

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського
Навчально-науковий інститут ресторанно-готельного бізнесу та туризму
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

ДОПУСКАЮ ДО ЗАХИСТУ
Гарант освітньої програми
«Обладнання переробної і харчової
промисловості»
Цвіркун Л.О.
« ____ » _____ 2024 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**
на здобуття ступеня вищої освіти «Бакалавр»
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
за освітньою програмою «Обладнання переробної і харчової промисловості»

на тему: **«УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ
ПЕРЕМІШУВАННЯ ТІСТА»**

Виконав:
здобувач вищої освіти Тесленко Богдан Романович
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

Керівник: доцент, к.п.н., Цвіркун Л.О.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Кривий Ріг
2024

6. Список використаних джерел.

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

Обладнання для перемішування тіста.

Контроль та моніторинг процесу замішування тіста.

Модель автоматизованої системи процесу змішування для тістомісильної машини.

Вплив часу змішування тіста на якість готової сировини.

6. Дата видачі завдання «23» листопада 2023 р.

7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Вступ	31.01.2024-15.02.2024
2	Аналіз обладнання для перемішування тіста	16.12.2024-10.03.2024
3	Удосконалення обладнання для замішування тіста	11.03.2024-15.04.2024
4	Аналіз результатів досліджень	16.04.2024-30.04.2024
5	Висновки по роботі	01.05.2024-12.05.2024
6	Оформлення роботи і подання до захисту	16.05.2024-05.06.2024

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Тесленко Б.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Цвіркун Л.О.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг і структура бакалаврської роботи. Повний обсяг бакалаврської роботи – 50 сторінок, в тому числі основного тексту – 42 сторінки. Робота містить 21 рисуноків, 2 таблиці. Список використаних джерел складається з 14 найменувань.

Об'єкт роботи – обладнання для перемішування однорідної суміші (планетарний міксер).

Предмет роботи – процес замішування тіста.

Мета роботи – удосконалення процесу та обладнання для перемішування тіста.

У роботі зазначено, що на процес замішування тіста впливає низка параметрів, зокрема час замішування, температура тіста, швидкість замішування, температура води та загальний вміст води. Правильне керування процесом замішування та застосування стратегій покращення можуть значно підвищити реологію тіста та кінцеві характеристики сировини.

На основі аналізу, було зазначено, що процес змішування тіста вимагають складної механічної операції з отримання однорідної консистенції та включає поєднання рідин та різних компонентів в результаті чого утворюється однорідна суміш. На якість тіста та його реологічні властивості впливають деякі чинники, а саме умови замішування, тип борошна, сіль, час замішування, температура тіста, швидкість замішування та кількість воду.

Запропоновано модель автоматизованої системи процесу змішування для тістомісильної машини, яка дозволяє контролювати різні параметри, такі як швидкість змішування, час змішування, що забезпечить стабільну якість вихідного продукту за допомогою контрольно-вимірювальних засобів в режимі реального часу. Вважається за доцільне змінити кутовий інтервал лопатей мішалки у трьох геометричних орієнтаціях, а саме під кутом 45° , 60° , 90° . Така кількість лопатей та кутова орієнтація ножів впливатиме на ефективність перемішування тіста в тістомісильній машині. Великий крутний момент буде розвиватися завдяки зменшенню кутової геометрії ножів.

Здійснено дослідження, щодо впливу часу перемішування на якість тіста. Для експерименту були виготовлено чотири порції булочок за однаковою рецептурою із дріжджового тіста. Тривалість випічки для всіх зразків була однаковою. Перший зразок перемішували у міксері протягом 2 хвилин після того, як усі інгредієнти були включені, другий вимішували 4 хвилини, третій зразок перемішували 8 хвилин, а четвертий 20 хвилин. Найкращі результати були отримані для зразка, який вимішували 8 хвилин. Змішування протягом 8 хвилин може сприяти отриманню кращої текстури тіста, більш компактною та однорідною внутрішньої структури. Недостатній час змішування, наприклад, 2 хвилини призводить до нерівномірної структури тіста та недостатнього утворення клейковини. Надмірне змішування, наприклад, 20 хвилин призведе до надмірного розтягування клейковини, збільшення рухливості води. Відповідно, оптимальним часом змішування тіста є 8 хвилин.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: процес перемішування, тісто, планетарний міксер, тістомісильна машина, час, швидкість, моніторинг якості, автоматизація.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕМІШУВАННЯ ТІСТА	7
1.1 Методи замішування тіста	7
1.2 Обладнання для перемішування тіста	10
РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАМІШУВАННЯ ТІСТА	20
2.1 Контроль і моніторинг процесу замішування тіста	20
2.2 Удосконалення конструкційних характеристик тістозмішувальної машини	25
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	32
3.1 Рецептúra приготування дріжджового тіста	32
3.2 Вплив часу змішування тіста на якість готової сировини	33
ВИСНОВКИ	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	40
ДОДАТКИ	41

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Тесленко</i>			Удосконалення процесу та обладнання для перемішування тіста	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Цвіркун</i>					5	1
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
<i>Затверд.</i>		<i>Цвіркун</i>						

ВСТУП

Актуальність роботи. У роботі зазначено, що хлібобулочні вироби вважаються незамінними в харчуванні людини, бо є важливим джерелом макроелементів, мікроелементів, харчових волокон, вітамінів і антиоксидантів. На процес замішування тіста впливає низка параметрів, зокрема час замішування, температура тіста, швидкість замішування, температура води та загальний вміст води. Правильне керування процесом замішування та застосування стратегій покращення можуть значно підвищити реологію тіста та кінцеві характеристики сировини.

Мета та задачі дослідження. Метою бакалаврської роботи є удосконалення процесу та обладнання для перемішування тіста.

Практична та наукова новизна. На основі аналізу, було зазначено, що процес змішування тіста вимагають складної механічної операції з отримання однорідної консистенції та включає поєднання рідин та різних компонентів в результаті чого утворюється однорідна суміш. На якість тіста та його реологічні властивості впливають деякі чинники, а саме умови замішування, тип борошна, сіль, час замішування, температура тіста, швидкість замішування та кількість воду.

Запропоновано модель автоматизованої системи процесу змішування для тістомісильної машини, яка дозволяє контролювати різні параметри, такі як швидкість змішування, час змішування, що забезпечить стабільну якість вихідного продукту за допомогою контрольно-вимірювальних засобів в режимі реального часу. Вважається за доцільне змінити кутовий інтервал лопатей мішалки у трьох геометричних орієнтаціях, а саме під кутом 45° , 60° , 90° . Така кількість лопатей та кутова орієнтація ножів впливатиме на ефективність перемішування тіста в тістомісильній машині. Великий крутний момент буде розвиватися завдяки зменшенню кутової геометрії ножів.

Здійснено дослідження, щодо впливу часу перемішування на якість тіста. Для експерименту були виготовлено чотири порції булочок за однаковою рецептурою із дріжджового тіста. Тривалість випічки для всіх зразків була однаковою. Перший зразок перемішували у міксері протягом 2 хвилин після того, як усі інгредієнти були включені, другий вимішували 4 хвилини, третій зразок перемішували 8 хвилин, а четвертий 20 хвилин. Найкращі результати були отримані для зразка, який вимішували 8 хвилин. Змішування протягом 8 хвилин може сприяти отриманню кращої текстури тіста, більш компактною та однорідною внутрішньою структурою. Недостатній час змішування, наприклад, 2 хвилини призводить до нерівномірної структури тіста та недостатнього утворення клейковини. Надмірне змішування, наприклад, 20 хвилин призведе до надмірного розтягування клейковини, збільшення рухливості води. Відповідно, оптимальним часом змішування тіста є 8 хвилин.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Тесленко</i>			Удосконалення процесу та обладнання для перемішування тіста	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Цвіркун</i>					6	1
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>		<i>Цвіркун</i>						

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕМІШУВАННЯ ТІСТА

1.1 Методи замішування тіста

У всьому світі хліб та інші хлібобулочні вироби вважаються необхідними для харчування людини. Хлібобулочні вироби вважаються незамінними в харчуванні людини, бо є важливим джерелом макроелементів, мікроелементів, харчових волокон, вітамінів і антиоксидантів. Останнім часом багато уваги приділяється удосконаленні технологій із застосуванням інноваційних стратегій. На процес замішування тіста впливає декілька параметрів, зокрема час замішування, температура тіста, швидкість замішування, аерація тіста, температура води та загальний вміст води. Правильне керування процесом замішування та застосування стратегій покращення можуть значно підвищити реологію тіста та кінцеві характеристики сировини.

Хліб є основним продуктом харчування, який готується шляхом випікання тіста з борошна та води. Тісто має бути густим, пластичним та еластичним. Виготовляється із суміші борошна, води та інших інгредієнтів. Борошно може застосовуватися з широкого спектру злаків, включаючи пшеницю, рис і кукурудзу. Процес виготовлення та формування тіста є підготовчим етапом у виготовленні різних видів харчових продуктів, зокрема хліба, а також печива, печива, коржів, локшини, макаронів, тістечок тощо.

Процедура змішування тіста зазвичай вимагають складної механічної операції з отримання однорідної суміші. Тому однією з найважливіших операцій у процесі виготовлення хліба є заміс тіста [4]. Існує багато способів змішування інгредієнтів, які залежать від низки факторів, зокрема від рецептури та обладнання. Як правило, метод змішування – це спосіб з'єднання інгредієнтів під час виготовлення тіста. Кожен метод змішування дає різні результати, тому залежно від того, яке тісто потрібно отримати використовується відповідна технологія. Розглянемо деякі методи.

