установки Рапідо Джет забезпечує високу продуктивність і становить інтерес як для ремісничих пекарень, так і для промислових хлібопекарських підприємств.

Актуальність роботи. Аналізуючи стан сучасного вітчизняного ринку борошняних виробів свідчить, що досить широкий представлений асортимент

різної борошняної сировини та відповідно хлібобулочних виробів. Найбільшому відсотковому значенні мають розповсюджені пшеничні види хліба приготовлених по двофазній технології. Обмеженість використання опарного методу від 20%, а іноді до 40%. Це вказує на необхідний пошук використання, крім харчових поліпшуючих добавок, більш сприятливих умов для утворення структури змішуваних компонентів. Адже утворення структурно-механічних властивостей опари досить чітко визначає її характер впливу на подальші технологічні операції.

Розробці та використанні різноманітних харчових добавок для поліпшення властивостей хлібобулочних виробів відзначено в роботах відомих науковців В.П.Ковбаса, Л.І.Пучкової, О.Т. Лісовенка, І.Я. Стадника. Проте, їх досвід і пошук використання добавок в тій чи іншій мірі теж є обмеженим. Він стосується переважно виробів з пшеничного борошна.

Сьогодні досліджень у напрямку інтенсифікації опарного приготування обмаль, вони не вносять характерних напрямків. Питання можливого механізму формування структури опари та якості готових виробів під дією конструктивних і технологічних параметрів обладнання для обговорення і дискусії.

Реологія опари зумовлює своєрідність білкових сполук у макромолекулярному структурному стані. Структури утворені при взаємодії зв'язків. Вони, ковалентні і нековалентні зв'язки чутливі до значень рН й водневих зв'язків. Усе це вказує на вибір механічних впливів.

Таким чином, на наш погляд важливим є якісне управління процесу утворення опари з різної борошняної сировини. Отже, пошук закономірностей і механізмів регулювання реологією середовища та підвищення якості опари і тіста, є актуально.

Робота виконана до програм, планів, тематики. Виконувались згідно тематики навчального процесу і робіт кафедри харчової інженерії ТНТУ ім. Івана Пулюя в межах теми, яку затверджено по упровадження технологій у виробництво.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи теоретичне та експериментальне дослідження технології удосконалення приготування опари і механізмів регулювання її структурно-механічними властивостями шляхом використання конструктивних параметрів обладнання при регулюванні взаємодії фаз.

Нами подано завдання, які мають розкрити суть роботи:

1) розгледати дані про опарний метод приготування хліба;

2) дослідження накопичення титрованої кислотності в опарі, виготовленій традиційним і запропонованим способом;

3) розробка математичної моделі технології утворення рідкої опари;

4) розробка рецептури й технологічних параметрів;

5) визначення необхідної тривалості бродіння виготовленої опари;

6) визначення режимів подачі стисненого повітря і води, при яких якість отриманого кінцевого продукту є найкращою;

7) обґрунтувати економічну ефективність приготування удосконаленого способу приготування опари.

Об'єктом дослідження є технологія приготування рідкої опари.

В роботі ми розглядаємо властивості борошна; реологію, гідратацію, динаміку і її характеристику та параметри конструктивні й технологічні.

Методи дослідження: аналітичні, фізичні, математичні, традиційні методики визначення якості сировини, напівфабрикатів; методи планування експерименту та математичної обробки даних, системного аналізу, реологічні.

Новизною моїх результатів є підстава обґрунтування теорії та експерименту досліджень сформовано концепцію: раціональний можливий параметричний вплив на цілеспрямовану зміну структурно-механічних властивостей рідкої опари дозволяє управляти її якістю.

1) Обґрунтовано доцільність застосування розробленої рецептури й технологічних параметрів;

2) Визначено закономірності взаємодії компонентів в розробленій математичній моделі технології утворення рідкої опари;

3) Встановлено механізм комплексного впливу режимів подачі стисненого повітря і води, при яких якість отриманої опари є найкращою;

4) одержано дані накопичення титрованої кислотності в опарі, виготовленій традиційним і запропонованим способом;

5) Визначено дані тривалості бродіння удосконалено виготовленої опари.

Обґрунтовано достовірність рекомендації на основі перевірки даних досліджень при використанні фізико-хімічного аналізу, вимірjuвальних сучасних приладів, статистики результатів досліджень, математичною моделлю та апробацією технології приготування удосконаленої опари.

Значення магістерської. Результат можливого регулювання процесу утворення опари при взаємодії компонентів для удосконалення технології гетерогенної опари.

Практичність отриманого результату полягає технологія й рецептуру на новий вид утворення опари; технологічні інструкції: з виготовлення борошняних композицій для опари; технологічні інструкції, технологічну схему установки обладнання для удосконаленого приготування напівфабрикатів та тіста.

Проект можливого впровадження науково-технічної розробки здійснити на підприємстві: м.Тернопіль –ТОВ “Тернопільхлібпром». Розроблені та одержані нові результати відображено в навчальній дисципліні, що готують фахівців за спеціальностями 181 в навчальний процес ТНТУ.

Особистий внесок здобувача. Особисто провела дослідження структурно-механічних змін комплексної системи; розробила та обґрунтувала теоретичну уяву механізму взаємодії компонентів та провела експеримент; провела дослід з по раціональним параметра запропонованої технології; формувала висновки, матеріал до публікації.

Апробація результатів досліджень доповідала на науковій конференції

Публікації. Результати досліджень опубліковано 1 теза доповідей на наукових конференціях.

Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку літературних джерел з 27 назв та 1 додатку. Роботу викладено на сторінках основного тексту, що включає таблиць та рисунків.

1. Технологічна частина

1.1. Обґрунтування вибору технологічної схеми

Рідкі опари універсальні. Можна готувати різні вироби, додаючи в рецептуру тіста інші інгредієнти. В різних опарах більш активно, ніж у густих, відбуваються мікробіологічні, біохімічна та колоїдні процеси. В готовому тісті міститься більше амінокислот, цукрів і водорозчинних білків, що забезпечує колір скоринки хліба. Пористість м'якушки покращується і збільшується об'єм готового виробу. Витрати на бродіння менші на 0,3-0,5%, ніж на густих опарах. Для приготування тіста використовують т/м машину безперервної дії Х-26А. Для бродіння тіста використовують корито над подільно - посадочним агрегатом (ДПА) для забезпечення приємного аромату і хорошого смаку на протязі – 40-60 хвилин.

Для приготування хліба використовують вистійно-пічний агрегат Г4-РПА-15. Це дає можливість механізувати процеси формування і випікання, збільшити продуктивність праці, зменшити ручні операції по формуванню виробів і вибору їх з печі.

Операції по формуванню і випіканню хліба обслуговує одна людина.

Покращуються умови праці і звільняється кількість робочих.

1.2 Технологічні розрахунки

Таблиця 1.1

Вихідні данні

Дані, необхідні для розрахунків	Хліб пшеничний
Нормативний Документ	ГОСТ27842-88
Уніфікована рецептура	
Борошно пшеничне I гатунку	100
Дріжджі х/п пресовані	1,0
Сіль кухонна харчова	1,3
Разом	102,3
Вологість, %	44,0
Кислотність, °Н	3,0
Пористість, %	68,0
Маса, виробу кг	0,8
Плановий вихід, %	136,5
Спосіб тістovedення	Рідка опара
Спосіб випікання	У формах
Тривалість вистоювання, хв	40-60
Тривалість випікання, хв	49-50
Марка печі	Г4-РПА-15
Кількість колисок, штуки	48

1.3 Визначення продуктивності печі

Для хліба пшеничного використовують вистійно-пічний агрегат Г4-РПА-15

Продуктивність колискових печей обчислюють за формулою:

$$P_{\text{ГОД}} = \frac{N \cdot n \cdot q \cdot 60}{t_{\text{вип.}}} \text{ кг/ГОД}$$

N - кількість колисок в печі , шт. ;

n- кількість виробів на колисі, шт. ;

q- стандартна маса виробу . кг;

$t_{\text{вип}}$ - тривалість випікання, хв.

$$P_{\text{год}} = \frac{48 \cdot 16 \cdot 0,8 \cdot 60}{50} = 732,3 \text{ кг/год}$$

Добову продуктивність печі обчислюють за формулою :

$$P_{\text{доб}} = P_{\text{год}} \cdot 23 \text{ кг/д}$$

$$P_{\text{доб}} = 732,3 \cdot 23 = 16957,4 \text{ кг/д}$$

1.4 Розрахунок по-фазних рецептур

Розрахунок виробничої рецептури

Хліб пшеничний готують на рідкій опарі т/м машинах безперервної дії.

Масова частка вологи в опарі

$$W = 70 \%$$

Вологість тіста - $W_m = W_x + 1\%$

$$W_m = 44 + 1 = 45 \%$$

Співвідношення дріжджів і води у дріжджовій суспензії - 1+ x-1:3

Концентрація сольового розчину – $c=25\%$

Таблиця 1.2

Маса сухих речовин у тісті .

Сировина	Маса ,кг	Масова частка вологи , %	Масова частка сировини %	Масова частка сировини кг
Борошно пшеничне І г	100	14,5	85,5	85,5
Дріжджі пресовані	1,0	75	25	0.25
Сіль	1,3	-	-	1,3
Разом	102,3			87, 05

Вихід тіста розраховуємо за формулою:

$$G_T = \frac{G_{\text{с.р}} \cdot 100}{100 - W_T} \quad \text{кг}$$

$$G_T = \frac{87,05 \cdot 100}{100 - 45} = 158,3 \text{ кг}$$

Загальна вода для тіста :

$$G_{\text{в}}^T = G_m - G_{\text{сир}} \text{ кг}$$

$$G_{\text{в}}^T = 158,3 - 102,3 = 56 \text{ кг}$$

Допоміжну сировину використовують розчином.

Розчин солі

$$G_{\text{с.р.}} = \frac{100 \cdot P}{C_{\text{ср}}}$$

P- сировина по рецептурі, кг.

$$G_{\text{с.р.}} = \frac{100 \cdot 1,3}{25} = 5,2 \text{ кг}$$

Вода для розчину солі :

$$G_{\text{в}}^{\text{с.р.}} = G_{\text{с.р.}} - P \text{ кг}$$

$$G_{\text{в}}^{\text{с.р.}} = 5,2 - 1,3 = 3,9 \text{ кг}$$

Дріжджова суспензія на опару: $G_{\text{др.с.}} = \frac{100 \cdot P(1+x)}{100} \text{ кг}$

$$G_{\text{др.с.}} = \frac{100 \cdot 1,0(1+3)}{100} = 4 \text{ кг}$$

Вода для суспензії

$$G_{\text{в}}^{\text{др.с.}} = 4,0 - 1,0 = 3,0 \text{ кг}$$

Вода для приготування тіста

$$G_{\text{в}}^{m.з} = 56,0 - 3,9 = 52,1 \text{ кг}$$

Маса борошна на опару:

$$G_{\text{б}}^{\text{о}} = \frac{G_{\text{в}}^{T.з}(100 - W_{\text{о}}) + G_{\text{др.с.}}(W_{\text{др.с.}} - W_{\text{о}})}{W_{\text{о}} - W_{\text{б}}} \text{ кг}$$

$$G_{\text{б}}^{\text{о}} = \frac{52,1(100 - 70) + 1,0(75 - 70)}{70 - 14,5} = 28,3 \text{ кг}$$

Маса води - опару:

$$G_{\text{в}}^{\text{о}} = 52,1 - 3,0 = 49,1 \text{ кг}$$

Велика рідка опара:

$$G_{\text{о}} = G_{\text{б}}^{\text{о}} + G_{\text{в}}^{\text{о}} + G_{\text{др.с.}} \text{ кг}$$

$$G_{\text{о}} = 28,3 + 49,1 + 4,0 = 81,4 \text{ кг}$$

Дані зводимо в таблиці

Таблиця 1.3

По-фазна рецептура для хліба пшеничного II сорту великої рідкої опари

Сировина	Маса ,кг	Опара	Тісто
Борошно пшеничне І г	100	28,3	71,7
Дріжджова суспензія	4,0	4,0	-
Сольовий розчин	5,2	-	5,2
Вода	49,1	49,1	-
Опара			81,4
Разом		81,4	158,3

1.5 Вихід хліба

$$M_{\text{сир}} = M_{\text{б}} + M_{\text{др}} + M_{\text{с}} + M_{\text{к.м.т.д}}, \text{ кг}$$

Маса компонентів - $G = 102,3$ кг

Середня вологість, w %

$$W_{\text{сер.зв.}} = \frac{(M_{\text{б}} \cdot W_{\text{б}} + M_{\text{др}} \cdot W_{\text{др}} + M_{\text{с}} \cdot W_{\text{с}} + M_{\text{к}} \cdot W_{\text{к}})}{M_{\text{сер}}}, \%$$

$$W_{\text{сир.}} = \frac{100 \cdot 14,5 + 1,0 \cdot 75 + 1,3}{102,3} = 14,9 \%$$

$$G_{\text{т}} = G_{\text{сир.}} \cdot \frac{100 - W_{\text{сир.}}}{100 - W_{\text{т}}}$$

$$G_{\text{т}} = 102,3 \cdot \frac{100 - 14,9}{100 - 45} = 158,3$$

$$B_{\text{б}} = D_{\text{б}} \cdot \frac{100 - W_{\text{б}}}{100 - W_{\text{т}}}, \%$$

$$B_{\text{б}} = 0,03 \cdot \frac{100 - 14,5}{100 - 45} = 0,04$$

$$W_{\text{сер.}} = \frac{14,5 + 45}{2} = 29,75$$

$$B_{\text{т}} = D_{\text{б}} \cdot \frac{100 - W_{\text{відх.}}}{100 - W_{\text{т}}}, \%$$

$$B_{\text{т}} = 0,6 \cdot \frac{100 - 29,75}{100 - 45} = 0,07$$

$$Z_{\text{розд.}} = \text{ДМ.} \cdot \frac{W_{\text{т}} - W_{\text{б}}}{100 - W_{\text{т}}}, \%$$

$$Z_{\text{розд.}} = 0,8 \frac{(45-14,5)}{100-45} = 0,4$$

Витрати на бродіння

$$Z_{\text{бр}} = \frac{(0,95 \cdot d_{\text{бр}}) \cdot (M_{\text{сир}} - Z_{\text{роз}}) \cdot (100 - W_{\text{сир}})}{1,96 \cdot (100 - W_T) \cdot (100 - W_T)}, \%$$

$$Z_{\text{бр.}} = \frac{0,95 \cdot 3,5(102,3 - 0,4)(100 - 29,75)}{1,96(100 - 45)^2} = 3,6$$

Затрати при упіканні

$$Z_{\text{уп.}} = D_{\text{уп.}} \cdot \frac{M_T(B_{\text{б}} + B_T + Z_{\text{р}} + Z_{\text{бр}})}{100}, \%$$

$$Z_{\text{уп.}} = 8 \frac{158,3 - (0,04 + 0,07 + 0,4 + 3,6)}{100} = 12,3$$

$$Z_{\text{ус}} = D_{\text{ус}} \cdot \frac{M_T - (B_{\text{б}} + B_T + Z_{\text{б}} + Z_{\text{бр}} + Z_{\text{уп}} + Z_{\text{укл}})}{100}, \%$$

$$Z_{\text{ус.}} = 3 \frac{158,3 - (4,11 + 12,3)}{100} = 4,2$$

$$Z_{\text{укл}} = D_{\text{укл}} \frac{M_{\text{б}} - (B_{\text{б}} + B_T + Z_{\text{б}} + Z_{\text{бр}} + Z_{\text{уп}})}{100}, \%$$

$$Z_{\text{укл.}} = 0,5 \frac{158,3 - (4,11 + 12,3 + 20,61)}{100} = 0,7$$

$$V_{\text{шт.}} = 0,4 \frac{158,3 - 21,31}{100} = 0,5$$

Факт. вихід хліба

$$V_{\text{ф}} = G_T - (B_{\text{б}} + B_m + Z_{\text{роз.}} + Z_{\text{бр}} + Z_{\text{уп}} + Z_{\text{ус}} + Z_{\text{укл}} + V_{\text{шт.}})$$

$$V_{\text{ф}} = 158,3 - 21,8 = 136,5\%$$

1.6. Розрахунок виробничої рецептури і вибір технологічних параметрів .

Рідка опара готується машині ХЗМ-300 .

Розрахунок на 1 заміс:

Борошно на 1 порцію:

$$G = \frac{V_p \cdot G_{\text{б}}}{G_{\text{р.о}}} \text{ кг}$$

$$G_{\text{б}}^n = \frac{250 \cdot 28,3}{81,4} = 87 \text{ кг}$$

$$\text{Коефіцієнт перерахунку: } K = \frac{G_{\text{б}}^4}{G_{\text{б}}^0}$$

$$K = \frac{87}{28,3} = 3,1$$

Таблиця 1.4

Виробнича рецептура приготування опари

Сировина	Маса	Коефіцієнт перерахунку	Витрати на 1 заміс
Борошно пшеничне І г	87,0		270
Дріжджова суспензія	4,0	3,1	12,4
Вода	49,1		152,2
Разом	142,1		434,6

Опара на заварочній машині ХЗМ-600, а тісто в т/м неперервної дії .