1. Метод змішування, як правило, використовується для приготування тортів або інших ласощів, у яких рівна або більша частка цукру до борошна. Цей спосіб також часто використовується при виготовленні великої кількості хлібобулочних виробів. Існують різні способи змішування, і те, який інструмент ви використовуватимете для змішування інгредієнтів, визначає, який спосіб буде найкращим. Змішування інгредієнтів за допомогою планетарного міксеру відбувається швидше, і менша ймовірність того, що інгредієнти будуть змішані неправильно [9]. Щоб виконати метод змішування за допомогою міксера необхідно розділити інгредієнти в дві миски та розділити їх на мокрі та сухі. Обов'язково просіяти сухі інгредієнти, перш ніж додавати вологі. Щоб запобігти розлітання сухих інгредієнтів перед початком

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Тесленко</i>				Удосконалення процесу та обладнання для перемішування тіста	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>						7	13
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Цвіркун</i>							

змішування важливо почати з низьких налаштувань міксера, а потім поступово збільшувати його швидкість, коли тісто стає більш змішаним. Обов'язково використовуйте гумовий шпатель, щоб переконатися, що жодні інгредієнти не прилипли до стінок чаші без змішування.

2. Метод нарізання інгредієнтів перед змішуванням використовується під час приготування коржів для пирогів або тістечок, і цей метод передбачає наявність жирних інгредієнтів завжди твердими та холодними. Жир, який зазвичай використовується при цьому методі – це вершкове масло. Тісто набуває легкої та пластівчастої скоринки для пирогів і тістечок, достатньо гнучке, щоб можна було розкачати чи формувати десерти. Принаймні за 20 хвилин до того, як ви будете готові приготувати корж, потрібно помістити масло в морозилку. Масло нарізується невеликими кубиками перед заморожуванням [9]. Потім додається холодне вершкове масло до сухих інгредієнтів і змішуються разом до утворення текстури майже схожої на пісок. Для цього можна використовувати блендер.

3. Метод кремування – це техніка, яка використовується для змішування вершкового масла та цукру перед додаванням яєць. Цей спосіб часто використовують під час приготування печива, а також він обов'язковий у рецептах приготування деяких тортів, які будуть легкими та пухкими. Для приготування крему можна застосовувати міксер з лопатевою насадкою. Необхідно додати в миску вершкове масло кімнатної температури та цукор і дати лопатці перемішати інгредієнти протягом 3-4 хвилин. Це гарантує відсутність небажаних частинок цукру у тісті. Коли збиватиметься вершкове масло та цукор, можна побачити, як інгредієнти стають світлішими. Процес збивання вершкового масла та цукру створює маленькі бульбашки у які розпушувачі зможуть потрапити, коли їх змішати. Кінцевим результатом має стати випічка, яка матиме гарний підйом і текстуру.

4. Метод збивання виконується для змішування інгредієнтів з повітрям для створення легкої, пухкої текстури. Збивання виконується швидкою серією рухів для поєднання інгредієнтів і досягнення належної аерації. Для методу збивання часто використовують віночок. Збиваючи вологі інгредієнти, доки вони не збільшаться в об'ємі завдяки збиванню, додаючи до інгредієнтів повітря та тіло. Вологі інгредієнти, які збиваються разом, зазвичай складаються лише з яєць і цукру, однак іноді цей метод також використовують із густими вершками. Виконуючи метод збивання, необхідно збивати інгредієнти, поки вони не досягнуть необхідної консистенції. Тобто коли виймається віночок із збитого тіста, інгредієнти мають бути тверді, але достатньо рідкі, щоб утворювати стрічкові візерунки, переміщаючи віночок круговими рухами, а тісто звисає з нього [4, 9]. Коли тісто досягне цієї стадії необхідно обережно додати сухі інгредієнти до суміші, намагаючись не перемішати інгредієнти.

5. Метод биття передбачає використання дерев'яної ложки або лопатки для міцного поєднання інгредієнтів. Це більш сильний метод, який виконується круговими, контрольованими рухами, очищаючи дно чаші для змішування та кілька разів повертаючи тісто на себе. Оскільки метою є змішати інгредієнти знизу з інгредієнтами зверху, швидко рухаючи рукою необхідно піднімати миску під час виконання цього методу та нахилити її під кутом, що полегшить

						ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			8

доступ до інгредієнтів, які знаходяться на дні миски і підносить їх до верху. Якщо виконувати метод збивання не піднімаючи та не нахиляючи чашу можна виконати неправильні кругові рухи, які створять повітря та додадуть масу у суміш. Наслідком цього буде кінцевий продукт, який не буде таким легким і не матиме такої ж бажаної текстури. Цей спосіб змішування популярний у рецептах безе та бісквіта.

6. Метод складання інгредієнтів призначений для змішування без здування тіста. За допомогою дерев'яної ложки або лопатки складаються легкі інгредієнти до більш важких. Цей метод змішування часто використовується в поєднанні з іншими способами змішування інгредієнтів і це делікатний процес, який вимагає терпіння. Метод складання застосовується коли у тісто потрібно додати збиті вершки або збиті білки. Щоб застосувати метод складання необхідно скласти легші інгредієнти у важчі, а не робите це навпаки. Якщо покласти більш важкі інгредієнти поверх легких можна втратите свої інгредієнти [4, 6, 9]. Поспішне використання цього методу може призвести до зіпсованих десертів. Метод складання – це спосіб додати легкі та повітряні інгредієнти, наприклад, яєчні білки, які збили до міцних піків, щоб зробити пиріг більш пухким. Важливо уникати надмірного змішування інгредієнтів під час складання, щоб інгредієнти не втратили занадто багато об'єму.

7. Метод перемішування найкраще використовувати коли потрібно змішати інгредієнти, не турбуючись про введення повітря чи збереження об'єму. Це найпростіший спосіб змішування, який використовували найчастіше. Його також називають методом «все в одному». Цей метод змішування зазвичай найпростіший у виконанні, оскільки не потрібно думати, який інгредієнт повинен увійти в суміш першим. Коли інгредієнти ретельно перемішані і клейковина стане достатньо еластичною та розтяжною то тісто буде готове. Коли шматок тіста розтягується до тонкої плівки, не розриваючись це означає, що тісто готове до подальших операцій [1, 6]. Порядок додавання інгредієнтів дуже важливий бо має забезпечувати гарну гідратацію компонентів тіста. Утворення тіста з його специфічною структурою та реологічними властивостями відбувається через кілька процесів, таких як фізичні, колоїдні, біохімічні.

8. Метод замішування застосовується для приготування тіста. Цей спосіб можна виконати вручну або міксером. Здебільшого його використовують для приготування хліба та піци і цей процес робиться для посилення клейковини в тісті та забезпечення рівномірної температури тіста. Замісити тісто можна руками або за допомогою насадки для тіста в міксері. Ручним методом можна контролювати інгредієнти всередині миски, щоб усі вони правильно змішалися. Замішування тіста руками також сприяє правильному розподілу дріжджів. У процесі замісу всередині тіста відбувається рівномірне розподілення вихідних рецептурних компонентів. Однорідність тіста у значній мірі впливає на якість готової продукції [1-9]. Основна мета замішування – отримання однорідної суміші із в'язко-пружною структурою. Крім того, при замішуванні в тісто входить певна кількість повітря, що дуже важливо для реологічних властивостей тіста, а також для якості кінцевого продукту. Під час замішування

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

тепло від тертя викликає підвищення температури тіста. Щоб контролювати бажану температуру тіста, необхідно відрегулювати температуру води.

Очевидно, що процес змішування має найбільший вплив на наступні процеси та на якість кінцевого продукту. Процес замісу тіста передбачає рівномірне змішування сухого борошна та води з відповідною інтенсивністю для формування тіста. Процес замішування тіста вимагає належного та рівномірного поглинання води, рівномірного кольору сипучих частинок, однакового розміру частинок. Час змішування коливається від 10 до 15 хвилин залежно від кількості доданої води. Якість тіста є результатом фізико-хімічних процесів, які відбуваються одночасно і залежать від періоду, сили замішування, характеру руху, розташування компонентів в тістомісильній машині, температури, а також якості та кількості компонентів рецептури тіста.

9. Метод просіювання призначений для розбивання грудок у борошні чи інших сухих продуктах. Цей спосіб допомагає правильно змішати сухі інгредієнти та запобігти нерівномірному розподілу інгредієнтів у тісті. Після того, як сухі інгредієнти добре просіяні їх можна з'єднати із вологими інгредієнтами за допомогою обраного методу змішування та продовжити роботу з рештою рецепту [1, 6]. Просіювання різних типів сухих інгредієнтів – найкращий спосіб їх добре змішати.

10. Метод згортання використовується для приготування таких ласощів, як листкові тістечка, датські пиріжки та круасани. Щоб виконати метод скочування необхідно розкачати (або скласти) масло в тісто, щоб збільшити об'єм суміші. Цей процес ще називають ламінуванням. Виготовлення ламінованого тіста за допомогою методу розкочування сприяє збільшенню об'єму тіста під час випікання завдяки парі, яка утворюється під час танення вершкового масла всередині нього. Якщо метод обкатки виконано належним чином то він може збільшити об'єм тіста до сьоми разів.