Сировина на заміс тіста за 1 хв.

Коеф. по-фазної рецептури, год.

$$K = \frac{G_B^{\text{год}}}{100 \cdot 60}$$

$G_B^{\text{год}}$ – витрата борошна , кг ,

$$G_B^{\text{год}} = \frac{G_{\text{год}} \cdot 100}{V_{\text{п}}} \text{ кг/ГОД}$$

$$V_{\text{п}} - \text{вихід, \%} \quad G_B^{\text{год}} = \frac{737,3 \cdot 100}{136,5} = 540 \text{ кг/ГОД}$$

$$K = \frac{540}{100 \cdot 60} = 0,09$$

Таблиця 1.5

Виробнича рецептура приготування тіста , кг/хв.

Сировина	маса	Коеф. перер.	В тісто за 1 хв
Бор. пшен.І г	71,7		6,45
Сольовий р-н	5,2	0,09	0,47
Опара	81,4		7,33
Разом	158,3		14,250

1.7. Розрахунок витрат сировини.

$$\text{Добові: } G_{\text{доб}}^{\text{б}} = \frac{P_{\text{доб}} \cdot 100}{\text{Вня}} = \text{кг/д}$$

$$\text{Добові сировини: } G_{\text{сир}} = \frac{G_{\text{доб}}^{\text{б}} \cdot P}{100} \text{ кг/д}$$

$$\text{Добові бор. пшен. I сорт: } G_{\text{доб}}^{\text{б}} = \frac{16957,4 \cdot 100}{136,5} = 12423 \text{ кг/д}$$

$$\text{Добові: 1) др. прес } G_{\text{др}} = \frac{12423 \cdot 1,0}{100} = 124,2; \text{ солі } G_{\text{др}} = \frac{12423 \cdot 1,3}{100} = 161,5 \text{ кг/д}$$

Таблиця 1.5

Складський запас сировина

Сировина	Добові витрати	Термін зберігання	Склад. запас	Вид зберігання
	кг/д	д.н	кг	
Бор пш. I г	12423	7	86961	БЗБ
Др . прес	124,2	3	372,6	-----
Сіль	161,5	15	2423	----- збер.

1. 8. Розрахунок і вибір технологічного обладнання

При розрахунках обладнання нами передбачено:

4 силоси ХЕ-160 А із 2 лініями; просіювач «ПБ-1,5» та для борошна приготування тіста 2 бункери Х-112($V=2,73\text{м}^3$); установка зберігання сольового розчину т1-хст; проща холодильної камери для дріжджів пресованих $1,1\text{м}^2$.

Загальний об'єм для бродіння опари - 540кг/д , а для тіста т/м машина безперервної дії Х-26А ($p_m = 15-30\text{т/добу}$). Об'єм для бродіння тіста $0,7\text{м}^3$ і виброджене тісто ділимо автоматом ДПА.

Вистоювання в шафі з робочими колицками 53 у вистійно-пічному агрегаті Т4-РПА-15. Площа хлібосховища 1777м^2 та контейнерами для зберігання хліба – 15 з лотками в контейнері – 46.

Площа експедиції 20% від хлібосховища

$$S_{\text{скен.}} = 0,2 \cdot S_{\text{хл}} \text{ м}^2$$

$$S_{\text{скен.}} = 0,2 \cdot 177 = 35,4\text{м}^2$$

2. Науково-дослідна частина

2.1. Види і переваги двофазних способів тістоготування

На хлібопекарських підприємствах найчастіше використовується однофазний спосіб приготування тіста, оскільки він є вигіднішим в економічному плані. Він зменшує час приготування тіста, а також собівартість готової хлібобулочної продукції. Але якість, а, отже, і попит на хліб відповідно погіршується порівняно з тими масовими сортами хліба, що готуються на заводах за двофазним способом приготування (хліб «Український» і батон нарізний). Тому, як зазначають науковці, стоїть задача в розробці ефективної технології й обладнання для приготування опар, що скоротить витрати і тривалість двофазного способу тістоприготування.

Виробництво хліба й хлібобулочних виробів на сучасному хлібопекарському підприємстві здійснюється в основному на поточно – механізованих лініях, що складаються з комплексу машин і апаратів, вимірювальної техніки, органічно пов'язаних між собою, у яких протікають технологічні процеси.

Набула поширення і технологія готування пшеничного тіста на рідких напівфабрикатах. Рідкі опари готують вологістю 65 % та вище. Завдяки малій в'язкості та рухливості їх можна транспортувати трубопроводами, що полегшує механізацію процесу приготування та транспортування напівфабрикатів. Бродіння рідких опар відбувається рівномірно та більш інтенсивно. Під час вироблення тіста на рідких напівфабрикатах з інтенсивним замішуванням тіста і скороченням процесу бродіння до оброблення виключається потреба у місткостях для бродіння тіста, підвищуються можливості керування технологічним процесом.

Рідкі опари готують на пресованих або рідких дріжджах. Інколи в рідкий напівфабрикат кладуть сіль. В одних випадках допускається бродіння тіста до оброблення, в інших тісто після інтенсивного замішування відразу подають на оброблення або короткочасне бродіння.

Нам відомо про вологість рідкої опари, що вона становить біля 70 %. При такій вологості, опара має високу текучість та її можливо точно дозувати. Її склад становить до 30 % всієї маси борошна від приготування тіста. Часто додають сіль в опару, але її у невеликій кількості позитивно впливає на якість хліба. Це стосується борошна з низькою клейковиною, що впливає на збільшення газотримувальної здатності тіста.

Важливим способом підвищення продуктивності праці та збільшення економічної ефективності виробництва є інтенсифікація технологічного процесу. Щоб прискорити процес виробництва хліба, доцільно виключити або звести до мінімуму стадії бродіння напівфабрикатів, на які витрачається до 75 % загального часу.

Прискорення бродіння досягають: підвищенням температури напівфабрикатів та тіста до оптимального значення; збільшенням дози (вмісту) дріжджів; активацією дріжджів або добором активніших штамів мікроорганізмів для приготування рідких дріжджів чи рідких заквасок.

Відомі й інші способи інтенсифікації бродіння: електрофізичне оброблення дріжджової суспензії, внесення в тісто мінеральних солей для живлення дріжджів, додавання до пресованих дріжджів їх плазмолізатів тощо.

Сьогодні є різні методи приготування опари: безперервним, безперервно-порційним та порційним. Так, інтенсифікація механічної дії робочого органу впливає на прискорення дозрівання. Для опари і тіста завжди є певно визначений рівень питомої роботи. Величина оптиму Дж на 1 кг тіста, тобто слабке борошно - 15-25, середнє за силою - 25-40 і міцне - 40-50.

Визначення готовності збодженої опари та тіста можна за тривалістю їх бродіння або значенням кислотності (титрованої), а саме краще - та зовнішнім виглядом опари і тіста. Для приготування напівфабрикатів викоистовують добавки, але є і без використання добавок. В цьому способі напівфабрикати готують при допомозі фази яка містить велику кількість дріжджів (до 5 %). Крім цього виробники застосовують інтенсивний метод оброблення компонентів із скороченим терміном бродінням. Компоненти борошна і води змішують за 10 хв, до утвореної спокійної суміші додають дріжджі на одну

годину за температури 32°C. Після години бродіння додаються всі складові компоненти по рецептурі і замішують тісто. За 30-хвилин бродіння, тісто поступає на розділення.

За такого способу тістоприготування важливо добитись інтенсивного спиртового бродіння в період вистоювання, щоб компенсувати відсутність стадії тривалого бродіння напівфабрикатів. Цей спосіб має ряд переваг: спрощується апаратурна схема виробництва булочних та здобних виробів, значно полегшується перехід від вироблення одного сорту до іншого, забезпечується можливість організації двозмінної роботи на підприємстві. Структурна схема технологічного процесу опарним способом на рідких дріжджах показана на рис. 2.1.

Суть даної структурної схеми приготування опари та тіста із використанням рідких дріжджів. На більшості великих хлібозаводах досить часто використовується цей спосіб із-за його простої схеми та кращої якості виробів.

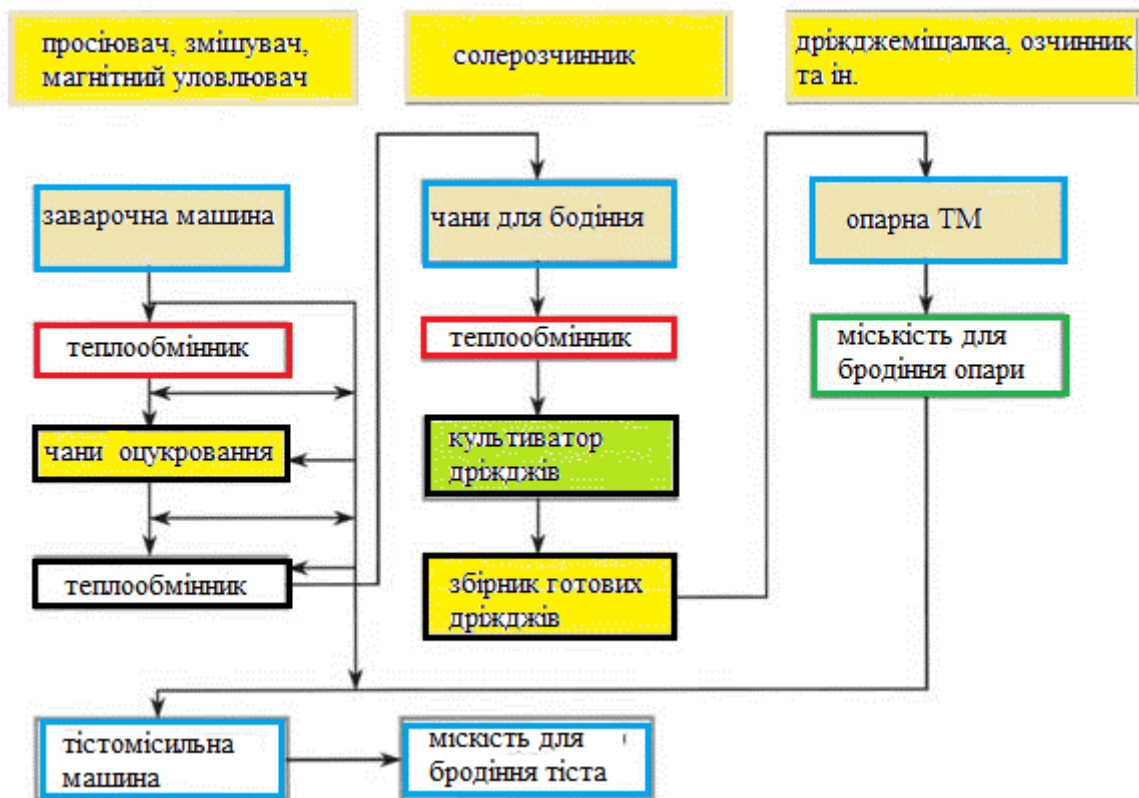


Рис. 2.1. Структурна схема проходження приготування опари за допомогою рідких дріжджів

2.2. Схеми і обладнання для приготування рідких опар

При безперервному способі приготування тіста використовують рідкі та густі опари. Рідкі опари мають вологість 68 – 75%, вміст борошна – 25–30%. Процес бродіння рідких опару триває 3,5–4,5 год і проходить більш рівномірно і інтенсивно, тому що дріжджі в рідкому середовищі більш активні. При замісі тіста на рідких опарах застосовують інтенсивний механічний заміс. Отримане тісто надходить на оброблення одразу без бродіння або процес бродіння різко скорочений у часі (до 30 хв). Цей спосіб є найбільш економічно вигідним.

Рідкі опари застосовують переважно у виробництві хліба із пшеничного борошна II сорту і обойного, що готується на рідких дріжджах. Готують також рідкі опари із пшеничного борошна I сорту на пресованих дріжджах або на пресованих разом з рідкими дріжджами.

Виробництво якісного хліба на рідких опарах вимагає якнайбільше кількості борошна приймало участь в бродінні на першій фазі. Максимальний передбачений вміст борошна в рідкій опарі з усією водою, передбачає приготування тіста. Бажано для вологості опари 65 % щоб було до 40 % усього борошна. При вологості 75 % – приблизно 30 %. Як раніше відзначалося, оптимальна є вологість біля 70%. Зниження вологості до 65% приводить до підвищення в'язкості опари, а це складне її транспортування по трубопроводах. За такої вологості зменшується кількість зброженого борошна, що вноситься з опарою в тісто, а також погіршуються умови життєдіяльності дріжджів.

Клітини дріжджів у рідкій опарі має кращі умови для бродіння, порівняно з густою та накопичення значної біомаси. Оптимальною температурою при дозріванні рідкої опари є 28–32 °С з часом бродіння від 3,5 до 5 год. Це залежить від її вологості, сорту борошна, якості дріжджів та температури.

При приготуванні опари із суміші пресованих і рідких дріжджів, то їх кількість має бути в межах 10–15 % до маси усього борошна. Так, для опари з першого сорту вносять 15–20 % другого сорту і дріжджі за рецептурою. Є допуски для зменшення пресованих дріжджів 31 – 49 %. Дані опари бродять 3,6–4.2 год.

Для зниження в'язкості опар, зменшення піноутворення, стабілізації кислотності, в опару додають частину солі – 0,3 – 0,5 % до маси борошна в тісті. Сіль у рідких опарах у меншій мірі пригнічує дріжджі, ніж у густих, бо концентрація солі в них у 1,5 рази нижча, ніж у густих опарах при однаковому дозуванні. У солоних опарах затримується протеоліз білкових речовин, покращується газоутримуюча здатність тіста. Але додавати всю передбачену рецептурою сіль в опару недоцільно, бо при цьому сповільнюється процес вистоювання тістових заготовок. Оптимальна кількість солі, що додається в опару, становить 50% від усієї маси солі, передбаченої рецептурою.

Готовність опари визначають за її кислотністю і підйомною силою. Кінцева кислотність опар з пшеничного борошна першого сорту – 3.5–5, другого – 5–6.5, обойного – 8–9 град. Підйомна сила за спливанням кульки – 17 – 25 хв.

Виділяють рідкі опари з великою кількістю води і малою, тобто великі і густі. Велика опара – це опара приготовлена з усієї кількості води згідно призначеної рецептури. Дана опара найчастіше використовується на заводах і є простим варіантом її приготування. Малу рідку опару готують із частини води до якої додають меншу частку зброженого борошна.

Універсальність опар полягає у приготуванні різних виробів та змінювати рецептуру під час замішування тіста. На підприємствах дозволяє більш раціонально організувати тістоготувальному активніше, ніж у густих. Згідно досить відомих даних [4,7,10,15] проходять біохімічні, мікробіологічні та колоїдні процеси. Із за цього в готовому тісті є більше водорозчинних білкових речовин, амінокислот і цукрів, а це хороший об'єм, пористість і колір скоринки виробів. Використання рідкої опари зменшує затрати при бродінні 0,3 – 0,5 % відносно приготуванні тіста на густих опарах.

Рідка опара добре зберігається при низьких температурах. При температурі 13 °С кислотність її за дві доби підвищується на 1,1 град, підйомна сила змінюється незначно, при 20 – 24 °С через добу кислотність підвищується на 2 – 3 град. При перерві в роботі на 8 – 48 год рідку опару необхідно охолодити до 10–15 °С, а перед замішуванням – підігріти. Охолодження і нагрівання здійснюють за допомогою змішувиків, установлених в ємкостях для бродіння опари.

Рідкі опари готують періодичним (порційним) або безперервним способами. У промисловості найбільш поширеним є періодичний спосіб приготування рідких опар. На окремих підприємствах застосовують і безперервний спосіб.

При періодичному способі для приготування рідких опар використовують машини ХЗ – 2М – 300. У машину дозують воду, пресовані чи рідкі дріжджі, сольовий розчин і борошно. Сировину перемішують до одержання сметаноподібної маси найчастіше вологістю 70 ± 2 %. Із машини опару насосом транспортують згідно черги в ємкість для бродіння. Час із циклом завантаження секцій складає час бродіння опари. Після цього її вивантажують до напірного чану. Ємкість де була опара миється та завантажується наступну партію опари для бродіння. Транспортуюча опара поступає в дозатор та подається на замішування тіста.

Безперервний спосіб приготування опари передбачає замішування у неперервно діючих машинах класу Х–12, А2-ХХТ. Бродіння проходить в спеціальних місткостях. Є і готування опари порційно. Використання такого способу вимагає використовувати коритоподібні і циліндричні ємкості. Для більш наглядного розуміння даного процесу нами подана структура приготування тіста великою рідкою опарою на рідких дріжджах (рис. 1.2).