На якість тіста та його реологічні властивості впливають деякі фактори, а саме умови замішування, тип борошна, сіль, час замішування, температура тіста, швидкість замішування та кількість води. У тісті отриманому з борошна поганої якості, білкові оболонки легко руйнуються, навіть не рівномірно розподілившись у тісті. У тісті, виготовленому з борошна відповідної якості, зволожені білки є еластичними, а при додатковому замішуванні тіста білкові оболонки мають відносно незначні розриви [4]. Збільшення вмісту води в тісті супроводжується зниженням еластичних властивостей і в'язкості тіста. Вологість 44...50% не змінює структуру тіста, але має ефект пластичності. Вміст вологи нижче 44% не дозволяє оптимально утворювати глютен. Після додавання солі сила збільшується і це знижує здатність білків утримувати воду.

Відповідно, добре замішане тісто має бути однорідним, щільним, еластичним, легко спускатися з міксера і формувати стінки місильної ємності. При перевірці вручну, розтягуючи великим і вказівним пальцями тісто має стати тонкою смужкою, прозорою та гнучкою, не розриваючись. Недостатньо вимішане тісто однорідне, але липке і тягуче. Надмірно замішане тісто дуже розтягне, без міцності та ламається при ручному тесті.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1.2 Обладнання для перемішування тіста

Замішування тіста є важливою частиною професійного кулінарного процесу, який потребує багато часу та зусиль, якщо воно виконується у великих кількостях. Тістомісильна машина – це кухонний прилад, який змішує тісто на професійній кухні де від часу виконується велика кількість замішувань. Крім того, машина спрощує процес замішування за рахунок автоматизації, що допомагає отримати ефективно та однорідне тісто, заощаджуючи час та зусилля.

Машини для замішування тіста мають низку переваг на професійній та домашній кухні, де професійні кухарі щоденно працюють з великою кількістю тіста. Є кілька переваг використання тістомісильної машини, а саме [6]:

- ефективно замішування тіста: обладнання для замішування тіста дозволяє ефективно та ретельно замішувати тісто для хліба, піци та інших продуктів;

- економічність: тістомісильна машина зменшує потребу в ручному замішуванні і тим самим скорочують час і вартість ручної праці. Машина працює швидше, ніж ручне замішування тим самим економить час при роботі у великих обсягах;

- багатофункціональність: тістомісильна машина не тільки замішує тісто, але його різноманітні насадки дозволяють виконувати кілька завдань, що зменшує потребу в кількох приладах, заощаджуючи місце на кухні;

- простота у використанні та налаштування: обладнання оснащене легко регульованою швидкістю та таймером, які можна налаштувати відповідно до своїх потреб;

- точний і покращений смак: використання тістомісильної машини забезпечує точну консистенцію, що сприяє кращому бродінню та покращенню смаку.

Сьогодні актуальним є удосконаленні технологій приготування тіста із застосуванням нових підходів, інгредієнтів і методів [1]. Значна кількість досліджень зосереджена на удосконаленні процесу замішування, а саме: використанні альтернативних холодоагентів для замішування тіста, вимірюванні прогресу замішування в реальному часі, розробки інноваційних тістомісильних машин і технік замішування заснованих на правильному дозуванні висівок і проміжної продукції, раціональному управлінні вмістом води, виборі ферментів та емульгаторів, а також використанні альтернативних холодоагентів, таких як CO₂ для контролю температури тіста під час замішування. У якості тістомісильної машини може бути використано будь-який вид професійних тістомісів: спіральний тістоміс з однією спіраллю, спіральний тістоміс з двома спіралями, а також планетарні міксери з різними насадками.

На сучасних кондитерських підприємствах для замішування застосовують мішалки турбінного типу, у яких частота обертання робочого органу становить 100...750 хв⁻¹, що забезпечує інтенсивне перемішування тіста. Турбінні мішалки бувають двох типів: відкриті та закриті. Турбінні мішалки відкритого типу мають вдосконалену конструкцію простих лопатевих мішалок.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

На вертикальному валу закріплені кількох лопатей, встановлених під кутом до вертикальної площини, що дозволяє створювати не тільки радіальні, а й осьові потоки руху середовища та інтенсифікує процес її перемішування у більших обсягах. Для збільшення інтенсивності перемішування на внутрішній поверхні ємності мішалки встановлюють відбивні перегородки.

У турбінних мішалках закритого типу робочий орган виконано у вигляді лопаткового ротора, який встановлюється усередині нерухомого статора. Мішалки такого типу створюють переважно радіальні потоки середовища. Однак радіальні потоки, що виникають, мають велику швидкість і переміщуються по всьому об'єму ємності апарату. Переміщується маса потрапляє в турбіну мішалки через його центральний отвір, а виходить по дотичній до радіусу турбіни [3]. При цьому середовище змінює напрямок від вертикального (по осі) до горизонтального (за радіусом) та викидається турбіною з великою швидкістю. Такий рух маси, що переміщується, багаторазово повторюється за короткий час, при цьому у всьому обсязі апарату досягається швидкий та ефективний перемішування.

Для підвищення якості перемішування та його інтенсифікації застосовують турбінні мішалки в яких встановлюються кілька турбін, розташованих на різній висоті. Перевагами турбінних мішалок є:

- малий час змішування компонентів їх швидке та якісне перемішування;
- можливість застосування при безперервному способі замісу тіста.

Професійні тістомісильні машини (рис. 1.1, рис. 12). Професійний подвійний планетарний міксер має вертикальний змішувач, який не має ущільнень валу, підшипників, сальників або сальників, занурених у зону продукту. Мішалки піднімаються та опускаються в ємності для змішування за допомогою гідравлічного підйому, що забезпечує легкий доступ для очищення між порціями. Вакуумні ковпаки та змінні ємності мають точну механічну обробку та здатні витримувати глибокий рівень вакууму [7]. Змінена конструкція забезпечує напівбезперервну роботу, що може значно збільшити виробництво. Поки одну посудину відвозять для дистанційного розвантаження та очищення, іншу можна перемістити в положення під змішувачем, щоб одразу почати наступну партію. Кожна ємність також може бути призначена для певного складу для спрощення очищення та подальшого зменшення перехресного забруднення від партії до партії.



Рисунок 1.1 – Професійний подвійний планетарний міксер

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Подвійний планетарний міксер може бути оснащений декількома конструкціями лопатей:

– лопаті високої в'язкості створюють осьовий і радіальний потік для змішування із середньою та надвисокою в'язкістю. Завдяки спіральному контуру під точним кутом леза проходять повз одне одного, пропускаючи, штовхаючи продукт вперед і вниз, таким чином запобігаючи потраплянню будь-яких матеріалів у зону коробки передач.

– прямокутні леза – класичні прямокутні леза забезпечують потужне змішування, придатне для ретельного змішування вологих або сухих матеріалів, незалежно від характеристик потоку продукту.

– лопаті, які застосовуються для змішування делікатних волокон і твердих речовин для задоволення конкретним вимогам до змішування.



Рисунок 1.2 – Тістомісильна машина

У харчовій промисловості змішування у приготуванні тіста є основною операцією у виробничому процесі. Основна мета змішування речовин вимагає щільного перемішування сировини, а саме води, борошна, цукру, солі. Для цього борошно поміщають у посудину певного типу, яка дозволяє переміщувати матеріал і перемішувати його в бажаному порядку. Це не так просто, оскільки не існує єдиної конструкції змішувача, яка б універсально задовольняла всім вимогам до змішування. Класифікація обладнання для змішування тіста наведено на рисунку 1.3.

Вертикальне змішувальне обладнання – це обладнання періодичної дії. Більшість вертикальних міксерів мають велику площу поверхні змішувальних лопатей. Вертикальні міксери мають обмежену здатність змішувати стільки тіста, скільки горизонтальні міксери. Вони часто повільніші, ніж інші типи міксерів, які використовуються в пекарні. У вертикальних міксерах повинні використовуватися менші чаші та мішалки для розміщення меншої кількості тіста. На ранніх стадіях змішування ці змішувачі дуже ефективно розподіляють воду в частинках борошна. Після повної гідратації частинок борошна вертикальні змішувачі також забезпечують певний ступінь змішування. Як правило, швидкість змішування такого обладнання можна регулювати в певному діапазоні [6]. Однак через низьку продуктивність цей тип міксера

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

зазвичай використовується для невеликих серій виробництв з виготовлення хлібобулочних виробів.

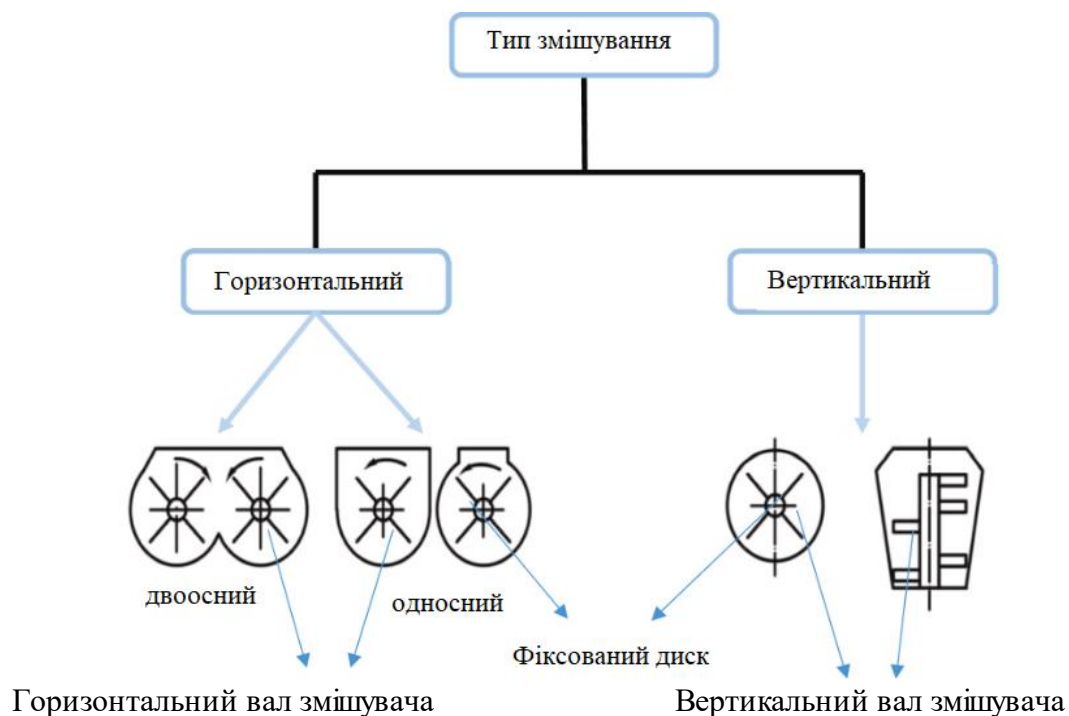


Рисунок 1.3 – Класифікація обладнання для змішування тіста [5]

Планетарні хлібобулочні міксери, також відомі як вертикальні міксери, отримали свою назву через орбітальний рух тістомішалки, який є круговими орбітами вздовж внутрішньої стінки (рис. 1.4). Використана чаша для змішування залишається на місці, поки це відбувається. Планетарні міксери чудово підходять підприємствам, яким потрібно виробляти менші партії за раз. В іншому планетарні міксери дуже універсальні.



Рисунок 1.4 – Планітарні міксери різної завантажувальної здатності

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Вертикальні змішувачі зазвичай працюють на помірній швидкості (70–100 об/хв) протягом 10–20 хв. Вертикальні змішувачі можна розділити на багатофункціональні змішувачі з одновальним гачкоподібним обертанням і вертикальні змішувачі подвійного приводу і подвійної дії. Дослідження показали, що ефект дисперсії води подвійного приводу та вертикальної подвійної дії був значно кращим, ніж ефект обертання у формі гака з одним валом. У змішувальній машині подвійної дії ефект змішування на високій швидкості кращий, ніж на низькій швидкості. Чим вище швидкість валу і швидкість циліндра, тим швидше борошно і вода можуть досягти однорідного стану.

Вертикальні борошнозмішувачі подвійного приводу і подвійної дії відрізняються від іншого обладнання тим, що в їх режимі перемішування відбувається одночасне обертання змішувального валу і змішувального циліндра. Крім того, зазор між змішувальним валом і циліндром для змішування тіста у вертикальних борошнозмішувачах подвійного приводу та подвійної дії невеликий, завдяки чому він може повністю контактувати з кожною позицією циліндра для змішування тіста, допомагаючи борошну та воді досягти рівномірному стану ефективного змішування.

Вертикальні або планетарний міксер Topos 60 QT (рис. 1.5). Обладнання має низку переваг [7, 8]:

- планетарні міксери використовують широкий спектр насадок, що робить їх дуже універсальними;
- насадки обертаються на зсувному валу, коли вал обертається навколо чаші;
- планетарні міксери здатні змішувати, збивати, перемішувати та перемішувати тісто різних типів;

Ці міксери зазвичай постачаються з віночком, чашею з нержавіючої сталі, гачком для тіста та лезом збивача.



Рисунок 1.5 – Планетарний міксер Topos 60 QT

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Проте планетарні міксери не здатні змішувати стільки тіста за один раз, як інші міксери. Вони, як правило, повільніші, ніж інші хлібобулочні міксери. Оскільки вони замішують менші порції тіста, планетарні міксери повинні використовувати зменшені чаші та мішалки.

Спіралеподібні тістомішалки дали назву спіральним міксерам. На відміну від планетарної міксерної чаші, яка залишається нерухомою, спіральна міксерна чаша рухається, а мішалка залишається на місці. Спіральні міксери часто є міксерами, які вибирають пекарні. Вони часто називають «на один мішок» або «на три мішка». Це кількість борошна або тіста, які вони можуть вмістити. Двоспіральний міксер Topos 300 кг (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Спіральний міксер Topos 300 кг

Обладнання має низку переваг [7, 8]:

- міцна мішалка для тіста, яка є у спіральних міксерах, як правило, ефективніша за традиційні збивачки та навіть гаки для тіста під час замішування важкого, крутого тіста;
- у спіральному міксері можна замісити більше тіста;
- спіралі мають менший опір і це допомагає контролювати температуру тіста та забезпечить правильний підйом і легше замішування;
- для змішування невеликих партій не потрібно використовувати зменшені чаші та мішалки.

Проте спіральні міксери підходять лише для замішування тіста, а не для перемішування чи збивання.

Горизонтальне змішувальне обладнання – це обладнання для масштабного автоматичного та безперервного виробництва. Ефект змішування кращий, ніж у вертикальних змішувачів. Було розроблено два типи горизонтального змішувального обладнання, а саме одновальні та двовальні змішувачі [7]. Одновальні змішувачі мають просту конструкцію, однак у цих міксерах зазор між змішувальним валом і циліндром для тіста досить великий, можливість контакту між валом і тістом низька, час змішування нерівномірний, а ефект змішування поганий (рис. 1.7).

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



Рисунок 1.7 – Горизонтальний змішувач

Горизонтальні міксери зазвичай містять чашу, яка рухається навколо вінчиків. Збивачки приводяться в горизонтальне положення всередині чаші на одному або двох валах. Спосіб нарізання тіста залежить від форми та швидкості лез. Коли використовуються два вали, чаша має форму «W», а вали обертаються в протилежних напрямках. Ці горизонтальні змішувачі широко відомі як Z-лопати [8]. Обладнення має низку переваг:

- дуже потужні міксери, тому здатні швидше виробляти жорстке тісто;
- точний контроль температури змішувальної чаші за допомогою сорочки з постійною циркуляцією води або холодоагенту;
- інгредієнти можна додавати через дах горизонтального змішувача під час руху збивача.

Проте має недоліки:

- збивачі намагаються «викинути» матеріали на дах змішувача;
- кришка горизонтального змішувача повністю закриває його, тому не можна повністю спостерігати за ходом змішування;
- форма збивача дозволяє змішувати, диспергувати та замішувати і це може призвести до того, що кожна дія буде не ідеальною;
- зі збільшенням розміру горизонтальних міксерів ефективність замішування має тенденцію до зниження порівняно з накопиченням тепла через тертя.

У двовальних міксерах площа контакту між валом і тістом більша, а ефект перемішування кращий, таким чином, тому ці машини ширше використовуються, ніж одновальні міксери. Двовальне змішувальне обладнання можна розділити відповідно до конфігурації змішувальних лопатей на штифтові змішувальні лопаті, лопатеві змішувальні лопаті з кутовою лопатею та вигнуті змішувальні лопаті. Науковцями були проведені дослідження ефекту змішування та якості сировини при застосуванні двох типів горизонтальних міксерів (штифтові змішувальні лопаті та лопаті змішувальні у вигляді леза) [6]. Результати показали, що штифтова змішувальна лопатка може перемішувати борошно лише круговими рухами, а здатність осьового переміщення є слабкою. Лезо для змішування у формі лопаті з відповідним кутом обертання в поєднанні з регульованою швидкістю перемішування може краще забезпечити

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

однорідність тіста, а його концепція конструкції та ефект є послідовними.

Повільне перемішування на початковому етапі може забезпечити плавне додавання води, тоді як швидке перемішування на середньому етапі може забезпечити хороший ефект змішування та забезпечити повний контакт води та борошна, а повільне перемішування на пізнішому етапі може сприяти рівномірному проникненню води та утворенню клейковини. також є певна різниця в потужності двох змішувачів, яка також має певний вплив на ефект змішування.

Високошвидкісні змішувачі безперервної дії працюють зі швидкістю 800–1500 об/хв і розчин солі/лугу змішується з пшеничним борошном у змішувачі на високих швидкостях. Високошвидкісне змішування може створити більшу площу контакту між поверхнею частинок борошна та водою, так що вода та борошно знаходяться в однорідному контакті та безпосередньо змішуються, а борошно може бути повністю та рівномірно перерости в однорідну масу [3, 5, 6]. Оскільки клейковина важко утворюється під час високошвидкісного замішування до тіста можна додати більше води. Щоб забезпечити безперервність виробництва та підвищити ступінь автоматизації, було розроблено обладнання безперервного струминного змішувача (рис. 1.8). Високоєфективне змішування води та борошна борошнозмішувачами безперервної дії може повністю реалізувати переваги безперервного процесу, підвищити ефективність виробництва.