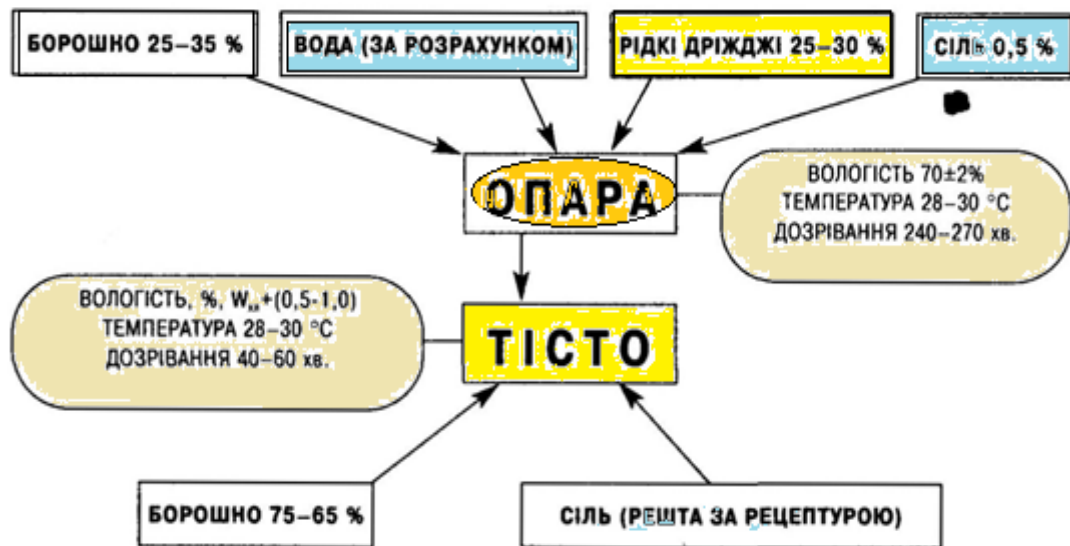


Рис. 2.2. Схема приготування тіста 2 сорту на великій рідкій опарі

Порційний спосіб приготування тіста в діжy полягає в тому, що в діжy дозують опару, борошно, сольовий розчин, додаткову сировину, передбачену рецептурою. В даному випадку використовується А2-ХТБ, Т1-ХТ-2А та інші. Інтенсивність досягається за час замішування 15 – 20 хв. Такий заміс впливає на дозрівання тіста до 35–65 хв.

Це робить особливо актуальним завдання форсування дозрівання тіста в період його бродіння до оброблення. Форсування процесу дозрівання тіста може бути досягнуто прискоренням процесів власне бродіння, посиленням механічного впливу на тісто й застосуванням ряду спеціальних добавок [3].

Вирішуючи це завдання, варто пам'ятати й про пов'язане з ним завданням підвищення якості, смаку й аромату хліба.

Форсування бродіння є одним з можливих шляхів прискорення дозрівання тіста.

Для цього можуть застосовуватися різні способи:

а) збільшення кількості пресованих або рідких дріжджів, внесених при замісі в безопарне тісто або в опару; при приготуванні тіста на рідких заквасках, що подаються безперервно, або інших напівфабрикатах, які зброджуються – збільшення їхньої кількості, внесеної в тісто при замісі;

б) попередня активація пресованих дріжджів, на яких готується опара або тісто;

в) застосування не пресованих дріжджів, а більш активного по бродильній здатності дріжджового молока (дріжджового концентрату);

г) при приготуванні тіста на рідких дріжджах, заквасках або інших зброджуючих напівфабрикатах – підбір і застосування більш активних рас і штамів бродильних мікроорганізмів (дріжджів і молочнокислих бактерій);

д) включення в рецептуру тіста суміші мінеральних солей, необхідних для харчування дріжджових клітин;

е) підвищення температури тіста або напівфабрикатів (опари та ін.) до температури, оптимальної для форсування бродіння.

Ці способи в тому або іншому ступені вже багато років використовуються в хлібопеченні при приготуванні пшеничного тіста. При їхньому застосуванні варто не випускати з виду якісні показники готового до оброблення тіста (достатній вміст зброджуючих цукрів, структурно– механічні властивості тіста, що забезпечують безперебійне проходження його через округлюючо–закаточні машини й агрегати для вистоювання й, що найважливіше, одержання хліба гарного об'єму, правильної форми, повноцінного по смаку й аромату).

У нашій країні за останні десятиліття розроблений цілий ряд способів і агрегатів, що інтенсифікують процес приготування тіста. Нижче будуть коротко охарактеризовані окремі з них.

2.3. Інтенсивний спосіб утворення опари

Розроблено і застосовуються в хлібопекарській промисловості й багато інших варіантів прискореного приготування пшеничного тіста. Приготування тіста із застосуванням ферментованої емульсії – суспензії, де спочатку готується ферментована емульсія – суспензія, на якій потім готується тісто. Ферментована емульсія – суспензія готується на ультразвуковому диспергаторі, що має водяну сорочку й обробляє внесену в нього масу при частоті коливань 25 кГц.

В диспергатор вносять всю воду, передбачену рецептурою виробу, з температурою 35 – 40°C, а потім і всю додаткову сировину (цукор, жир і біопрепарат з пивних дріжджів, що має високу ферментативну активність) і доводять температуру маси, яка обробляється, до 40 – 45°C. Після 5 – 7 хв в цю масу вносять 25% загальної кількості борошна й продовжують обробку ще 15 – 18 хв. Потім температуру маси, яка обробляється, знижують до 33 – 35°C і вносять у неї пресовані дріжджі (у кількості на 0,5% більше їх норми при опарному способі). Після ще 5 – 8 хв обробки емульсії – суспензії в диспергаторі вона надходить у ємність для бродіння, яке триває протягом 30 – 40 хв.

На вибродженій емульсії – суспензії замішується тісто, яке після 90 – 120 хв бродіння передається на оброблення.

Також існує прискорений спосіб приготування пшеничного тіста на диспергованій фазі. Цей спосіб розроблений фахівцями хлібопекарської промисловості Естонії і знайшов широке застосування на хлібопекарських підприємствах Прибалтики.

Диспергуюча фаза має вологість близько 60% і на її приготування йде 30% загальної кількості борошна, цукор, жир, молочні продукти й 3% пресованих дріжджів. Диспергуюча фаза являє собою сметаноподібну масу й виброджує протягом 30 хв. Потім на диспергованій масі здійснюється заміс тіста на машині X – 12 зі шнеком для додаткової механічної обробки тіста.

Після приблизно 30 хв бродіння тісто направляється на поділ. Відмічена гарна якість продукції із тіста приготовленого цим способом, а також і те, що

його застосування полегшує перехід виробництва на двохзмінну роботу з єдиним вихідним днем.

За кордоном існують інші методи й агрегати для комплексно-механізованого інтенсифікованого приготування пшеничного тіста, які ми опишемо нижче.

У Чехословаччині розроблені, виробляються й застосовуються тістоприготувальні агрегати КВПТ – 1000 і КВПТ – 500 (продуктивністю відповідно 1000 і 500 кг/год) для приготування пшеничного тіста на рідкій опарі й агрегати КВТ–1000 і КВТ–1500 для житнього й житньо-пшеничного тіста, що готується на рідкій заквасці.

Рідкий напівфабрикат (опара або закваска) бродить 3 – 4 год у циліндричній 12-секційній ємності, а заміс тіста здійснюється в місильній машині інтенсивної дії. Замішане тісто надходить на стрічковий транспортер для короткочасного (30 – 40 хв) бродіння, а з нього в приймальний бункер тістоподільника.

В Угорщині створені, виробляються й застосовуються агрегати ФТК – 1000 для приготування пшеничного тіста на рідкій опарі, що бродить протягом 3,5 – 4 год у багатосекційному бункері, з якого вона потім направляєється для замісу тіста в тістомісильну машину безперервної дії, що інтенсивно механічно впливає на тісто. Замішане тісто надходить для короткочасного бродіння на стрічковий транспортер, з якого попадає в прийомний бункер тістоподільника.

У Німеччині фірма "Вернер унд Пфлейдерер" робить агрегати з тістомісильними машинами інтенсивної дії, що застосовуються й у інших країнах. Ці агрегати включають і холодильні установки для охолодження тіста, яке замішується.

Питома робота замісу за 4 – 5 хв повинна дорівнювати 40 Дж на 1 г тіста.

Чорлейвудський спосіб забезпечує одержання хліба гарного об'єму, з тонкостінною й рівномірною структурою пористості й світлим м'якушем. Однак смак і аромат хліба виражені явно недостатньо.

У США інтенсифіковані способи тістоприготування почали застосовуватися, починаючи з 1953 – 1954 рр. Спосіб "Ду – Мейкер" і агрегат для його здійснення був розроблений ще в 1953 р. і передбачає приготування пшеничного тіста на безборошняному рідкому напівфабрикаті, який попередньо вибродив (преферменті).

Цей напівфабрикат готується з 70% води від загальної її кількості в тісті, дріжджів (2% до маси борошна в тісті), мінерального харчування для дріжджів, цукру (3%), знежиреного сухого молока (6%), солодового екстракту (0,4%) і солі й бродить у відповідних ємностях при 31 – 32°C протягом 2,5 год.

При замісі тіста до напівфабрикату, що вибродив, додається борошно, розчин покращувача окисної дії, жир і вода. Заміс тіста проходить на установці безперервної дії, що включає попередній змішувач для замісу вже однорідного тіста, і остаточний – на тістоформуєчій машині для додаткової механічної обробки, після виходу з якої тісто одразу ж направляється на тістоподільник. Таким чином, стадія бродіння тіста до його оброблення повністю виключена.

В 1954 р. у США був розроблений спосіб "Емфлов" і тістоприготувальний агрегат для його здійснення. Цей спосіб також передбачає приготування пшеничного тіста на попередньо зброженому рідкому напівфабрикаті, двухстадійний безперервно–потоківий заміс тіста (на попередньому змішувачі, а потім на остаточному тістоформуєчій) і направлення тіста на оброблення одразу ж після його замісу. Однак цей спосіб передбачає внесення в напівфабрикат, який зброджується, і частини борошна.

Спочатку в напівфабрикат вносилося 10 – 16% від загальної кількості борошна. Після накопичення досвіду виробництва хліба цим способом було встановлено, що для поліпшення смаку й аромату хліба доцільно підвищити частку борошна, внесеного в напівфабрикат, до 25% і більше.

Приготування пшеничного тіста способами "Мейкер" і "Ефлов" знайшло широке застосування в США, Канаді й ряді інших країн. Однак частина споживачів хліба, виробленого із застосуванням цих способів приготування тіста, вважала бажаним наближення ряду його властивостей (смаку й аромату, структурно–механічних властивостей м'якуша) до властивостей хліба, що

вироблявся з тіста, приготовленого традиційними, в основному опарними, способами [3].

Перераховані варіанти інтенсифікації механічного впливу на тісто самі по собі ще не вирішують завдання підвищення якості, смаку й аромату хліба. Тому не тільки українські, але й закордонні дослідники працюють над включенням у виробничу рецептуру інтенсифікованого приготування пшеничного тіста спеціальних добавок, що поліпшують якість (смак, аромат і текстуру м'якуша) хліба.

Глибоке вивчення біохімічних, колоїдних і мікробіологічних змін, що протікають на різних етапах виробництва хліба, дозволило розробити ряд нових способів його приготування, що мають значні технологічні й економічні переваги порівняно із традиційними методами.

Запропоновані за останні десятиліття численні варіанти нової технології хлібопечення можна умовно класифікувати на дві групи: способи, в основу яких покладене інтенсивний механічний вплив на тісто робочих органів швидкохідних тістомісильних машин, і комбіновані способи, у яких здійснюється інтенсифікація мікробіологічних і біохімічних процесів різними методами, а більш тривалий заміс у звичайних тістомісильних машинах являє собою додатковий захід.

Запропонований варіант технології (Щербатенко, Патт, Столярова, 1967) передбачає інтенсифікацію бродіння шляхом застосування рідких напівфабрикатів без солі, з додаванням ферментних препаратів, поверхнево-активних речовин, а також деяких органічних кислот (молочної, лимонної) для поліпшення смаку й аромату хліба.

Тісто готується на цьому напівфабрикаті із застосуванням більш тривалого замісу, витрати енергії на заміс при цьому диференціюються залежно від якості клейковини: від 25 Дж/г тіста для слабкої клейковини й до 45 Дж/г – для міцної клейковини. Застосування цих способів значно скорочує строки дозрівання тіста, що до оброблення бродить протягом короткого часу. По якості хліб, приготовлений за цією технологією, не відрізняється від хліба, виробленого традиційним опарним способом, що вимагає значно більше часу й

обумовлює більш високу витрату вуглеводів на бродіння. Процес при цьому скорочується з 8 – 9 год до 2 – 2,5 год.

Другий варіант нової технології, розробленої ВНДІХПом (Щербатенко, Патт, Крамініна, Скубарєва й співроб., 1973 – 1977 рр), передбачає роздільне приготування трьох напівфабрикатів: такого, що набухає, тобто суміші борошна з водою, дріжджового й молочнокислого, з наступним їхнім змішуванням. Перевага цього способу полягає в тому, що в бездріжджовому напівфабрикаті процес набрякання (і, імовірно, автолізу) клейковинних білків іде більш швидко. Треба відмітити, що по більш ранніх пропозиціях (Іноч і Губер, 1962) найкращі результати виходять, якщо бездріжджовий напівфабрикат готують більш рідким, тому що це забезпечує більш швидке набухання білків. Характеристика напівфабрикатів і режими їх приготування, запропоновані ВНДІХПом, представлені нижче:

для міцної клейковини. Застосування цих способів значно скорочує строки дозрівання тіста, що до оброблення бродить протягом короткого часу. По якості хліб, приготовлений за цією технологією, не відрізняється від хліба, виробленого традиційним опарним способом, що вимагає значно більше часу й обумовлює більш високу витрату вуглеводів на бродіння. Процес при цьому скорочується з 8 – 9 год до 2 – 2,5 год.

Другий варіант нової технології, розробленої ВНДІХПом (Щербатенко, Патт, Крамініна, Скубарєва й співроб., 1973 – 1977 рр), передбачає роздільне приготування трьох напівфабрикатів: такого, що набухає, тобто суміші борошна з водою, дріжджового й молочнокислого, з наступним їхнім змішуванням. Перевага цього способу полягає в тому, що в бездріжджовому напівфабрикаті процес набрякання (і, імовірно, автолізу) клейковинних білків іде більш швидко. Треба відмітити, що по більш ранніх пропозиціях (Іноч і Губер, 1962) найкращі результати виходять, якщо бездріжджовий напівфабрикат готують більш рідким, тому що це забезпечує більш швидке набухання білків. Характеристика напівфабрикатів і режими їх приготування, запропоновані ВНДІХПом, представлені нижче:

	Молочнокислий	Дріжджовий	Що набухає
Вологість, %	64 – 65	60 – 65	44 – 45
Кислотність, °Н	7 – 8	4 – 4,5	2,5 – 2,0
Підйомна сила, хв.	–	28 – 30	–
Тривалість бродіння	3	1	3

Бродіння тіста триває від 30 до 40 хв, а отриманий хліб по якості не поступається приготованому звичайним способом. Сумарні витрати сухих речовин на бродіння скорочуються вдвічі, так само як і тривалість усього процесу. Один з варіантів цього способу передбачає також інтенсивний заміс тіста [6].

Завершити виклад даного розділу доцільно нагадуванням про те, що хліб, одержуваний при будь-яких інтенсифікованих способах приготування тіста, повинен бути не тільки добре розпушений, мати гарну форму, великий об'єм і тонкостінну, дрібну й рівномірну пористість, але й бути повноцінним по смаку й аромату, не поступаючись цим хлібу з тіста, приготовленого традиційними способами.

Тому важливими є розгляд удосконалення технології, призначеної для двохфазного способу приготування тіста. Ми розглянемо новий спосіб для прискореного приготування рідкої опари за технологією Рапідоджет.