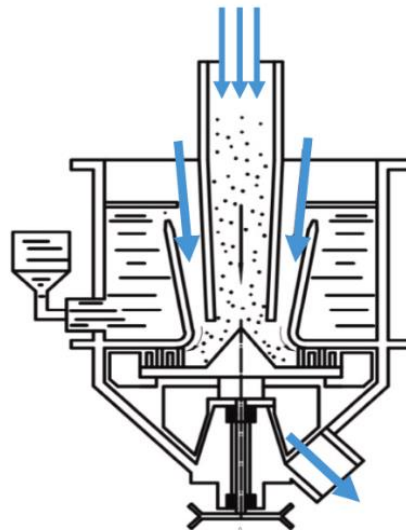


Рисунок 1.8 – Безперервний струминний змішувач

Науковцями було порівняно ефект змішування вертикальних і горизонтальних високошвидкісних змішувальних машин. Коли швидкість змішування різна, якість продукту значно відрізняється [6, 8]. Результати показали, що якість тіста, однорідність і стабільність змішування були не такими гарними, як у горизонтального безперервного змішувального обладнання. З іншого боку, існують великі відмінності в якості тіста між високошвидкісним безперервним обладнанням для замішування тіста та горизонтальними міксерами з подвійними валами. Це може бути пов'язано з кількістю доданої води, швидкістю перемішування та часом замісу тіста.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Низькошвидкісні суперміксери – це тип горизонтальних мішалок, також відомих як вигнуті мішалки. Даний міксер є спеціальним типом обладнання, яке використовується для замісу тіста у процесі виробництва різних виробів з тіста. У процесі змішування лопать в основному виконує роль штовхача, стискання та натискання, але мало впливає на перевертання тіста. Під час обертання деяка сировина знаходиться в радіальному та круговому напрямках, тобто в циліндрі та стінці циліндра. Передня частина обертального механізму циліндра, послідовно стискаються або штовхаються до певної ступені, щоб сприяти зчепленню клейковини на невеликій площі. Цей тип леза в основному використовується для перевертання матеріалу у великому діапазоні та штовхання матеріалу в осьовому напрямку [2-8]. Низькошвидкісні суперміксери спеціально використовуються для замішування тіста з високим вмістом вологи (тобто >40% ваги борошна). Цей тип міксера може замішувати тісто відповідно до конструкції та рухів людських рук та рівномірно змішує пшеничне борошно та воду. Крім того, цей тип міксера дозволяє регулювати швидкість перемішування на рівні приблизно 20 об/хв, таким чином уникаючи руйнівного ефекту зсуву тіста, спричиненого підвищенням температури.

Вакуумне змішування – це новий тип методу змішування, який може рівномірно поєднувати частинки води та борошна, підвищувати ефективність змішування та підвищувати компактність структури тіста. Вакуумне змішування тіста покращує яскравість, текстурні характеристики та якість приготування виробів з тіста [6, 8]. Науковцями було порівняно ефект перемішування тіста трьома типами обладнання, а саме голчастої тістомісильної машини, спіральної тістомісильної машини та вакуумної тістомісильної машини, і дійшли висновку, що вміст води в тісті, виготовленому вакуумною тістомісильною машиною, значно вище, ніж у інших тістомісильних установках.

На основі вище зазначеного можна вважати, що процедура змішування тіста зазвичай вимагають складної механічної операції з отримання однорідної суміші. Тому однією з найважливіших операцій у процесі виготовлення хліба є замішування тіста. Існує багато способів змішування інгредієнтів, які залежать від низки факторів, зокрема від рецептури та обладнання.

Серед усіх операцій, очевидно, що процес змішування має найбільший вплив на наступні процеси та на якість кінцевого продукту. Процес замісу тіста передбачає рівномірне змішування сухого борошна та води з відповідною інтенсивністю для формування тіста. Процес замішування тіста вимагає належного та рівномірного поглинання води, рівномірного кольору сипучих частинок, однакового розміру частинок. Час змішування коливається від 10 до 15 хвилин залежно від кількості доданої води. Якість тіста є результатом фізико-хімічних процесів, які відбуваються одночасно і залежать від періоду, сили замішування, характеру руху, розташування компонентів в тістомісильній машині, температури, а також якості та кількості компонентів рецептури тіста. На якість тіста та його реологічні властивості впливають деякі фактори, а саме умови замішування, тип борошна, сіль, час замішування, температура тіста, швидкість замішування та кількість воду.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАМІШУВАННЯ ТІСТА

2.1 Контроль і моніторинг процесу замішування тіста

Виробництво високоякісних хлібобулочних виробів вимагає глибокого розуміння процесів обробки та замішування тіста. Ці важливі параметри безпосередньо впливають на текстуру, смак і загальну естетику сировини. Оптимізувавши означені процеси для виготовлення виробів із борошна можна підвищити продуктивність, мінімізувати втрати та виготовляти, постачати вироби, які будуть задовольняти потреби споживачів.

Процеси змішування використовуються в харчовій промисловості для виготовлення багатьох виробів. Ці процеси включають рідкі компоненти, які необхідно контролювати для здійснення бажаного процесу змішування. Процес змішування включає поєднання рідин та різних компонентів в результаті чого утворюється однорідна суміш. Контроль продуктивності та забезпечення якості продукції можна досягти лише за допомогою відповідних методів. Багато виробничих і промислових процесів потребують певного часу перемішування, що впливає на якість змішування. Це призводить до необхідності здійснення контролю для моніторингу процесів змішування.

Вироби з тіста користуються широкою популярністю у всьому світі. Ключовим етапом є процес замішування – складна процедура, яка включає рівномірне перемішування борошна та води, де компоненти борошна піддаються гідратації, що призводить до поступового утворення сіток клейковини та розвитку в'язкопружних структур тіста [13]. Якість процесу замішування має суттєвий вплив на характеристики тіста і, як наслідок, на якість кінцевого продукту. Недостатнє змішування може призвести до невідповідного змішування пшеничного борошна та води, недостатнього утворення клейковини та наявності великих часток крохмалю, які не повністю інтегровані в тісто. І навпаки, надмірне змішування створює ризик надмірного утворення клейковини, що потенційно може призвести до пошкодження структури клейковини тіста. Тому ретельний контроль і моніторинг процесу замішування тіста стають необхідними компонентами, які сприятимуть покращенню вихідної сировини.

Замішування тіста відіграє значну роль у визначенні якості кінцевого продукту. Текстура сировини залежить від правильного включення сухих і рідких інгредієнтів, забезпечення однорідності та збереження бажаних реологічних властивостей. Крім того, оптимізація цих процесів може підвищити загальну ефективність тістозмішувальних машини для виготовлення

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Тесленко</i>				Удосконалення процесу та обладнання для перемішування тіста	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>						20	12
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Цвіркун</i>							

тіста, що призведе до вищих темпів виробництва та скорочення часу простою. Розуміння реологічних властивостей тіста є необхідним для оптимального замішування. Щоб оптимізувати процес замішування тіста, важливо розуміти реологічні властивості тіста. Реологія передбачає вивчення того, як матеріали виявляють течію та деформацію. Бажаними якостями тіста є достатня в'язкість, розтяжність і стійкість до деформації. Досягнення цих якостей може бути складним завданням, оскільки недостатнє або надмірне змішування може призвести до значних змін у кінцевому продукті.

Щоб подолати ці проблеми, дуже важливо проаналізувати реологічні властивості тіста. Цього можна досягти шляхом послідовного вимірювання таких параметрів, як водопоглинання, час змішування, температура та еластичність тіста. Відстежуючи означені параметри можна регулювати параметри процесу машини для виготовлення тіста, щоб послідовно досягати бажаних реологічних властивостей. Удосконалення процесу змішування тіста може значно вплинути на продуктивність і знизити експлуатаційні витрати. Оптимізація процесу змішування тіста передбачає впровадження ефективних методів, які мінімізують втрати, максимізують вихід і забезпечують стабільну якість продукції.

Моніторинг етапу приготування тіста є важливим етапом у процесі виробництва. Складна взаємодія різних змінних, що охоплює параметри текстури тіста, формування структури клейковини та реологічні властивості, глибоко впливає на формування однорідної суміші. На сьогоднішній день широко використовуювані методи моніторингу тіста, які охоплюють візуальний огляд, тестування текстури та тестування реології [5, 7, 13]. Візуальний огляд передбачає суб'єктивну оцінку однорідності, гладкості та яскравості поверхні фахівцем. Однак його суб'єктивний характер накладає обмеження. Тестування текстури з використанням вимірювальної техніки харчових речовин для оцінки текстурних властивостей не має можливостей онлайн-моніторингу в реальному часі. Хоча реологічні тести пропонують можливість вимірювати реологічні показники, а саме твердість або текстурні характеристики тіста їх точність часто залежить від конкретного рецепту тіста. Тому результати прогнозування можуть демонструвати значні помилки при застосуванні до різних рецептів, що перешкоджає можливості онлайн-виявлення в реальному часі у виробничому процесі.

Можливість моніторингу процесу замішування тіста в режимі реального часу забезпечується послідовними параметрами процесу, які пропонує обладнання для перемішування тіста. Дослідниками пропонується інноваційна методологія, яка використовує поточні зміни у процесі замішування борошна для досягнення оптимального ефекту замісу тіста [6, 13]. Динамічний характер навантаження міксера, тісно пов'язаний із міцністю тіста на розрив. Зміни в реологічних властивостях тіста, включаючи такі фактори, як жорсткість, еластичність і в'язкість, разом із варіаціями в клейковині, розподілі вологи та мікроструктурі, разом впливають на його опір розтягу. Пропонується шляхом аналізу коливань пікового струму, який безпосередньо корелює як з механічними так і з хімічними властивостями тіста передбачити оптимальну фазу замішування та покращити ефективність обробки тіста і якість продукту.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Датчик струму можна використовувати для вимірювання зміни навантаження або виявлення несправностей. Крім того, поточний аналіз можна використовувати для виявлення несправностей передач, таких як знос підшипників, зміщення та втрата контакту. Зміну навантаження можна оцінити шляхом порівняння струму статора зі значенням еталонної моделі. У більшості випадків у процесі перемішування навантаження є змінним і залежить від багатьох інших параметрів, які важко виміряти [13, 14]. Під час виготовлення тіста навантаження машини змінюється залежно від опору тіста розтягуванню. Опір розтягуванню тіста можна співвіднести зі струмом, споживаним двигуном. Тому для завершення процесу приготування тіста можна використовувати датчик струму. Зміни реологічних характеристик тіста впливатимуть на крутний момент місильної машини. Зміни навантаження впливають на електричні властивості двигуна змішувача, які, таким чином, можна використовувати для вимірювання поведінки тіста.

На рисунку 2.1 представлено автоматизовану схему контролю і моніторинг процесу замішування тіста, яка містить інтегрований блок збору та обробки даних 11 і вимірює струм через транслятор напруги 10, містить двигун 4, який приводить в дію місильне обладнання, щоб контролювати процес замішування, зупинити тістомісильну машину можна за допомогою двох електричних реле 9. Пристрій визначає оптимальну консистенцію (задане значення енергії) і показує її на екрані 12 у вигляді діаграми замішування, через екран 12 оператор контролює процес роботи [11].

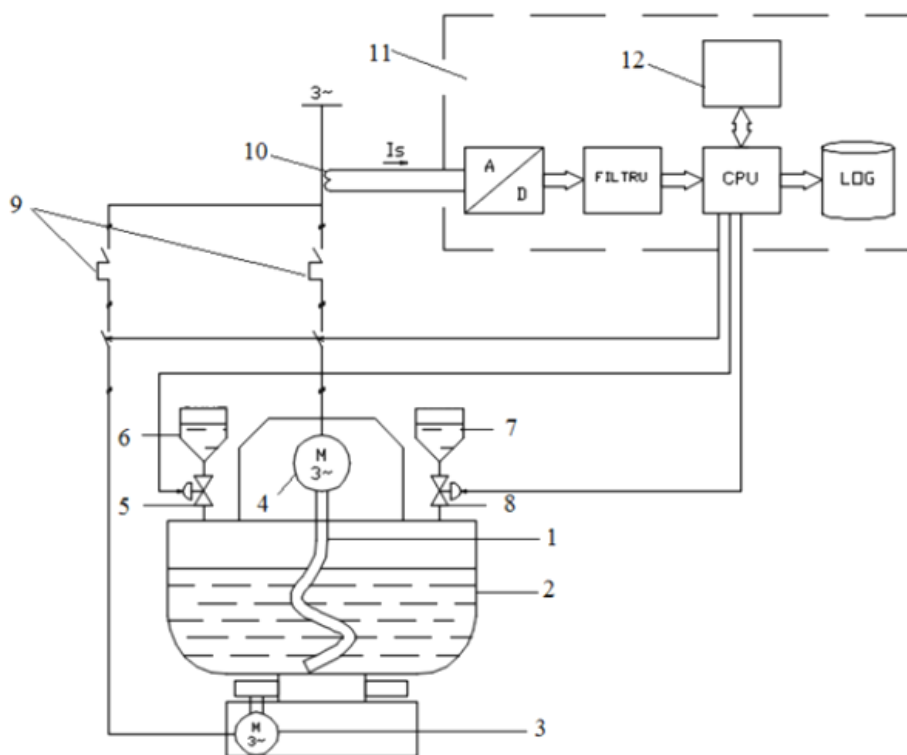


Рисунок 2.1 – Контроль та моніторинг процесу замішування тіста [11]

Обладнання здійснює контроль процесу змішування після цього отримані параметри порівняно з миттєвим введення енергії, що є більш надійним, оскільки, наприклад, борошно має різні властивості, які позначаються на якості тіста. Для оптимального отримання тіста важливо знати правильну кількість води, яку можна додати до борошна, що переробляється, і оптимальної кількості питомої енергії, що вводиться в тісто у процесі змішування, при якій тісто реєструє пік розвитку клейковини. Сукупна питома енергія введена в тісто зменшується з кожним відсотком доданої води.

Складність більшості процесів перемішування ускладнює вимірювання їх показників. Перебіг таких процесів зазвичай пов'язаний із змінами фізичних або хімічних характеристик. Більшість процесів змішування контролюються в автономному режимі внаслідок ненадійних високовартісних онлайн-систем контролю [12]. Вимірювання прогресу в режимі реального часу має важливе значення для ефективного контролю та моніторингу процесу. Реологічні характеристики змішаного матеріалу зазвичай співвідносяться з щільністю і в'язкістю суміші. Багато систем вимірювання щільності та в'язкості не є кращими для онлайн-моніторингу через потребу в ретельному очищенні та калібруванні. Таким чином, контроль більшості процесів базується або на експертному рішенні, або на лабораторних вимірюваннях.

Для оптимізації процесу змішування тіста одним з засобів є використання автоматизованих систем обробки тіста. Інтеграція автоматизованої системи обробки тіста може допомогти усунути помилки ручного поводження та зменшити витрати сировини. Ці системи використовують передову робототехніку та транспортні системи для точного контролю переміщення та розподілу тіста на виробничій лінії. Впровадження таких систем підвищує точність і швидкість обробки тіста, що призводить до підвищення пропускну здатності та зменшення дефектів продукту [14]. Системи управління процесом відіграють вирішальну роль в оптимізації ефективності змішування тіста, бо здатні відстежити і контролювати різні параметри, такі як швидкість змішування, час змішування та співвідношення інгредієнтів, щоб забезпечити стабільну якість продукту. За допомогою систем управління технологічними процесами можна досягти точного контролю над процесом змішування тіста, незалежно від варіацій сировини, умов навколишнього середовища або навичок оператора. Запропоновано модель автоматизованої системи процесу змішування для тістомісильної машини (рис. 2.2).

Системи управління процесом зазвичай включають датчики та програмовані логічні контролери (ПЛК) для моніторингу критичних параметрів тіста в режимі реального часу. Ці системи можуть автоматично регулювати параметри змішування, щоб компенсувати коливання, забезпечуючи стабільну якість тіста. Крім того, вони можуть створювати детальні звіти та аналітику даних, що дозволяє відстежувати продуктивність процесу, оптимізувати загальну ефективність машини для приготування тіста.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

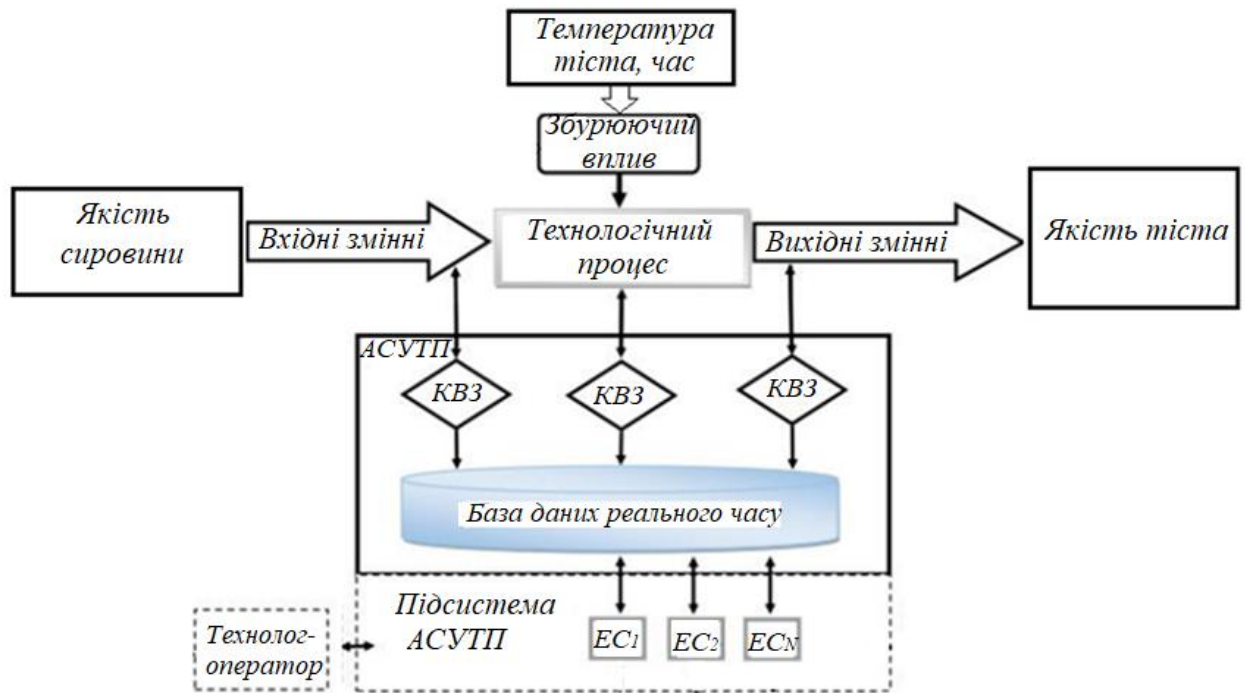


Рисунок 2.2 – Модель автоматизованої системи процесу змішування для тістомісильної машини

АСУТП – автоматизована система управління технологічним процесом (процес перемішування тіста); КВЗ – контрольно-вимірювальні засоби; ЕС – експертний сигнал

Запропонована автоматизованої системи процесу дозволяє контролювати різні параметри, такі як швидкість змішування, час змішування, щоб забезпечити стабільну якість вихідного продукту за допомогою КВЗ – контрольно-вимірювальних засобів в режимі реального часу.