Існують різні варіанти обладнання, в якому використовується технологія Рапідоджет (рис.2.3). Всі їх об'єднує те, що інноваційні розробки Рапідоджет забезпечують абсолютно новий спосіб приготування опари: частинки борошна, які падають у трубу з нержавіючої сталі, змочуються водою,

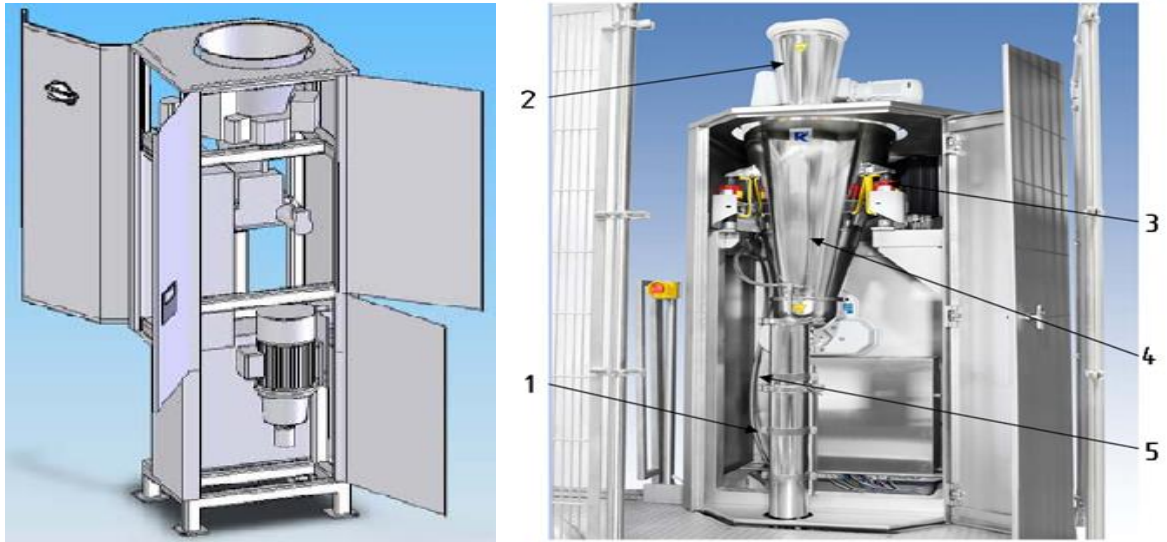


Рис.2.3. Схеми змішування за технологією РапідоДжет

яка подається під високим тиском з сопла, що обертається. В результаті інтенсивного зволоження, пиловидні частинки (крохмаль і білок) створюють однорідну опару протягом декількох секунд.

Науково перевірена і запатентована в усьому світі, технологія РапідоДжет забезпечує високу продуктивність і може використовуватися для підприємств малої і великої потужності [5].

Технологія РапідоДжет забезпечує швидке приготування заквасок і опар на пшеничному і житньому борошні з продуктивністю до 3000 кг тіста/год.

Наведені матеріали показують, що для подальшого вдосконалювання процесу зброджування пшеничних напівфабрикатів необхідно провести ряд досліджень у різних напрямках. З метою автоматизації контролю й регулювання ходу бродіння необхідно виявлення основних показників, що характеризують дозрівання напівфабрикату, його готовність до подальших етапів виробництва хліба. Можна припустити, що такими показниками будуть служити характеристики реологічних властивостей опари й тіста, наприклад їх в'язкість. Для цього, однак, потрібне накопичення великого експериментального матеріалу, що характеризує зміну реологічних властивостей напівфабрикатів, виготовлених по певних рецептурах і технології.

Важливе завдання зниження витрати вуглеводів на зброджування більш доступний шлях – інтенсифікація процесу дозрівання білків тіста інтенсивним

механічним впливом або додаванням протеолітичних ферментів. Однак у цьому напрямку також необхідне проведення великої серії досліджень.

Тому не випадково, що кінцева кислотність опари приймається за один з показників їх готовності чи ступеня зрілості, кислотність хліба є одним з показників його якості, які включені в стандарт на хліб.

Залежно від виду, якості, чистоти чистих культур бродильних мікроорганізмів, які застосовуються, від умов забезпеченості їх матеріалом для зброджування, активної кислотності й температури в напівфабрикатах буде накопичуватися цілий ряд продуктів бродіння. Поряд з основними продуктами – вуглекислим газом і спиртом або молочною кислотою – у культуральному середовищі будуть зустрічатися інші спирти, кислоти, карбонільні з'єднання. Фактичний баланс бродіння досить складний, але дослідження цього аспекту детальніше дасть нам змогу покращити виробництво хліба, яке є не досить якісним на сьогодні, скоротити тривалість виготовлення, знизивши при цьому собівартість виробництва, а відповідно звернути увагу дослідників на те, в якому напрямку треба працювати.

Висновки та задачі досліджень

При виконанні магістерської роботи нами була переглянута література, в якій вивчались основні показниками технологічного процесу, зокрема: титрована кислотність, кількість виділеного вуглекислого газу, бродильна здатність мікроорганізмів, вміст дріжджових клітин. Тож отримані дані характеризували інтенсивність біохімічних і мікробіологічних процесів, що протікають у рідкому напівфабрикаті й тісті при різному їх співвідношенні, температурі й тривалості бродіння.

Результати досліджень підтверджують закономірне збільшення кількості дріжджових клітин при бродінні напівфабрикату опари. Однак є певні відмінності в темпах розмноження дріжджів залежно від рецептури напівфабрикату, його вологості й температури бродіння. Дані показують, що найбільша кількість дріжджових клітин міститься в рідкому напівфабрикаті на

заварці. Додавання повареної солі помітно знижує інтенсивність розмноження дріжджів і газоутворення в тісті, позитивно впливаючи, однак, на його газоутримуючу здатність.

Виробництво опари з використанням енергії стисного і повітря і води, яка подається під тиском, є одним з перспективних напрямків розвитку харчової промисловості, до переваг якого відносять можливість виготовлення широкого асортименту виробів, зниження собівартості продукції, високу ступінь механізації процесу. Застосування такої технології у хлібопекарській промисловості для замісу тістових напівфабрикатів, окрема рідких опар, порівняно з традиційними технологіями, дозволяє скоротити тривалість технологічного процесу, виробничі площі, зменшити вартість устаткування.

3. Мета, об'єкти, предмети та методи дослідження

Проведено напрямки виконання досліджень по удосконаленні технології приготування рідкої опари, встановлено напрямки, методичку, предмет й речовини дослідження, подано характер режимів подачі рідинної фази, накопичення титрованої кислотності, тривалості бродіння виготовленої опари. Розглянуто планування та математичне узагальнення експериментальних результатів. Дослідження по удосконаленню приготування опари має вирішити проблему в технології борошняних напівфабрикатів.

Рідка опара- дисперсна система в якій є просторовий каркас дисперсного борошна, а вода є прямим дисперсним середовищем.

3.1. Основні завдання досліджень

Основним завданням є режими замісу опари. Нам відомо, що дозуючі компоненти взаємодіють під дією механічних впливів конструктивних параметрів машини. Наше удосконалення ґрунтується на подачі борошна зі швидкістю від 2 до 8 м/с, а також зміні швидкості подачі води в межах 41,5 – 83,5 м/с. Відповідно ми можемо спостерігати зміну концентрації на початку утворення опари, а це основний показник якості замісу опари. Крім цього він є при математичному моделюванні. Тому важливим є визначення режимів подачі двох компонентів та їх аналіз.

Якість режимів при змішуванні компонентів за мінімального періоду одержання рівномірності взаємодії є технологічним ефективним процесом. Ефект опари – це структурно-механічні властивості: пружність, пластичність, густина, в'язкість.

Виходячи з вищесказаного, завданнями наукових досліджень процесу приготування рідкої опари з використанням технології РапідоДжет є:

- 1) розробка рецептури й технологічних параметрів;
- 2) розробка математичної моделі технології утворення рідкої опари;
- 3) визначення режимів подачі стисненого повітря і води, при яких якість отриманого кінцевого продукту є найкращою;

- 4) дослідження накопичення титрованої кислотності в опарі, виготовленій традиційним і запропонованим способом;
- 5) визначення необхідної тривалості бродіння виготовленої опари.

3.2 Організація проведення досліджень

Проаналізовані нами наукові роботи стосовно удосконалення технології рідких опар вказують на вплив параметрів машини. Тому другим об'єктом дослідження є конструкція установки, в роботі якої використано технологію Рапідоджет. З розглянутих двох конструкцій простішою у відтворенні на практиці і аналізі є конструкція дугоподібної труби, тому надалі мова йтиме саме про неї.

Дослідною установкою, показаною на рис. 3.1, є ємність, в якій здійснюється процес замісу рідкої опари.

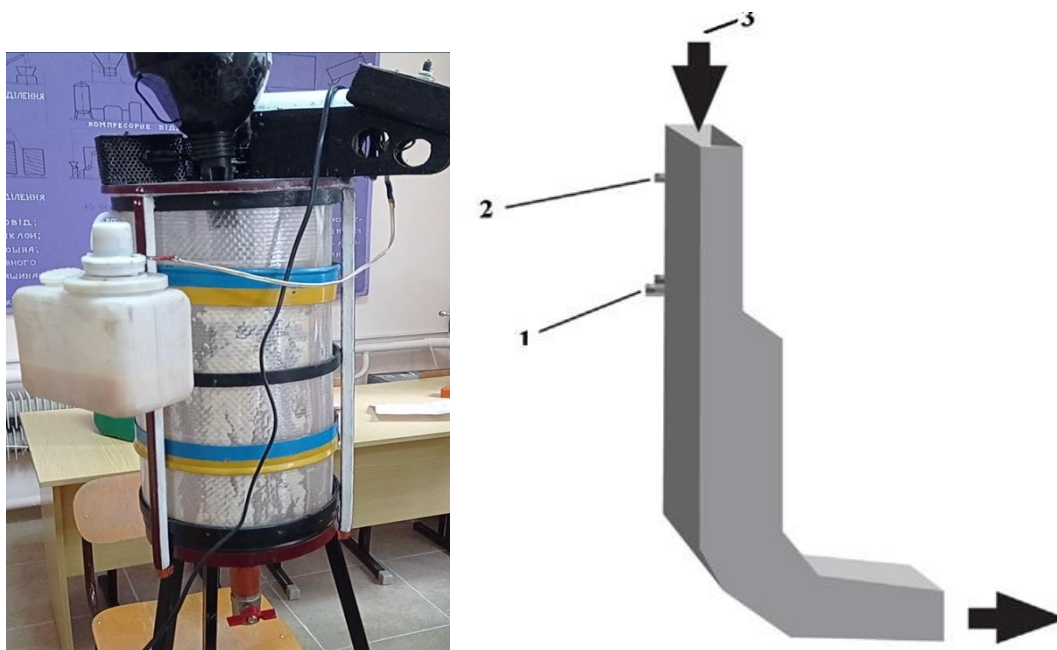


Рис. 3.1. Модель і схема для проведення дослідження: 1 – повітря під тиском; 2 - вода під тиском; 3 – подача борошна

На відстані від початку ємності по центру встановлений патрубок для подачі повітря під тиском, оскільки основа технології – це зволоження пиловидних часточок борошна, які перебувають у завислому стані за рахунок повітря. Нижче по центру встановлені три патрубки для подачі рідини (води під тиском), яка буде зволожувати частинки борошна. Зверху по вертикалі подається борошно, його густина становить 600 кг/м^3 . Рідина подається в об'єм

установки густиною 1000 кг/м^3 . Отримана змішана суміш має вільний вихід внизу ємкості.

Процес базується на тому, що пиловидні частинки борошна в падінні змочуються струменем води під високим тиском, завдяки чому відбувається миттєве створення клейковини. Замішана опара потім виводиться через низ установки. Окрім сопла високого тиску, в установці використовується інше сопло для стисненого повітря, яке змушує борошно на початку процесу витати в повітрі [5].

Порівняти два способів замісу – традиційний і з використанням технології Рапідоджет – можна з допомогою рис.3.2. і табл.3.1.

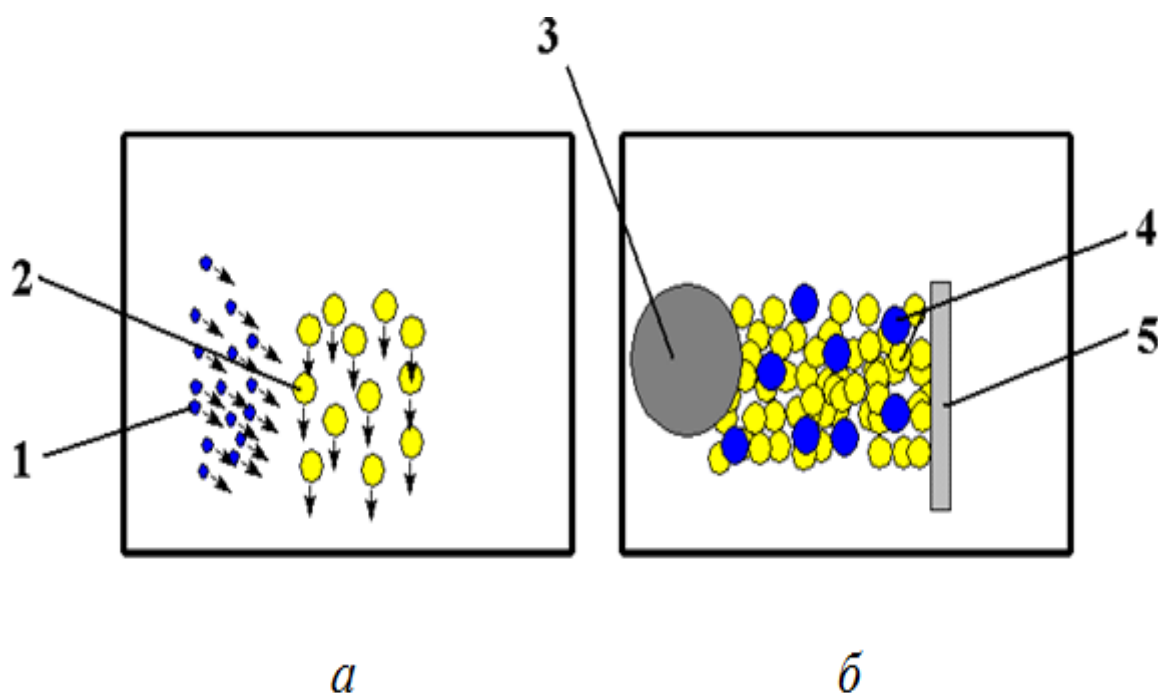


Рис. 3.2. Схема взаємодії компонентів: а- в новій установці; б - в тістомісильній машині зі спіраллю: 1- вода; 2 – борошно; 3 – спіраот; 4- вода + борошно; 5 – робоча камера

Інноваційна методика із застосуванням установки Рапідоджет забезпечує повністю новий спосіб приготування заквасок і опар. При цьому компоненти борошно, сіль і дріжджі – оптимально з додаванням заквасочної культури й залишкового тіста – подаються в змішувальну камеру й там перехоплюються водяним струменем, що перебуває під високим тиском [5].

Порівняння витрат використання конструкції РапідоДжет з
тістомісильною машиною

Показники	Тістомісильна машина	Конструкція РапідоДжет
Витрати енергії, кВт/год	8 – 16	1,3 – 7
Потреба у виробничих площах, м ²	3	0,1
Тиск води, бар	0	70

Відповідно до завдань розроблено схему проведення досліджень (рис. 3.3). Розглянуто основні етапи та підходи до об'єктів дослідження.

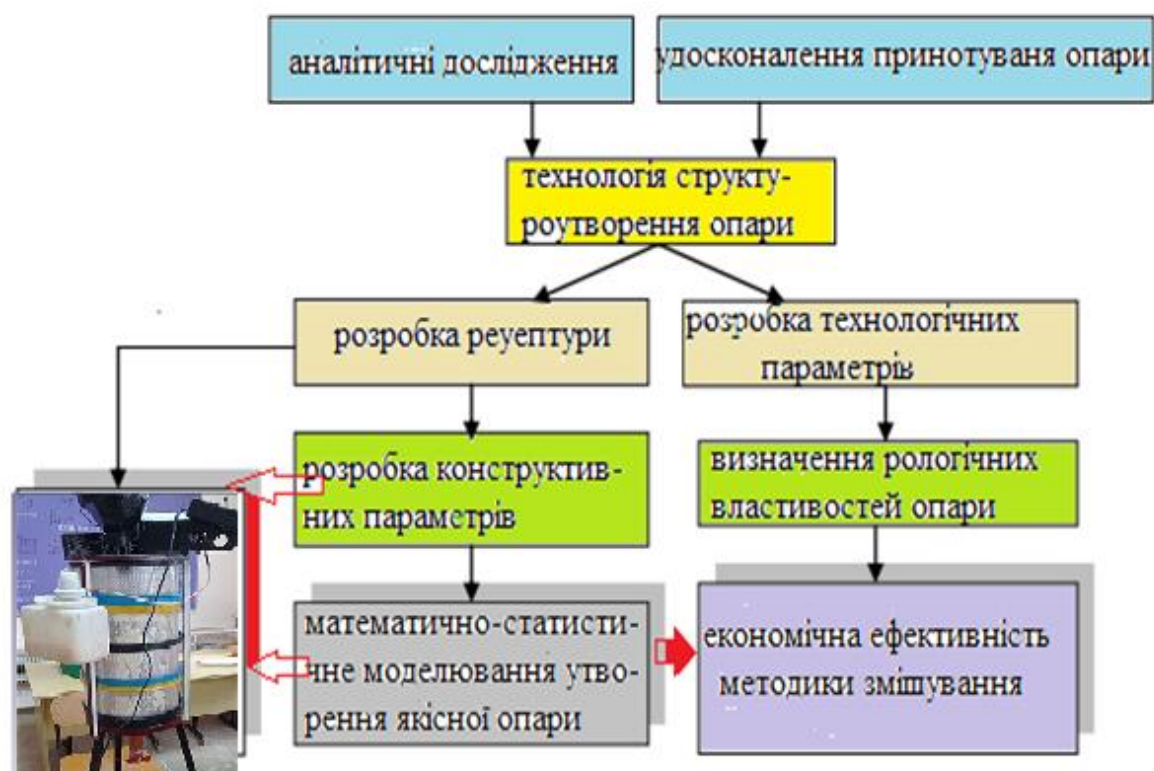


Рис.3.3. Схема проведення досліджень

Відбувається інтенсивне зволоження компонентів разом з борошном при дуже високому рівні поглинання вологи. Часточки склеюються одна з одною, протягом декількох секунд утворюється гомогенна опара, що одразу може використовуватися надалі в приготуванні тіста.

Методи об'єктивного визначення готовності пшеничних напівфабрикатів хлібопекарського виробництва [3,4] за показник її готовності прийнято

зниження в ній швидкості газоутворення. Для тіста на цій опарі як показник його готовності прийнято зниження майже до нуля швидкості зміни величин r_{H_2} , що характеризує його окислювально-відновний потенціал. При готовності тіста швидкість зміни цього показника дорівнює від 0,01 до 0,02 од. $r_{H_2}/xв$.

3.3. Предмети і матеріали дослідження

Матеріалом для досліджень було борошно 2 сорту, дріжджі пресовані, сіль, вода для рідкої пшеничної опари вологістю 65 -70 %. Борошно пшеничне вологістю $13,8 \pm 0,2$ %. Методи аналізу: відбір проб - по ГОСТ 5667-65; методи аналізу – по ГОСТ 21094-75, ГОСТ 5670-51, ГОСТ 5669-51. Рецептúra подана у таблиці 3.2

Таблиця 3.2

Сировина, напівфабрикати та параметри технологічного процесу	Витрати сировини, кг/діжу і параметри процесу	
	Опара	Тісто
Борошно пшеничне другого сорту, кг	65,0	35,0
Дріжджі, кг	1,25	-
Розчин солі, кг	-	6,25
Вода, кг	48,31	9,06
Вологість, %	65	43,5
Температура початкова, $^{\circ}C$	29	30
Тривалість бродіння, хв	30.0	0,5
Кислотність кінцева, град	3,5	3
Тривалість вистоювання, хв	-	30
Тривалість випікання, хв	-	40

Опис будови установки. Установка для замісу рідких опар, в якій використано технологію Рапідоджет (див.рис.3.1), складається з корпусу, до якого зверху подається борошно. По сторонам на деякій відстані знаходиться форсунка для підводу суспензії (вода+дріжджі). Подача здійснюється під тиском 70 бар насосом НП – 150. Отже, частинки сипких компонентів, що знаходяться в зваженому стані, зволожуються струменем суспензії і, швидко,

менш ніж за 1,5 хв проходить заміс опари, яку можна передавати на бродіння і подальшу обробку.

Лабораторна установка складається змішувальної камери у вигляді труби 2 Ø100 мм. Вентилятором 8, який працює від електромережі (Домовент – 100С~50 Гц, 14 Вт, 94 м³/с), здійснюється подача повітря, яка регулюється заслонкою позаду нього.

Борошно та інші сипкі компоненти подаються до труби і далі розпилюються потоком повітрям. Розпилене борошно потрапляє під механічну форсунку 3, куди подається вода. Витрата води вимірюється лічильником 6. Частинки борошна вже в процесі падіння зволожуються потоком рідких компонентів, тут проходить поглинання вологи і відбувається заміс опари.

Оцінку дослідження проведена за рівнем значимості P . Повторність дослідів трьохразова. Результати вважали достовірними за довірчого рівня $P < 0,05$.

Графіки 0результатів побудовані при допомозі програмного забезпечення Microsoft Exel 2010.Ink, Mathsoft Mathcard Enterprise EditionON V11.A.

3.4. Рецептурний і конструктивний розрахунок технологічних параметрів

3.4.1 Визначення продуктивності лінії по опарі:

$$P_{\text{оп}} = P_{\text{хл}} \cdot (1 + u_{\text{уп}}) \cdot (1 + u_{\text{ус}}) = 1100 \cdot (1 + 0,08) \cdot (1 + 0,03) = 1270$$

кг/год

де $P_{\text{хл}} = 1100$ кг/год - продуктивність лінії по гарячому хлібу;

$u_{\text{уп}} = 8\%$ - коефіцієнт упікання ;

$u_{\text{ус}} = 3\%$ - коефіцієнт усихання;

3.4.2 Технологічний розрахунок продуктивності лінії по борошну та воді:

Вміст рідких дріжджів в опарі для конструкції Рапідоджет складає 1%, вміст борошна 30% , а води - 70% від усієї маси. Тоді продуктивність по борошну і воді становить:

$$P_{\text{води}} = \frac{1270 \cdot 0,7}{0,99} = 871,2 \text{ кг/год}$$

$$P_{\text{бор}} = \frac{1270 \cdot 0,3}{0,99} = 322,48 \text{ кг/год}$$

Звідси об'ємна подача цих компонентів складає:

$$V_{\text{води}} = \frac{P_{\text{води}}}{3600 \cdot \rho_{\text{води}}} = \frac{871,2}{3600 \cdot 1000} = 0,000242 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$V_{\text{бор}} = \frac{P_{\text{бор}}}{3600 \cdot \rho_{\text{бор}}} = \frac{322,48}{3600 \cdot 600} = 0,000103 \text{ м}^3/\text{с}$$

де $\rho_{\text{води}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ – густина води;

$\rho_{\text{бор}} = 600 \text{ кг/м}^3$ – густина борошна;

3.4.3. Рецептурний розрахунок масової частки краплини води:

$$m_{\text{к.в}} = \rho_{\text{води}} \cdot V_{\text{к.в.}}$$

де $\rho_{\text{води}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ – густина води;

$V_{\text{к.в.}}$ – об'єм краплини води, який розраховується за формулою:

$$V_{\text{к.в.}} = \frac{4}{3} \pi \cdot R_{\text{к.в.}}^3 = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 10^{-6} = 5,233 \cdot 10^{-13} \text{ м}^3$$

де $R_{\text{к.в.}} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ – радіус краплини води, що вилітає з форсунки

$$m_{\text{к.в}} = \rho_{\text{води}} \cdot V_{\text{к.в.}} = 1000 \cdot 5,233 \cdot 10^{-13} = 5,233 \cdot 10^{-10} \text{ кг}$$

3.4.4. Рецептурний розрахунок швидкості подачі води при розпиленні:

$$v_{\text{води}} = \frac{V_{\text{води}}}{\frac{\pi \cdot D_{\phi}^2}{4}}$$

Розраховуємо діаметр факела розпилення:

$$D_{\phi} = k \cdot \frac{8\sigma g}{\rho_{\text{пов}} \cdot V_{\text{п}}^2}$$

де $V_{\text{води}} = 0,000368 \text{ м}^3/\text{с}$ – об'ємна подача води;

$\sigma = 72,86 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$ – поверхневий натяг води;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння;

$\rho_{\text{пов}} = 1,1855 \text{ кг/м}^3$ – густина повітря

$V_{\Pi} = 64 \text{ м/с}$ – швидкість продукту на виході з сопла

$$D_{\phi} = k \cdot \frac{8\sigma g}{\rho_{\text{пов}} \cdot V_{\Pi}^2} = 2,5 \cdot \frac{8 \cdot 72,86 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8}{1,1855 \cdot 64^2} = 2,941 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$v_{\text{води}} = \frac{V_{\text{води}}}{\frac{\pi \cdot D_{\phi}^2}{4}} = \frac{0,000368}{\frac{3,14 \cdot 2,941 \cdot 10^{-3}^2}{4}} = 54,147 \text{ м/с}$$

3.4.5. Швидкість подачі борошна:

Швидкість руху борошна визначають в залежності від швидкості подачі повітря $v_{\text{пов}}$ та швидкості витання часточок $v_{\text{вит}}$ – швидкості рівномірного падіння часточки в нерухомому газі або повітрі. Швидкість витання можна визначити з критерію Рейнольдса:

$$\text{Re}_{\text{вит}} = \frac{v_{\text{вит}} \cdot d_{\text{екв}}}{\nu} \quad v_{\text{вит}} = \frac{\text{Re}_{\text{вит}} \cdot \nu}{d_{\text{екв}}}$$

де $v_{\text{вит}}$ – швидкість витання часточки, м/с; $d_{\text{екв}}$ – еквівалентний діаметр часточок, м; $\nu = 15,575 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – кінематична в'язкість газу.

Для визначення еквівалентного діаметра для часточок неправильної форми можна використовувати залежність:

$$d_{\text{екв}} = 1,243 \sqrt[3]{\frac{G_{\text{ч}}}{\rho_{\text{ч}}}}$$

де $G_{\text{ч}} = 1,689 \cdot 10^{-8} \text{ кг}$ – маса часточки; $\rho_{\text{ч}} = 600 \text{ кг/м}^3$ – густина часточки.

$$d_{\text{екв}} = 1,243 \sqrt[3]{\frac{1,689 \cdot 10^{-8}}{600}} = 3,772 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

Критерій Рейнольдса $\text{Re}_{\text{вит}}$ знаходять через критерій Федорова:

$$\text{Re}_{\text{вит}} = A \cdot Fe^n,$$

де A , n – сталі величини, які визначаються експериментально (для зерна $A=0,19$, $n=1,56$; для круп $A=0,027$, $n=1,9$ при $115 \leq Fe \leq 260$ і $210 \leq \text{Re} \leq 860$; Fe – критерій Федорова (він виражає відношення потоку завислих часточок до потоку рідини або газу):

$$Fe = d_{\text{екв}} \cdot \sqrt[3]{\frac{4g}{3\nu^2} \cdot \left(\frac{\rho_{\text{ч}}}{\rho_{\text{пов}}} - 1 \right)} = 3,772 \cdot 10^{-4} \cdot$$

$$\sqrt[3]{\frac{4 \cdot 9,8}{3 \cdot 15,575 \cdot 10^{-12}} \cdot \left(\frac{600}{1,1855} - 1\right)} = 11,345$$

$$Re_{\text{ВИТ}} = 0,027 \cdot 11,345^{1,9} = 2,726$$

$$v_{\text{ВИТ}} = \frac{2,726 \cdot 15,575 \cdot 10^{-6}}{3,772 \cdot 10^{-4}} = 0,113 \text{ м/с}$$

Швидкість повітря можна визначити з відношення :

$$v_{\text{ПОВ}} = \frac{V_{\text{ПОВ}}}{S_{\text{ТР}}}$$

де $V_{\text{ПОВ}} = 6,594 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ – об'ємна подача повітря

$S_{\text{ТР}} = 3,14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ – площа перерізу отвору подачі води

$$v_{\text{ПОВ}} = \frac{6,594 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot 10^{-6}} = 2,111 \text{ м/с}$$

Тепер визначаємо швидкість подачі борошна:

$$v_{\text{БОР}} = v_{\text{ВИТ}} + v_{\text{ПОВ}} = 0,113 + 2,111 = 2,224 \text{ м/с}$$

3.4.6. Визначення продуктивності структуроутворення опари

Швидкість руху опари визначають за формулою:

$$v_{\text{ОПАРИ}} = \frac{m_{\text{ВОДИ}} \cdot v_{\text{ВОДИ}} + G_{\text{Ч}} \cdot v_{\text{БОР}}}{m_{\text{ВОДИ}} + G_{\text{Ч}}}$$

де $m_{\text{ВОДИ}} = 5,233 \cdot 10^{-10} \text{ кг}$ – маса краплини води.

$$v_{\text{ОПАРИ}} = \frac{5,233 \cdot 10^{-10} \cdot 54,147 + 1,689 \cdot 10^{-8} \cdot 2,224}{5,233 \cdot 10^{-10} + 1,689 \cdot 10^{-8}} = 3,954 \text{ м/с}$$

$$П = v_{\text{ОПАРИ}} \cdot S_{\text{АПАР}} \cdot \alpha$$

де $S_{\text{АПАР}} = 0,0625 \text{ м}^2$ – площа перерізу ємності на виході опари;

$\alpha = 0,5$ – коефіцієнт заповнення камери змішування продуктом.

$$П = 39,082 \cdot 0,0625 \cdot 0,5 = 3,966 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

Продуктивність конструкції з використанням технології РапідоДжет можна перевірити:

$$П_{\text{НАЯВ}} = V_{\text{БОР}} + V_{\text{РІД}} = 0,000103 + 0,000242 = 0,000345 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\Delta = \frac{П - П_{\text{НАЯВ}}}{П} \cdot 100\% = \frac{|3,966 \cdot 10^{-4} - 3,45 \cdot 10^{-4}|}{3,966 \cdot 10^{-4}} \cdot 100\% = 13\%$$

Отже, з розрахунків видно, що впровадивши в лінію приготування хліба конструкцію Рапідоджет, продуктивність приготування рідкої опари зросте на 13 %, що є досить вигідним впровадженням.

3.5. Технологічний проект застосування удосконаленої технології приготування опари

При виробництві хліба неперервним способом із можливим використанням технології Рапідоджет нами запропоновано схему. По запропонованій схемі потрібно дотримуватися таких вимог: безперервна подача сировини, безперервне дозування компонентів рецептури, синхронізація з подальшим етапом виробництва.

На рис.3.4 приведено машинно–апаратну схему виготовлення хліба із борошна різних сортів. Борошно доставляється спеціалізованим транспортом. За допомогою гнучкого шланга під'єднується до приймального щита 8 і по трубах 10 аерозольтранспортом подається в силоси 9. Борошно забирається роторними живильниками та перемикачем 11 надходить в бункер 12. З просіювача борошно подається у виробничі бункери 14, дозується в установку Рапідоджет. Густина пшеничного тіста після замісу становить 1200 кг/м^3 , наприкінці бродіння – 500 кг/м^3 . подача рідких компонентів до установки здійснюється дозувальною станцією Ш2–ХДМ.

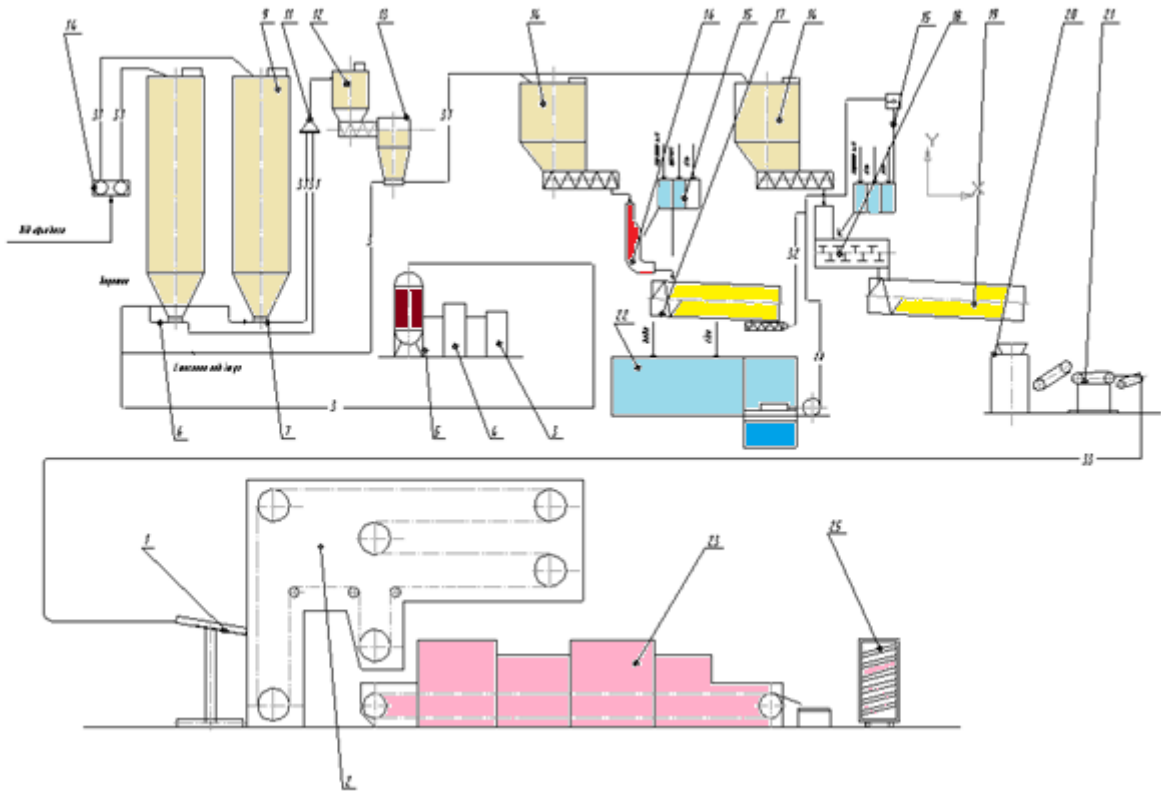


Рис.3.4. Машинно-апаратурну схему удосконаленої технології виготовлення хліба на рідкій опарі

Прискорений процес замісу опари проходить в установці 16 і поступає в бродильну ємність 17. Виброджена опара шнеком поступає на заміс в тм X-37. Тісто бродить 30 хв. і поступає на тістоподільник МОPOS 20 і обробляються в стрічковому округлювачі 21, на тістозакатчній VSU2, посадчика – укладальника 1 завантажується в колиски шафи КП303. Заготовки перебувають 41 – 50 хвилин і пересаджуються на под печі ППЦ – 1381 23 де здійснюється гіротермічна обробка та випічка.