Регулярне чищення та технічне обслуговування мають вирішальне значення для забезпечення довговічності та оптимальної продуктивності машини для приготування тіста [13, 14]. Належні методи очищення допомагають запобігти накопиченню залишків тіста, залишків інгредієнтів і забруднень, які можуть вплинути на якість продукції та призвести до простою. Обов'язковим є встановлення чітко визначеного графіка очищення та обслуговування машини для приготування тіста. Це включає регулярну перевірку змішувальних лез, роликів та інших компонентів для виявлення зносу. Участь у профілактичних заходах з технічного обслуговування, таких як змащування, регулювання натягу ремня та калібрування, допомагає зменшити поломки та забезпечує стабільну роботу.

Оптимізація процесів змішування тіста у тістомішувальній машині для виготовлення є важливим для постійного виробництва високоякісного тіста. Розуміння важливості реології тіста, впровадження ефективних методів обробки, використання систем управління процесом і дотримання регулярних практик очищення та обслуговування можуть значно підвищити продуктивність, мінімізувати втрати та забезпечити задоволення клієнтів готовою продукцією.

2.2 Удосконалення конструкційних характеристик тістозмішувальної машини

Тісто – густа, пластична та еластична суміш, яке виготовляється із борошна, води та інших інгредієнтів. Борошно зазвичай може бути широкого спектру злаків, включаючи пшеницю, рис і кукурудзу. Процес виготовлення та формування тіста є попереднім етапом у виготовленні різних видів харчових продуктів, зокрема хліба та продукти на основі хліба. Процедура змішування в рецептурі тіста зазвичай вимагає складної механічної операції з отримання однорідної суміші. Введення інгредієнтів та інтенсивність змішування є двома критичними факторами для отримання оптимальної рецептури тіста [10]. Робота направлена на введення інгредієнтів – це енергія, яка потрібна на перемішування тіста до досягнення піку кривої збільшення затрат енергії, тоді як змішувана інтенсивність – це швидкість замішування тіста. Обидва фактора мають бути вище мінімального критичного значення і змінюватися залежно від властивостей борошна та від типу використовуваного змішувача.

Змішування – це фізичне або хімічне поєднання двох речовин або більшої кількості різнорідних частинок матеріалу. Отриманий продукт суміші має відповідати бажаному рівню однорідності. Операція змішування впливає на найбільш критичний аспект означеного процесу, а саме гомогенізація та розгортання тіста [10, 12]. Гомогенізація (отримання однорідної суміші) може призвести до зниження в концентрації продукту або градієнту температури всередині посудини для змішування. В процесі змішування рідин, ефективна пропорція суміші може бути візуалізовано як перебіг молекул або частинок в замкнутому просторі в рідинній системі. Це часто викликають збільшення площі контакту частинок рідини і, таким самим призводить до зменшення відстані між частинками матеріалу, що змішується. Цей параметр описує здатність машини до виконання операції змішування з мінімальною кількістю втрати сировини.

При аналізі конструкції тістозмішувальної машини важливими є такі технічні характеристики, як об'єм змішувального резервуару, тип робочого колеса, частота обертання змішувального валу і характер суміші, що має вирішальне значення для продуктивності технології. Для різних видів сировини потрібні різні види робочих насадок і геометрія бака для досягнення бажаної якості продукції. Поле течії та процес перемішування навіть у простій посудині може бути дуже складним. Це може бути пов'язано з обертовими лопатями робочого колеса, які взаємодіючи утворюють загальний потік. Інші параметри, як зазор робочого колеса, близькість до стінки судини, довжина перегородки також може впливати на загальну схему потоку і, отже, сам процес змішування.

Динамічний процес змішування тіста обумовлюється і реологічними параметрами тіста (час розгортання, стабільність тіста, м'якість), бо немає єдиної конструкції змішувача, яка може універсально задовольнити будь-які вимоги до змішування. Деякі наявні змішувачі характеризуються недостатньо міцними характеристиками у процесі змішування тіста в найбільш в'язкому стані, що призводить до зниження вихідного продукту та потреби у великій кількості механічної енергії для роботи. Таким чином, попередні конструкції не

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

є надійними особливо щодо контролю процесу та аналіз балансу матеріалів або автоматизації.

Міксери відіграють вирішальну роль в ефективному замішуванні тіста для виробництва хліба, забезпечуючи економію часу та забезпечуючи більш однорідну текстуру тіста порівняно з традиційними методами ручного замішування. Замішування – це складний процес, яким можна керувати, створюючи симбіоз між властивостями борошна, оптимальною кількістю питомої енергії тощо. Тому актуальним є оптимізація робочих параметрів тістомішувальної машини (швидкість валу, крильчатка, геометрія та кількість лез), оскільки це впливає на ефективність роботи тістомісильної машини.

Для виготовлення тістомішувальних машин використовуються матеріали виходячи з їх міцності та хімічної інертності для контакту з харчовими продуктами. Використовують хромонікелеву нержавіючу сталь завдяки своїй полірованій поверхні та здатності до втримання звичайної корозії. Скребок для очищення виготовляється з якісного пластика. Змішувач розрахований на переробку 5 кг суміші борошна, води і інших інгредієнтів [2, 11]. Машина складається з міксерної чаші для змішування, електродвигуна для забезпечення роботи машини, мішалка для гомогенізації харчових компонентів, прямого валу для передачі потужності (рис. 2.3). Розмір лопаток мішалки виготовлено потовщеними, щоб збільшити крутний момент і розподілити енергію рівномірно по всій ємності для змішування. Обертний вал створює ефект перемішування в мішалці. Електричний двигун забезпечує три рівні швидкості, а саме низький (250 об/хв), середній (300 об/хв) і високий (350 об/хв).



Рисунок 2.3 – Тістомісильна машина ДМ-10

Технічні характеристики:

Ємність чаші: 10 л

Ємність на операцію: 8 кг

Для заповнення борошна (60% води): 5 кг

Загальне навантаження: 370 Вт

Розмір чаші: 260 мм x 200 мм

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Зовнішні розміри (Ш x Г x В)

– ширина: 280 мм

– глибина: 540 мм

– висота: 550 мм

Маса: 36 кг

Загальні розміри

350 x 600 x 750 мм

Вага брутто: 47 кг

Чаша для змішування – це контейнер, в якому перемішується тісто для отримання однорідної суміші. Конструкційні розміри чаші здійснені із врахуванням очікуваної кількості тіста (розраховано на к кг). Обладнання має відповідну висоту і ширину, а також форма і розміри мішалки відповідають вимогам. Міксер здатний змішувати 5 кг борошна за хвилину, при тиску змішування 16942 Нм^{-2} , швидкість робочого колеса 350 об/хв, щільність тіста 1258 кгм^{-3} . Обсяг чаші для змішування було розраховано за допомогою рівняння [2]

$$V_b = 2.5 m_d / \rho_d$$

де V_b – об'єм чаші, м^3 ;

m_d – маса суміші або композитного борошна, кг;

ρ_d – щільність тіста, кгм^{-3} .

Круговий вал – вал, який використовується для передачі енергії та крутного моменту від первинного двигуна до мішалки. Це також полегшується за допомогою механізму зубчастої передачі. Внутрішня прямозуба шестерня входить у зачеплення із зовнішньою прямозубою передачею та перетворює обертовий рух від електродвигуна на кругову траєкторію. Розмір діаметра валу був розрахований за допомогою рівняння [2]

$$D_f^3 = \frac{16}{\pi S_u} (\sqrt{(K_t M_t)^2 + (K_b M_b)^2})^2$$

де D_f – діаметр валу, м;

M_b – згинальний момент, Нм;

M_t – крутний момент, Нм;

K_b – комбінований коефіцієнт удару на вигин моменту;

K_t – комбінований коефіцієнт удару для моменту кручення;

S_u – допустиме для валу зі шпонковим пазом.

Товщина леза є важливим параметром для ефективного змішування. Леза мають бути достатньо товстим, щоб витримувати коливання та навантаження без згинання та ламання. Мінімальна товщина леза була розрахована за допомогою рівняння [2]

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\delta = 0.98 \sqrt{(0.5P f_l D - 0.5D) / 0.5DW \sigma_b N n_b f_l \sin \alpha}$$

де δ – мінімальна товщина полотна, м;

P – вага матеріалу леза, Н;

N – швидкість (250, 300 і 350 об/хв);

D – діаметр валу, м;

W – ширина леза (передбачається 20 мм);

n_b – кількість лез;

σ_b – допустиме напруження леза, Н/м²;

α – геометрія леза (45°, 60° і 90°).