Загальна тривалість технологічного процесу виготовлення хліба складає 9 – 10 годин. Такий спосіб приготування рідких опар зменшує потребу в площі для конструкції, полегшує контроль якості опари, скорочує затрати електроенергії. Органолептичні властивості тіста, а також якісний смак самого хліба.

РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРИГОТУВАННЯ РІДКОЇ ОПАРИ

4.1. Дослідження зміни концентрації опари в період дозування

Якість змішування опари при її удосконаленні, обумовлено раціональним рівномірним розподілом компонентів у масі середовища за мінімального часу. Найбільш істотними властивостями є в'язкість, вологість, температура. Тому змішування без використання типів впливу, за умов потоку, тривалого механічного впливу, формується більша частка глютеніну. Так автори [14] припустили, що розпад макрополімерів може виникати за високого рівня швидкості зсуву. Вплив зміни швидкості зсуву середовища ще не вивчено досконало і сьогодні є малої пропозиції їх використання.

Тому наша мета удосконалення приготування опари ґрунтується на спрямуванні течії компонентів з відповідною швидкістю змішування по направляючій поверхні. Інтенсивність полягає для утворюючого середовища надати часткові моменти релаксації. В загальній масі компонентів під дією швидкостей і гравітаційних сил (рис.3.2) частина самовільно взаємодібть.

Для вирішення вибору даного руху процесу приготування рідкої опари в якості керування факторів, які впливають на отримання якісного напівфабрикату, розглянуто швидкості подачі сипких компонентів та води, які змінювались в межах 2 – 8м/с і 41,5 – 83,5 м/с відповідно.

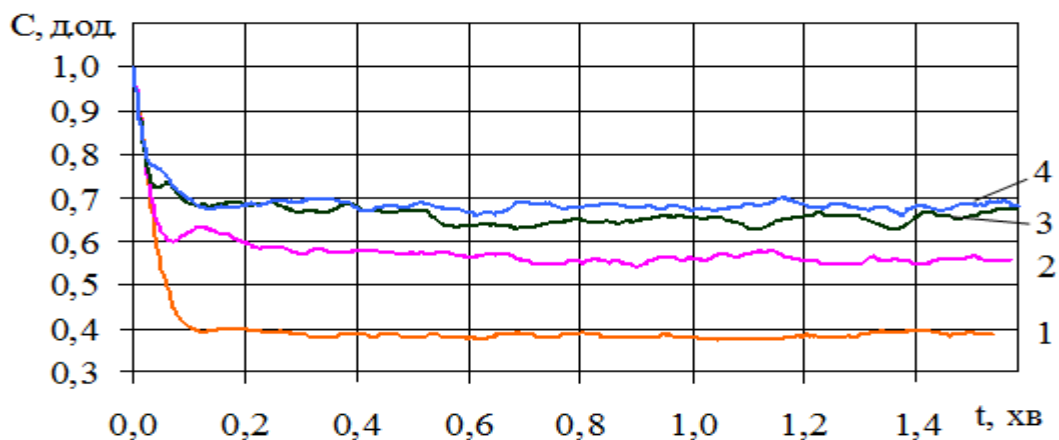


Рис. 4.1. Зміна концентрації борошна в часі при швидкості дозування в робочу камеру: 1 - 2м/с; 2- 4м/с; 3 – 6м/с; 4 – 8м/с

Як видно з рис.4.1, варіювання швидкості подачі борошна суттєво впливає на його концентрацію в робочій камері, а це в кінцевому на утворення опари. Тому найбільш прийнятним варіантом швидкості подачі борошна є 2 м/с (див. рис.4.1. крива1). При цьому два компоненти – борошно і рідинна фаза – найбільш повно змішані, утворивши новий продукт – опару. Збільшення швидкості подачі борошна до 4 м/с і вище призводить до наявності від 50 до 70% часточок, які не взаємодіють з водою, внаслідок чого якість отриманого напівфабрикату буде гіршою.

Слід відмітити, що в усіх розглянутих випадках досягнення усталеного значення концентрації борошна спостерігається за 0,1 – 0,2 хв (6 – 12 с).

З'ясування впливової швидкості рідкої фази на хід структуроутворення опари проведені досліди. Їх результати представлені на рис. 4.2.

З рис. 4.2 видно, що швидкість подачі рідкої фази 41,5 і 55 м/с (криві 1, 2) забезпечує майже однаковий результат. Також помітно розбіжності з поміж інших результатів. Оскільки концентрація сипкого борошна не взаємодіяла з рідиною і в кінцевій опарі буде не промішування, що не забезпечує утворення її якості.

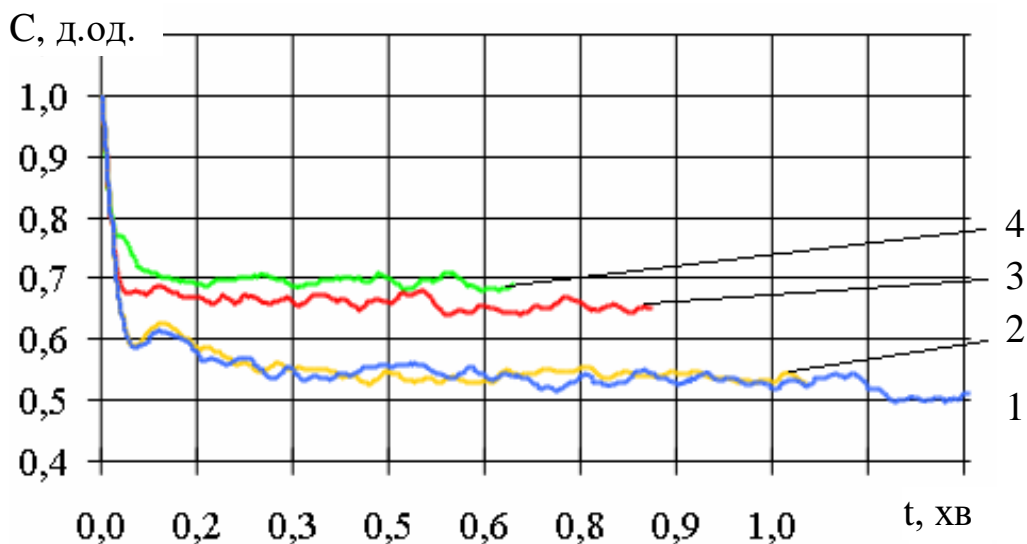


Рис.4.2. Зміна концентрації сипких компонентів в часі при швидкостях подачі води:

1 – 41,5 м/с; 2 – 55 м/с; 3 – 69,5 м/с; 4 – 83,5 м/с.

Враховуючи наші дослідження по визначенню технологічних параметрів подачі компонентів, ми для подальших визначень характеристики опари, опимальні параметри звели у таблицю 4.1 і 4.2.

Таблиця 4.1

Швидкість опари на виході з камери змішування при швидкості подачі води 55 м/с

параметри	Швидкість подачі води 55 м/с			
	2	4	6	8
Швидкість подачі сипких компонентів, м/с	2	4	6	8
Швидкість опари, м/с	3,1	3,63	4,44	5,45

Таблиця 4.2

Швидкість опари на виході з камери змішування при швидкості подачі борошна 2 м/с

	Швидкість подачі сипких компонентів 2 м/с			
	41,5	55	69,5	83,5
Швидкість подачі рідини, м/с	41,5	55	69,5	83,5
Швидкість опари, м/с	2,38	3,032	3,93	4,778

На основі отриманих експериментальних даних проведемо моделювання технологічного процесу утворення рідкої опари. Для цього знайдемо функцію залежності інтенсивність (швидкість) утворення опари V_O від швидкості дозування борошна V_B (див. табл.4.1.) $V_O = f(V_B)$. Загальний вигляд функції буде мати вигляд:

$$f(x, c) := c_1 \cdot e^{c_2 \cdot x} \quad (4.1)$$

Знаходження коефіцієнтів c_1 і c_2 виконано в програмі Math CAD з використанням методу найменших квадратів. Попередньо знаходимо частинні похідні обраної функції:

$$\frac{d}{dc} f(x, c) \rightarrow \frac{d}{dc} c_1 \cdot \exp(c_2 \cdot x) + c_1 \cdot \frac{d}{dc} c_2 \cdot x \cdot \exp(c_2 \cdot x)$$

Загальний вигляд обраної функції і обчислені похідні записуємо у вектор $F(x, c)$:

$$F(x, c) := \begin{pmatrix} c_1 \cdot e^{c_2 \cdot x} \\ c_1 \cdot x \cdot \exp(c_2 \cdot x) \\ \exp(c_2 \cdot x) \end{pmatrix}$$

Задаємо вектор $c0$ – вектор початкових значень елементів вектора c , необхідний для вирішення системи нелінійних рівнянь регресії, ітераційним методом:

$$c0 := \begin{pmatrix} 1.9 \\ -0.91 \end{pmatrix}$$

Чисельні значення коефіцієнтів c_1 і c_2 знаходимо, використовуючи функцію `genfit`:

$$c := \text{genfit}(XT, YT, c0, F)$$

$$c = \begin{pmatrix} 2.547 \\ 0.094 \end{pmatrix}$$

Порівняння отриманих теоретично і експериментально значень розраховуємо функцією

$$g(t) := F(t, c)_1, \quad t := XT_1, XT_1 + 0.01 .. XT_n$$

та будуємо графіки:

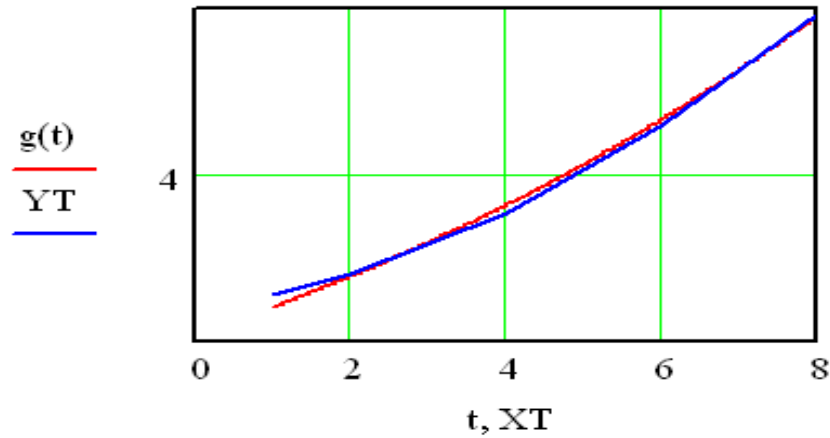


Рис. 4.3. Графік функції $f(x,c) = c_1 \cdot e^{c_2 \cdot x}$

Таким чином математична функція, що описує залежність інтенсивність утворення (швидкість) опари від швидкості дозування борошна має вигляд:

$$V_o = 2.547 \cdot e^{0.094V_b}$$

Перевірку адекватності даної залежності проведемо обчисленням критерієм Фішера:

$$i := 1 \dots n \quad ycl_i := g(XT_i)$$

$$ya := \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n YT_i \quad ya = 3.904$$

$$s1 := \sum_{i=1}^n (YT_i - ya)^2 \quad s1 = 4.407$$

$$s2 := \sum_{i=1}^n (YT_i - ycl_i)^2 \quad s2 = 0.021$$

"m - number of empiric koeficients" $m := 2$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{s2}{n-1}} \quad \varepsilon = 0.073 \quad F_{sr} := \frac{s1}{n-1} \cdot \frac{n-m}{s2} \quad F_{sr} = 156.584$$

В даному випадку розрахунковий критерій Фішера більше табличного, отже модель адекватна.

Встановлення залежності інтенсивності (швидкості) утворення опари від швидкості дозування рідинної фази (див. табл.4.2.), представляємо математичною залежністю (4.1). Використання аналогічних розрахунків

дозволило отримати математичну функція опису залежності. Це інтенсивність утворення (швидкість) опари від швидкості дозування води:

$$V_o = 1.312 \cdot e^{0.016V_b}$$

Для перевірки адекватності отриманої залежності обчислено критерієм Фішера:

$$\begin{aligned} i &:= 1 \dots n & y_{cl_i} &:= g(XT_i) \\ y_a &:= \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n Y_{T_i} & y_a &= 3.283 \\ s_1 &:= \sum_{i=1}^n (Y_{T_i} - y_a)^2 & s_1 &= 4.529 \\ s_2 &:= \sum_{i=1}^n (Y_{T_i} - y_{cl_i})^2 & s_2 &= 0.018 \\ \text{"m - number of empiric koeficients"} & m &:= & 2 \\ \varepsilon &:= \sqrt{\frac{s_2}{n-1}} & \varepsilon &= 0.067 & F_{sr} &:= \frac{s_1}{n-1} \cdot \frac{n-m}{s_2} & F_{sr} &= 191.689 \end{aligned}$$

В даному випадку розрахунковий критерій Фішера більше табличного, отже модель адекватна.

Аналізуючи розподіл концентрації, виявили оптимальніші параметри технологічного процесу замісу рідкої опари для конструкції за технологією Рапідоджет. Отже, оптимальними технологічними умовами для інтенсивності процесу є швидкість дозування борошна – 2 м/с, та швидкість дозування рідинної фази - 55 м/с.

4.2. Структурно-механічні властивості рідкої опари

Наступні етапи нашого дослідження є встановлення і перевірка якості утвореної опари у порівнянні з традиційним способом. Одним із основних показників, що контролюється, є кислотність, температура, час бродіння, газоутворююча здатність рідкої опари. Періодичність контролю титрованої кислотності обрано 0,2 год. бродіння. Проводимо зважування 5 г опари на алюмінієвій пластинці з точністю 0,01г. Наважку вносимо у фарфорову ступку та розтираємо з 50 см³ дистильованої води. Розтираємо до отримання однорідної суспензії. До неї додаємо 2–3 краплі фенолфталеїну і титруємо 0,1 моль/дм³

розчином гідроксиду натрію. При появі рожевого забарвлення протягом 30 с, що не зникає.

Кислотність (X , °Н) розраховували за формулою:

$$X = 2aK$$

де a – гідроксид натрію, що використано на титрування, см^3 ;

K – поправочний коефіцієнт до титру лугу, для даних досліджень $K=1$.

За отриманими даними будемо залежність розрахованої кислотності від часу бродіння (4.4).

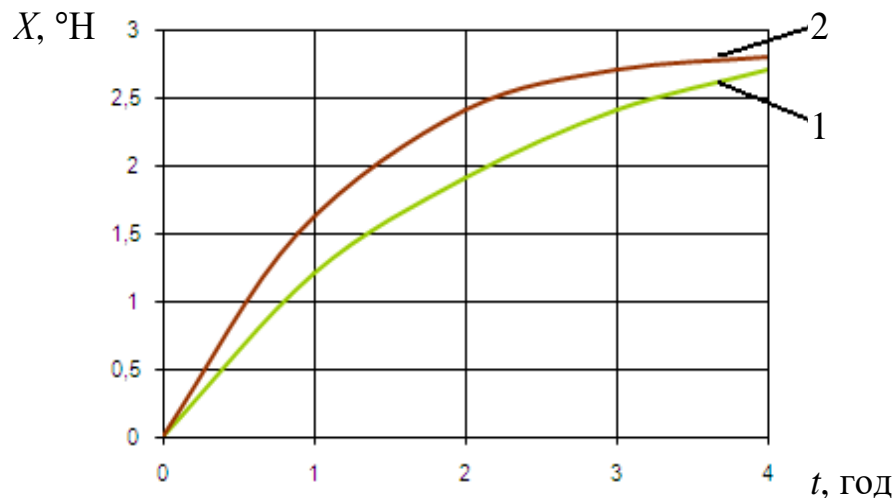


Рис. 4.4. Залежність кислотонакопичення в рідкій опарі від тривалості бродіння при:

- 1 – традиційний спосіб приготування опари;
- 2 – використанні удосконаленої технології

З рис.4.4. видно, що кислотність з використанням технології Рапідоджет досягає необхідних значень вже при 2,5 годинах, що менше на 0,5 години, ніж при приготуванні опари традиційним способом. Це скорочує тривалість приготування опари, збільшує продуктивність лінії, що і доводить необхідність впровадження технології Рапідоджет.

Так, зміна температурного режиму при структуроутворенні опари в період її приготування показав, що при дозування компонентів двома методами

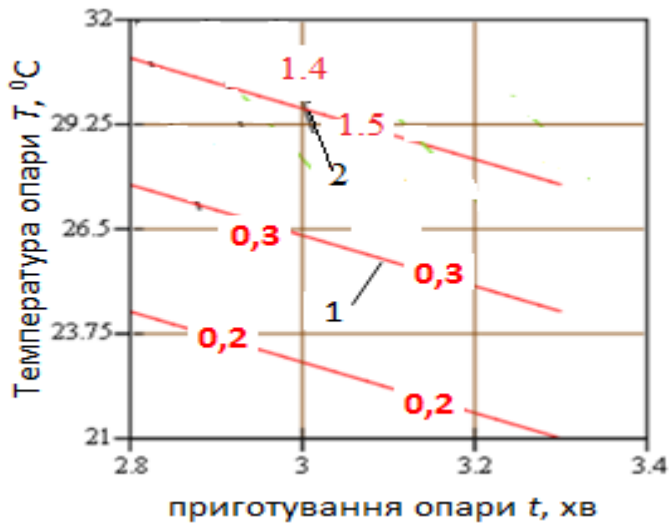


Рис.4.5. Зміна температури опари в процесі її приготування:1 – новий спосіб; 2 – існуючий

у запропонованій технології не вносить суттєвих змін (рис.4.5, поз 1). Якщо приготування проводиться на існуючих машинах, то відбувається зміна температури (поз 2) із-за тривалості приготування і параметрів машини. Аналіз процесу приготування опари, виконаний в цій роботі, показав, що внаслідок дисипації енергії спостерігається підвищення температури опари при замісі від початкових 24°C до 27°C, що є припустимим.

На рис. 4.6 наведено діаграми залежності газоутворюючої здатності (а) та діаграму залежності підйимальної сили (б) від часу бродіння приготовленої рідкої опари.

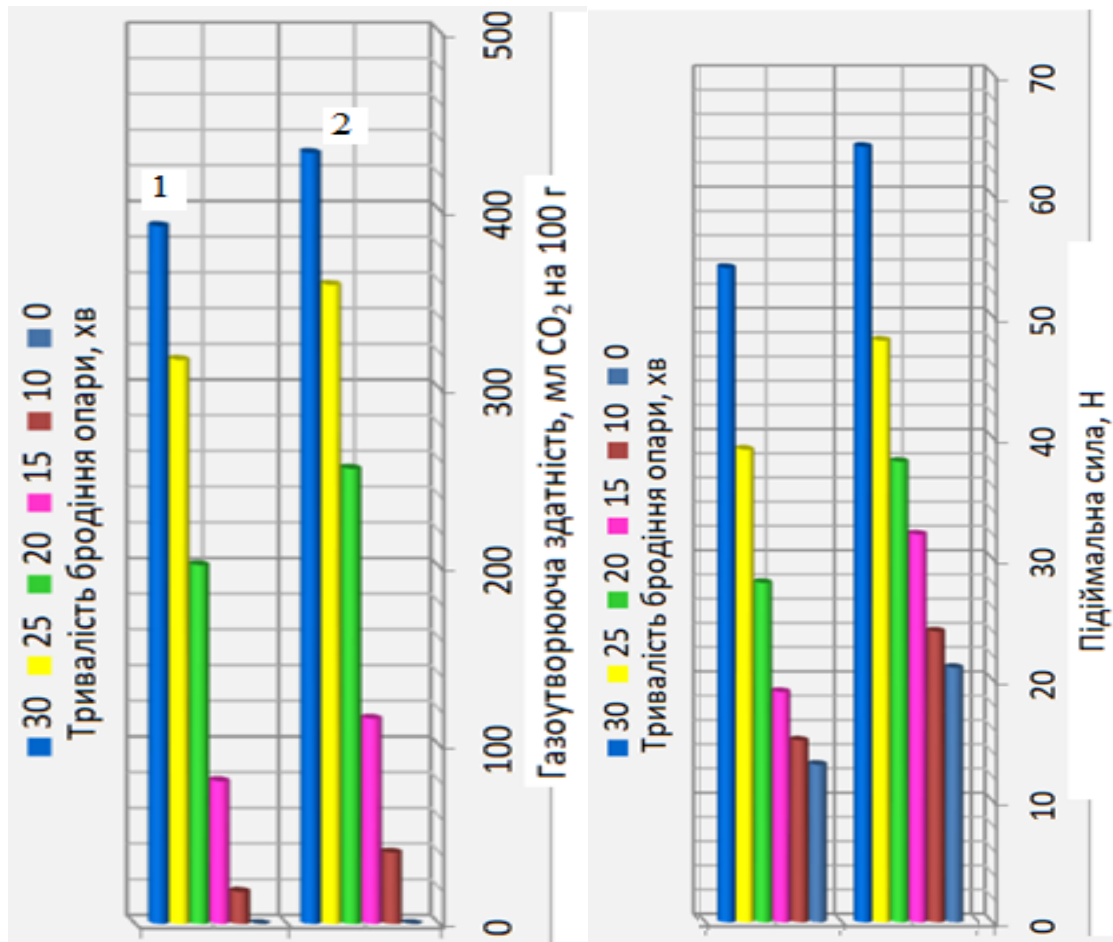


Рис. 4.6 – Діаграми: а - залежності газоутворюючої здатності; б - підйимальної сили від часу бродіння рідкої опари при: 1 – існуючий; 2 – запропонований

З аналізу наведених значень рис. 4.6 а і б приготовленої рідкої опари різними способами встановлює, що здатність газоутворення приготовленої за другим способом має найвищі показники у порівнянні з існуючим.

Ця особливість значно спостерігається на проміжку часу бродіння між 15 хв. та 25 хв. На 15 хвилині бродіння ця різниця складала 46 мл CO₂ на 100 г опари, а на 25 хв. - вже становила 84 мл CO₂ на 100 г опари. Підйимальна сила відповідно свій показник показала за новим інтенсивним методом утворення опари. Він досить відчутно відрізняється від існуючого методу змішування.

Функції, які виконані на новій установці, сприяли у створенні умов для структуроутворення опари. Це насамперед полягають в рівномірному розподілі компонентів: борошна, дріжджів, солі, води. Значення дисипації енергії підтверджує доцільність обраного способу перемішування і технологічних параметрів режимами роботи.

Перевірку якості опари провели на випічці хліба. Для встановлення забезпечення необхідної якості хліба новим способом, ми випікали подовий хліб 2 сорту. Хліб (рис. 4.7) приготовлений на нашій рідкій опарі (замість тіста поводили ручним способом) володів приємним смаком і мав дрібнопористу структуру.



Рис. 4.7. Фотографія випеченого хліба на рідких опарах

4.3. Математична обробка даних

Швидкість обмінних процесів і швидкість перемішування безпосередньо пов'язані зі швидкістю дисипації механічної енергії в апараті []. Структурно-механічні і теплові характеристики компонентів брали з літературних джерел: густина борошна 600 кг/м^3 , молекулярна маса води – 22400 а.о.м., її густина – 1000 кг/м^3 , в'язкість $-0,001 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

Аналіз результатів в таблицях 4.1. і 4.2. дозволяє провести методом повного факторного експерименту (ПФЕ). Найбільш простим є матриці ПФЕ типу $N = 2^n$.

В якості цільової функції обираємо концентрацію борошна C (долі од.), що не взаємодіяло з рідиною. Керовані параметри: швидкості подачі борошна $v_{\text{сп}}$ (м/с) і води $v_{\text{в}}$ (м/с). Їх основний рівень прийнято найкращі результати, отримані при проведенні попередніх обчислювань експериментів: $v_{\text{сп}} = 2 \text{ м/с}$ і $v_{\text{в}} = 41,5 \text{ м/с}$. Область експерименту і матриця планування в натуральних розмірностях і кодованих значеннях наведені нижче (рис. 4.8., табл. 4.3. і табл. 4.4.).

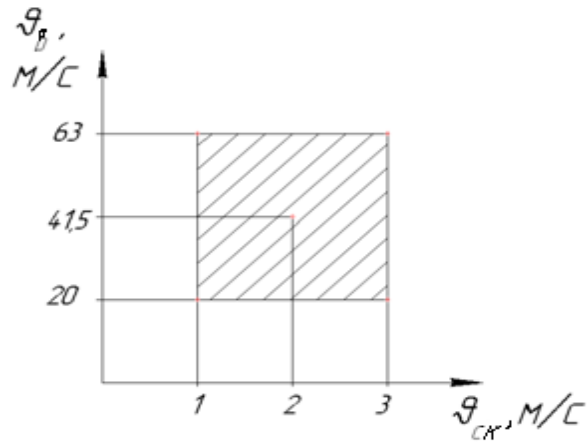


Рис. 4.3. Область експерименту

У загальному вигляді функцію можна представити так:

$$C = f(v_B, v_P)$$

де C – концентрація борошна, долі од.;

v_B – швидкість подачі борошна, м/с;

v_P – швидкість подачі рідких компонентів, м/с.

Вибираємо рівні варіювання та крок варіювання (табл. 4.3).

Таблиця 4.3.

Рівні факторів та крок варіювання

Інтервал варіювання	X_1 (v_B , м/с)	X_2 (v_P , м/с)
0 – рівень	2	41,5
крок варіювання	1	21,5
+ - верхній рівень	3	63
- - нижній рівень	1	20

Залежність між цільовою функцією і керованими параметрами описується лінійним поліномом:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_1 x_2$$

де $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ – коефіцієнти регресії.

Верхній рівень буде позначатись (+1), а нижній рівень (-1).

Побудову плану ПФЕ типу $N = 2^n$ будемо проводити у наступному порядку:

1. Визначаємо за формулою типу $N = 2^n$ кількість дослідів:

$$N = 2^n = 2^2 = 4;$$

2. Плануємо кількість дублюючих дослідів $m = 3$;

3. Нормалізуємо вихідне рівняння регресії, а саме перетворюємо змінні X_i в безрозмірні нормалізовані змінні Z_i

$$Z_i = (X_i - X_0) / \Delta X_i,$$

де X_i – значення фактора на (+), (-) рівні;

X_0 – значення фактора на 0 рівні;

ΔX_i – інтервал вимірювань.

Після нормалізації маємо:

$$y = \beta_0 + \beta_1 z_1 + \beta_2 z_2 + \beta_3 z_3 + \beta_4 z_1 z_2$$

Оскільки нормалізовані змінні можуть набувати значень (+1) чи (-1), матриця експерименту в своїх рядках за номерами експериментів та у стовпчиках за номерами факторів буде містити лише (+1) чи (-1).

4. Складаємо матрицю плану активного експерименту, вона вміщує N штук рядків та $n + 1$ стовпців (табл. 4.4).

Таблиця 4.4.

Матриця плану активного експерименту

Номер дослідів	Z_0	Z_1	Z_2	$Z_1 \cdot Z_2$
1	+	-	-	+
2	+	+	-	-
3	+	-	+	-
4	+	+	+	+

5. Заповнюємо таблицю плану експерименту.

У табл.4.5 результати, які отримали під час експериментів.

Результати експериментів

Номер досліджу	y_1	y_2	y_3	\bar{y}
1	0,532	0,512	0,534	0,526
2	1,167	1,199	1,141	0,780
3	0,330	0,334	0,353	0,229
4	1,086	1,100	1,150	0,750

Обробка експериментальних даних

Перевіримо однорідність дисперсій середніх значень за даним експериментом, тобто перевіримо відтворюваність дослідних даних. Оцінку дисперсії знаходимо формулою:

$$S_{ij}^2 = (m - 1)^{-1} \sum_{l=1}^m (y_{lj} - \bar{y}_j)^2$$

$$S_{1j}^2 = (3 - 1)^{-1} [(0,532 - 0,526)^2 + (1,167 - 0,780)^2 + (0,330 - 0,229)^2 + (1,086 - 0,750)^2] = 0,137$$

$$S_{2j}^2 = (3 - 1)^{-1} [(0,512 - 0,526)^2 + (1,199 - 0,780)^2 + (0,334 - 0,229)^2 + (1,100 - 0,750)^2] = 0,154$$

$$S_{3j}^2 = (3 - 1)^{-1} [(0,534 - 0,526)^2 + (1,141 - 0,780)^2 + (0,353 - 0,229)^2 + (1,150 - 0,750)^2] = 0,153$$

Критерій Кохрена однорідності дисперсії:

$$G_p = \frac{S_{jmax_{lj}}^2}{S_{1j}^2 + S_{2j}^2 + S_{3j}^2} = \frac{0,154}{0,137 + 0,154 + 0,153} = 0,348$$

Критичне значення критерія Кохрена за тупені свободи f_1, f_2 .

- ✓ $f_1 = (m - 1) = 3 - 1 = 2$
- ✓ $f_2 = N = 4$
- ✓ приймаємо рівень значущості $\alpha = 0,05$ (5%)

За таблицями $G_{кр} = 0,9057$

Оскільки $G_p < G_{кр}$, то отримані дані є відтворювальними, а дисперсії однорідні.

Тоді визначаємо загальну дисперсію:

$$S_0^2 = \frac{1}{N} \sum_1^m S_y^2 = \frac{0,137 + 0,154 + 0,153}{4} = 0,111$$

Перевірка значущості коефіцієнтів регресії

На основі результатів дослідів треба визначити коефіцієнти лінійної регресії, провести оцінку їх значущості і перевірити адекватність отриманої моделі.

За результатами експерименту отримуємо рівняння регресії.

Розрахуємо коефіцієнти рівняння регресії за формулою:

$$\beta_i = \frac{1}{N} \sum_1^N (z_0 \cdot \bar{y}_j)$$

$$\beta_0 = \frac{1}{4} [0,526 + 0,780 + 0,229 + 0,750] = 0,571$$

$$\beta_1 = \frac{1}{4} [-0,526 + 0,780 - 0,229 + 0,750] = 0,194$$

$$\beta_2 = \frac{1}{4} [-0,526 - 0,780 + 0,229 + 0,750] = -0,082$$

$$\beta_3 = \frac{1}{4} [0,526 - 0,780 - 0,229 + 0,750] = 0,067$$

Тоді рівняння регресії має вигляд:

$$\hat{y} = 0,571 + 0,194z_1 - 0,082z_2 + 0,067z_1z_2$$

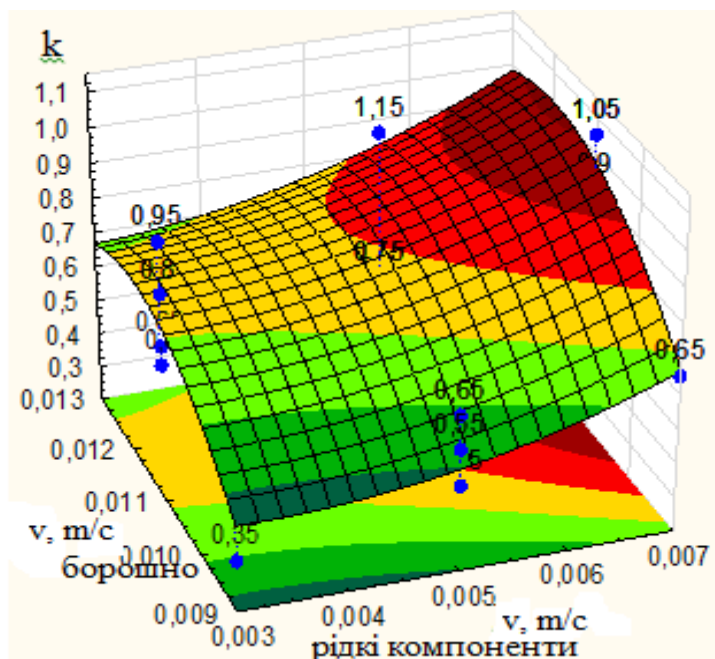


Рис. 4.9 Поверхня відгуку взаємодії компонентів при утворенні консистенції опари

Проведемо оцінку коефіцієнтів регресії. Для цього визначимо дисперсію коефіцієнтів:

$$S_{\beta_i}^2 = \frac{S_0^2}{N} = \frac{0,111}{4} = 0,028$$

$$S_{\beta_i} = \sqrt{S_{\beta_i}^2} = 0,167$$

Знаходимо розрахунковий критерій Стьюдента для кожного коефіцієнта за формулою:

$$t_{ip} = \frac{|\beta_i|}{S_{\beta_i}}$$

$$t_{0p} = \frac{|0,571|}{0,167} = 3,429$$

$$t_{1p} = \frac{|0,194|}{0,167} = 1,16$$

$$t_{2p} = \frac{|0,082|}{0,167} = 0,49$$

$$t_{3p} = \frac{|0,067|}{0,167} = 0,40$$

Табличний критерій Стьюдента у рівні значимості $\alpha = 0,05$ та рівні вільності $f = N(m - 1) = 4(3 - 1) = 8 \rightarrow t_{кр} = 2,31$

Оскільки розрахунковий критерій t_{0p} більше табличного значення, то цей коефіцієнт є значущим і має суттєве значення, а іншими - нехтуємо.

Отже при перевірці статистичної значущості коефіцієнтів рівняння регресії встановлено, що всі коефіцієнти при керованих факторах є незначущими. А це свідчить, що дані, взяті для основного рівня, є оптимальними значеннями керованих факторів.

5. Розрахунок показників економічної ефективності проекту

Показники розраховуються у базовому і проектному варіантах і встановлюються їх зміни.

1. *Вартість продукції:* $B_{п} = O \cdot Ц_{г}$,

де O – обсяг виробництва;

$\text{Ц}_Г$ – гуртова ціна.

$$V_{\Pi}(\text{б}) = 10662 \cdot 2018 = 21515916 \text{ грн}$$

$$V_{\Pi}(\text{пр}) = 11459,2 \cdot 2018 = 23124615,2 \text{ грн.}$$

2. *Витрати виробництва:* $V_B = 0 \cdot V_{B1}$,

V_{B1} – витрати виробництва на 1т;

$$V_B(\text{б}) = 10662 \cdot 1852,716 = 19753658 \text{ грн};$$

$$V_B(\text{пр}) = 11459,2 \cdot 1853,5 = 21239349,8 \text{ грн}$$

3. *Прибуток загальний:* $\Pi_{\text{заг}} = V_{\Pi} - V_B$,

$$\Pi_{\text{заг}}(\text{б}) = 21515916 - 19753658 = 1762258,01 \text{ грн};$$

$$\Pi_{\text{заг}}(\text{пр}) = 23124615,2 - 21239349,8 = 1885265,36 \text{ грн};$$

4. *Податок на прибуток:* $\Pi_{\Pi} = \frac{\Pi_{\text{заг}} \cdot H_{\Pi}}{100}$,

де H_{Π} – норма податку – 25%

$$\Pi_{\Pi}(\text{б}) = \frac{1762258,01 \cdot 25}{100} = 440564,502 \text{ грн};$$

$$\Pi_{\Pi}(\text{пр}) = \frac{1885265,36 \cdot 25}{100} = 471316,34 \text{ грн}$$

5. *Прибуток чистий:* $\Pi_{\text{ч}} = \Pi_{\text{заг}} - \Pi_{\Pi}$,

$$\Pi_{\text{ч}}(\text{б}) = 1762258,01 - 440564,502 = 1321693,51 \text{ грн};$$

$$\Pi_{\text{ч}}(\text{пр}) = 1885265,36 - 471316,34 = 1413949,02 \text{ грн};$$

6. *Рентабельність виробництва:* $P = \frac{\Pi_{\text{заг}}}{V_B} \cdot 100$,

$$P(\text{б}) = \frac{1762258,01}{19753658} \cdot 100 = 8,92 \%$$

$$P(\text{пр}) = \frac{1885265,36}{21239349,8} \cdot 100 = 8,88 \%$$

7. *Рентабельність продаж:* $P_{\Pi} = \frac{\Pi_{\text{ч}}}{V_{\Pi}} \cdot 100$,

$$P_{\Pi}(\text{б}) = \frac{1321693,51}{21515916} \cdot 100 = 6,143 \%$$

$$P_{\Pi}(\text{пр}) = \frac{1413949,02}{23124615,2} \cdot 100 = 6,114 \%$$

8. *Витрати на 1 грн. вартості продукції:* $V_{\text{грн}} = \frac{V_B}{V_{\Pi}}$,

$$V_{\text{грн}}(\text{б}) = \frac{19753658}{21515916} = 0,9181 \text{ грн};$$

$$V_{\text{грн}}(\text{пр}) = \frac{21239349,8}{23124615,2} = 0,9185 \text{ грн.}$$

9. Продуктивність праці у натуральному виразі: $\Pi = \frac{0}{\text{Ч}_{\text{пвп}}}$,

де $\text{Ч}_{\text{пвп}}$ – чисельність промислового виробничого персоналу

10. Прибуток додатковий:

$$\Pi_{\text{д}} = (\text{Ц}_{\text{г}} - \text{В}_{\text{в1}}(\text{пр})) \cdot \text{О}_{\text{пр}} - (\text{Ц}_{\text{2}} - \text{В}_{\text{в1}}(\text{б})) \cdot \text{О}_{\text{б}}, \Pi_{\text{д}} = (2018 - 1853,5) \cdot 11459,2 - (2018 - 1852,716) \cdot 10662 = 123007,353 \text{ грн.}$$

11. Податок на додатковий прибуток:

$$\Pi_{\text{п(д)}} = \Pi_{\text{д}} \cdot \frac{25}{100} = 123007,353 \cdot \frac{25}{100} = 30751,838 \text{ грн.}$$

12. Прибуток додатковий чистий:

$$\Pi_{\text{дч}} = \Pi_{\text{д}} - \Pi_{\text{п(д)}} = 123007,353 - 30751,838 = 92255,515 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків зводимо в аналітичну табл. 5.1

Таблиця 5.1

Надходження грошових потоків за життєвий цикл проекту

Показники	Одиниці виміру	Роки				
		1	2	3	4	5
Чистий додатк. прибуток	грн.			92255,515		
Амортизація	грн.			6683,600		
Грош. потік	грн.			98939,115		
Коефіцієнт дисконтування		0,769	0,592	0,455	0,350	0,269
Чиста сучасна вартість	грн.	76107,011	58543,855	45033,735	34641,334	26647,180

Результати всіх розрахунків зводимо в аналітичну таблицю 5.2

Таблиця 5.2

Показники економічної ефективності проекту

1. Обсяг виробництва	т	10662	11459,175	797,175	7,477
2.Гуртова ціна 1 тони	грн	2018	2018	–	–
3.Витрати на 1 т	грн	1852,716	1853,5	0,764	0,041
4.Прибуток загальний	грн	1762258,01	1885265,36	123007,353	6,98
5.Витрати на 1 грн. вартості продукції	грн	0,9181	0,9185	0,0004	0,041
6.Рентабельність виробництва	%	8,921	8,876	– 0,045	– 0,503
7.Рентабельність продаж	%	6,143	6,114	– 0,028	– 0,462
8.Продуктивність праці: у натуральному виразі у вартісному виразі	т/чол.	655,232	704,222	48,99	7,477
	грн/чол	1322257,38	1421119,74	98862,364	7,477
9. Чисельність ПВП	чол.	16	16	–	–
10.Інвестиції	грн	–	30380	–	–
11.Чистий додатковий прибуток	грн	–	92255,515	–	–
12.Термін повернення інвестицій	років	–	0,329	–	–

Таким чином, проектні рішення дають можливість збільшити обсяг виробництва на 7,477%, прибуток – на 6,98%. Буде одержано 92255,515 грн чистого додаткового прибутку, що дає можливість повернути інвестиції за 0,33 року.

Загальні висновки

Хліб, одержуваний при будь-яких інтенсифікованих способах приготування тіста, повинен бути не тільки добре розпушений, мати гарну форму, великий об'єм і тонкостінну, дрібну й рівномірну пористість, але й бути повноцінним по смаку й аромату, не поступатись цим хлібу з тіста, приготовленого традиційним способом. Застосування удосконаленої технології у хлібопекарській промисловості для замісу тістових напівфабрикатів, зокрема рідких опар, порівняно з традиційними технологіями, дозволяє скоротити тривалість технологічного процесу, виробничі площі, зменшити вартість устаткування.

Одним з перспективних напрямків розвитку харчової промисловості, до переваг якого відносять можливість виготовлення широкого асортименту виробів, зниження собівартості продукції, високого рівня механізації процесу, є забезпечення відповідного технологічного режиму приготування рідкої опари. Впровадивши в лінію приготування хліба конструкцію Рапідоджет, продуктивність приготування рідкої опари зросла на 13 %, що є досить вигідним впровадженням.

Доведено, що утворення опари відбувається рівномірно при розподілі концентрації по ємності. Можемо зробити висновок, що найоптимальнішими умовами для процесу, що проходить в Рапідоджет, є швидкість подачі борошна – 2 м/с, та швидкість подачі води - 55 м/с. Кислотність з використанням технології досягає необхідних значень вже при 2,5 годинах, що менше на 0,5 години, ніж при приготуванні опари традиційним способом.

Це скорочує тривалість приготування опари, збільшує продуктивність лінії, що і доводить необхідність впровадження технології Рапідоджет. Запропонована технологія збільшить попит на продукцію за рахунок покращення якості хліба з використанням двофазного способу тістоприготування. Розрахунки, проведені з допомогою математичних моделей, в якості цільової функції обрано концентрацію сипких компонентів C (долі од.), в якості керованих параметрів швидкість подачі борошна $v_{\text{сп}}$ (м/с) і води $v_{\text{в}}$ (м/с), отримано обчисленням: $v_{\text{сп}} = 2$ м/с і $v_{\text{в}} = 41,5$ м/с.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лісовенко О.Т., Руденко-Грицюк О.А., Литовченко І.М. та ін. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв / за ред. академіка Лісовенко О.Т. – К.: Наукова думка, 2000. – 283 с.
2. Петько В.Ф., Гапонюк О.І., Уляницький А.В. Технологічне устаткування хлібопекарського, макаронного і кондитерського виробництв. Підручник./ За редакцією д.т.н., проф.О.І. Гапонюка – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 432 с.
3. Стадник, В.А. Піддубний Вдосконалення технологічного процесу та обладнання для формування виробів- 1 частина: Монографія. / Стадник І.Я, Піддубний В.А. –Тернопіль: Видавництво ТНТУ імені Івана Пулюя, 2019.-290с.
4. Опис основних характеристик якості хліба [Електронний ресурс] // Сайт «Все о хлебе». – Режим доступу:<http://www.bread.tj/factor/>
5. Опис конструкції обладнання типу «Рапідоджет» [Електронний ресурс] // Сайт фірми «PSS».. – Режим доступу:
http://www.diosna.de/data/media/documents/pr_image.pdf
6. Козьміна Н.П. Биохимия хлебопечения. – М. : Пищевая пром. – сть, 1971. – 411с.
7. Чепелюк О.О. Моделювання технологічних систем: Метод. вказівки до викон. лаборат. робіт для студ. спец. 7.090221, 8.090221 “Обладнання переробних і харчових виробництв” напряму 0902 “Інженерна механіка” ден. та заоч. форм навч. / Уклад.: О.О. Чепелюк. – К.: НУХТ, 2010. – 75 с.
8. Руководство пользователя «Система моделирования жидкости и газа» программное обеспечение Flow Vision Версия 2.3. – М.: «ТЕСИС», 2006. – 312с.
9. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва. – К.: «Логос», 2002. – 364с.
10. Дробот В.І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва. – К.: «Руслана», 1998. – 416с.
11. Igor Yaroslavovych Stadnyk, Juilia Pankiv, Petro Havrylko, Halina Karpyk

RESEARCHING OF THE CONCENTRATION DISTRIBUTION OF SOLUBLE LAYERS WHEN MIXED IN THE WEIGHT CONDITION // *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences* vol. 13, 2019, no. 1, p. 581-592

(скопук) <https://doi.org/10.5219/1129> CC BY 3.0 ISSN 1337-0960 (online)

12. Igor Stadnyk, Tetiana Hushtan, Ganna Sabadosh, Yana Yevchuk

FORMATION OF MICROBIAL BIOFILMS ON STAINLESS STEEL WITH DIFFERENT SURFACE ROUGHNESS//*Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*vol. 13, 2019, no. 1, p. 915-924; <https://doi.org/10.5219/1190>

13. Крестович В.Л., Токарева Р.Р. Проблемы пищевой полноценности хлеба. – М.: Наука, 1978. – 286с.

14. Матвеева И.В., Белявская И.Г. Пищевые добавки и хлебопекарные улучшители в производстве мучных изделий. – М.: Телер, 1998. – 104с.

15. Матвеева И.В., Белявская И.Г. Биохимические основы приготовления хлеба. – М.: ДеЛи прино, 2001. – 148с.

16. Поландова Р.Д., Богатырева Т.Г. Современные технологи приготовления жидких дрожей на хлебопекарных предприятиях. *Хлебопечение России*, №4, 2000. – с.18 – 20

17/ Цыганова Т.Б. Технология хлібопекарного производства. – М.: ПрофОбрИздат, 2001. – 427с.

18. Майорова Е.П., Абламская З.И. Справочник работника хлебопекарной промышленности. – М.: Экономика, 1985. – 155с.

19. Чижова К.Н., Шкваркина Н.П. Справочник для работников лабораторий хлебопекарных предприятий. – М.: Пищ. пром. – сть, 1978. – 190с.

20 Ройтер И.М. Справочник по хлібопекарному производству. – М.: Пищ. пром. – сть, 1977. – 306с.

21. Афанасьева О. В. Микробиологический контроль хлібопекарного производства. – М.: Пищ. пром. – сть, 1976. – 280с.

22. Ельцова О.П., Ройтер И.М. Интенсификация приготовления пшеничного хлеба молочнокислой закваской . – М.: ЦНИИТЭИпищепром, сер. 14, 1979. – с.4 – 30

23. Мачихин Ю.А., Мачихин С.А. Инженерная реология пищевых материалов. – М.: Легкая пищевая пром – сть, 1981. – 216с
24. Михелев А.А. Справочник по хлебопекарному производству. 2 – е изд., перераб. и доп. – М.: Пищ. пром. – сть, 1977. – 368с.
25. Патт В.А., Казанская Л.Н. Новые технологические процессы в хлебопекарной промышленности, обеспечивающие улучшения качества продукции и интенсификация производства. – М.: ЦНИИТЭИпищепром, сер. 14, 1979. – с.13 – 44
1. Щербатенко В.В. Регулирование технологических процессов производства хлеба и повышение его качества. – М.: Пищ. пром. – сть, 1976. – 232с.
 2. Николаев Б.А. Структурно – механические свойства теста. – М.: Пищ. пром. – сть, 1976. – 247с.
 3. Лисовенко А.Т., Литовченко И.Н. Смесительные машины в хлебопекарной и кондитерской промышленности. – К.: «Урожай», 1990. – 189с.
 4. Брагинский Л.Н., Беганев В.И. Перемешивание в жидких средах. – Л.: Химия, 1984. – 336с.
 5. Ковбаса В.Н., Лисовенко А.Т. Влияние интенсивного замеса на степень созревания жидких опар. – М.: Хлебопер. и кордит. пром. – сть. 1981. – с. 37 – 42
 6. Федоткин И.М., Жарик Б.Н. Интенсификация технологических процес сов пищевых производств. – К.: Тэхника, 1984. –174 с.
 7. Зайцев Н.В. Технологическое оборудование хлебозаводов. 3 – е изд., перераб. и доп. – М.: Пищ. пром. – сть, 1977. – 574с.
 8. Азаров Б.М., Лисовенко А.Т. Технологическое оборудование хлебопекарных и макаронных изделий. ; Под ред. С.А. Мачихина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 263с.
 9. Горбатов А.В. Структурно – механические характеристики пищевых продуктов. – М.: Легкая пищевая пром – сть, 1984. – 304с

10. Гатилин Н.Ф. Проектирование хлебозаводов. 5 – е изд., перераб. и доп. – М.: Пищ. пром. – сть, 1975. – 368с.
11. Сорокин С.В. Реологические свойства полуфабрикатов хлебопекарного производства // Известия Вузов. Пищевая технология. – 1981. – №4. – С. 69–72.
12. Пащенко Л.П. Интенсификация биотехнологических процессов в хлебопечении. – Воронеж: И – во ВГУ, 1991. – 205 с.
13. Зверева Л.Ф. Технология хлебопекарного производства – М.: ”Пищевая промышленность”, 1970.
14. Кнез М. Руководство по хлебопечению. – М.: “Экономика”, 1979. – 205с.
15. Чепелюк О.О., Федоров С.Ф., Удодов С.О., Теличкун В.І. Основи наукових досліджень: Конспект лекцій для студ. спец. 7.090221 “Обладнання переробних і харчових виробництв” ден. і заочн. форм навчання. – К.: НУХТ, 2010. – 87 с.
16. Матвеева И. В. Микроингредиенты и качество хлеба // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2000. – №1. – с. 28 – 31.
17. Васюкова А.Т., Пучкова В.Ф. Современные технологии хлебопечения. – М.: Дашков и К, 2009. – 224с.
18. Давыденко Н.И. Романов А.С. Экспертиза хлеба и хлебобулочных изделий: Качество и безопасность. – М.: СУИ, 2005. – 278с.
19. [Калачев М.В.](#) Поточные линии и оборудование хлебобулочного и макаронного производства. – М.: Дрофа, 2006. – 128с.
20. [Бутейкис Н.Г.](#) [Жукова А.А.](#) Технология приготовления мучных кондитерских изделий. – М.: Академия, 2007. – 304с.
21. Мирончук В.Г. , Орлов Л.О. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Навчальний посібник. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 288с.
22. Цишевський В.Г., Костюк В.К. Організація, планування та управління підприємствами галузі: Метод. вказівки до викон. курсових робіт для студ. спец. 7.090221, 8.090221 “Обладнання переробних і харчових

виробництв” напряму 0902 “Інженерна механіка” ден. та заоч. форм навч. /
Уклад.: Л.г.Цимбалюк. – К.: НУХТ, 2009. – 32 с.

23. Адлер А.П., Маркова Е.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 380с.