Електродвигуни широко використовуються як приводи багатьох машин, а також застосовуються для приводу змішувачів і мішалок. У програмах змішування та перемішування зміна навантаження може надати цінну інформацію про продуктивність процесу. Велика кількість асинхронних двигунів мають різний момент навантаження. Коливання крутного моменту та швидкості двигуна призводять до зміни споживаного струму двигуна. Електричний двигун приводить в рух редуктор, який створює обертання у мішалці. Шестерня використовується для зміни швидкості обертання валу – 250, 300 і 350 об/хв. Ємність електродвигуна впливає на вага мішалка і підшипники, об'єм і щільність тіста змішування, напругу зсуву на стінках чаші, в'язкість суміші тіста, крутний момент, необхідний для ефективного перемішування і кутову швидкість мішалки. Вхідна потужність було обчислено за рівнянням, яке пов'язує ККД редуктора, споживчу потужність і вихідну потужність у процесі змішування. Встановлено, що $P = 1739,31$ Вт або 1,739 кВт. Враховуючи втрати електроенергії через тертя та інших чинники доцільніше обрати однофазний електродвигун для живлення тістомісильної машини [2, 6]

$$\eta = \frac{P_i}{P} \times 100\%$$

вихідна потужність становила

$$P_i = V A \cos$$

де P_i – споживана потужність, Вт;

P – вихідна потужність, Вт;

V – напруга від електродвигуна, В;

A – струм, споживаний електродвигуном, А;

\cos – коефіцієнт потужності, отриманої від електродвигуна;

η – ККД редуктора.

Крутний момент, прикладений до валу – генерований крутний момент від мішалки, який було обчислено за допомогою рівняння [2, 6]

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$T_m = \frac{P_i}{2\pi N_m}$$

де P_i – споживана потужність, кВт;

N_m – швидкість змішування, об/хв;

T_m – крутний момент валу веденого шпинделя, Нм.

Було встановлено, що крутні моменти веденого шпинделя вал були 59,79, 49,82 і 42,70 Нм по відношенню до швидкостей змішування 250, 300 і 350 об/хв, відповідно.

Міксер використовується для перемішування суміші тіста. Мішалка складається з робочого колеса приєднаному до валу. У роботі пропонується змінити кутовий інтервал лопатей мішалки у трьох геометричних орієнтаціях, а саме під кутом 45° , 60° , 90° (рис. 2.4, рис. 2.5, рис. 2.6). Така кутова орієнтація та кількість лопатей більше впливатиме на загальну продуктивність змішувача. Кількість лопатей та кутова орієнтація ножів впливатиме на ефективність перемішування тіста в тістомісильній машині.

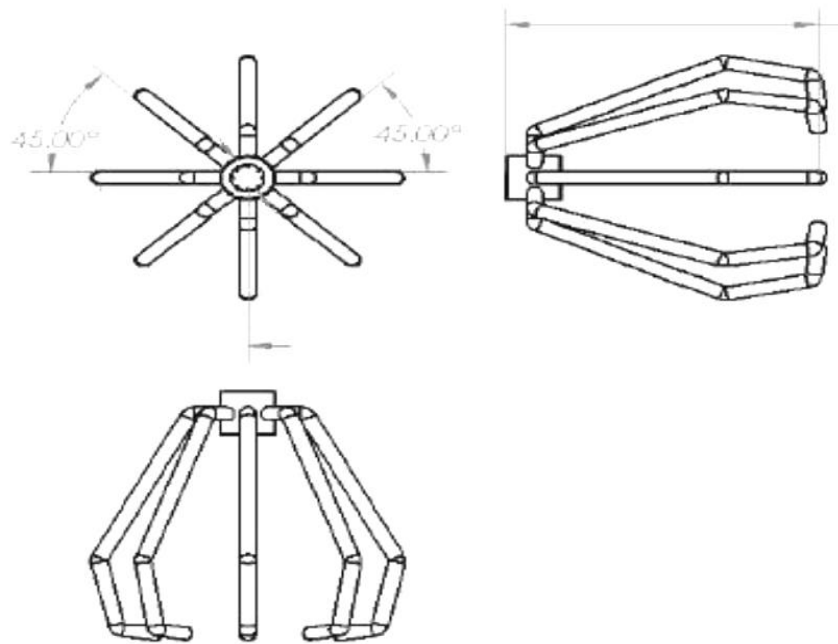


Рисунок 2.5 – Конфігурація мішалки: ножі під кутом 45°

Розрахуємо моменти інерції, що діє на вал робочого колеса з рівняння [2, 6, 8]

$$I_x = 2 \frac{1}{8} (2\alpha - \sin 2\alpha) (r_1^4 - r_2^4)$$

$$I_z = 2 \frac{1}{8} (2\alpha + \sin 2\alpha) (r_1^4 - r_2^4)$$

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{xs} = I_{zs} = \frac{\pi d^4}{64}$$

Кількість лопатей та кутова орієнтація ножів впливатиме на ефективність перемішування тіста в тістомісильній машині. Великий крутний момент буде розвиватися завдяки зменшенню кутової геометрії ножів.

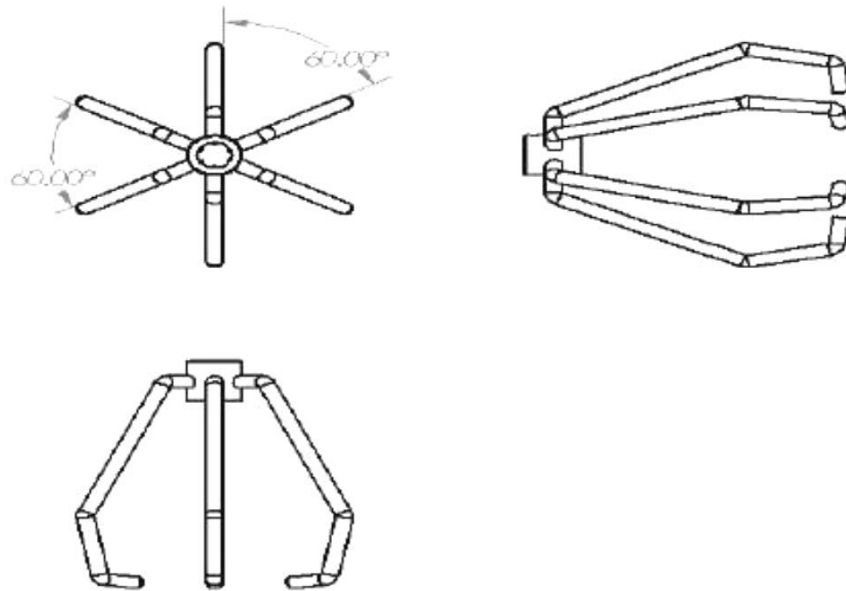


Рисунок 2.6 – Конфігурація мішалки: ножі під кутом 60° [2]

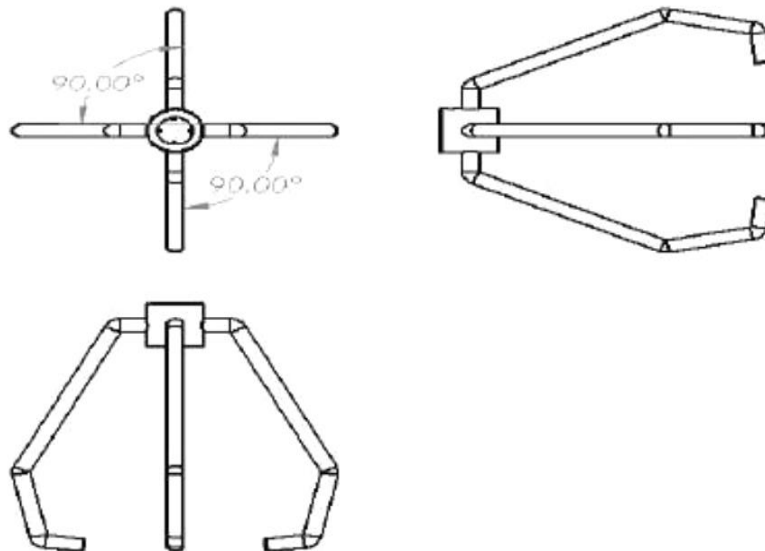


Рисунок 2.7 – Конфігурація мішалки: ножі під кутом 90° [2]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

На основі вище зазначеного можна вважати, що процеси змішування використовуються в харчовій промисловості для виготовлення багатьох виробів. Ці процеси включають рідкі компоненти, які необхідно контролювати для здійснення бажаного процесу змішування. Процес змішування включає поєднання рідин та різних компонентів в результаті чого утворюється однорідна суміш. Контроль продуктивності та забезпечення якості продукції можна досягти лише за допомогою відповідних методів. Багато виробничих і промислових процесів потребують певного часу перемішування, що впливає на якість змішування. Це призводить до необхідності здійснення контролю для моніторингу процесів змішування.

На сьогоднішній день широко використовувані методи моніторингу тіста, які охоплюють візуальний огляд, тестування текстури та тестування реології. Візуальний огляд передбачає суб'єктивну оцінку однорідності, гладкості та яскравості поверхні фахівцем. Однак його суб'єктивний характер накладає обмеження. Тестування текстури з використанням вимірювальної техніки харчових речовин для оцінки текстурних властивостей не має можливостей онлайн-моніторингу в реальному часі. Хоча реологічні тести пропонують можливість вимірювати реологічні показники, а саме твердість або текстурні характеристики тіста їх точність часто залежить від конкретного рецепту тіста. Тому результати прогнозування можуть демонструвати значні помилки при застосуванні до різних рецептів, що перешкоджає можливості онлайн-виявлення в реальному часі у виробничому процесі.

Впровадження таких систем підвищує точність і швидкість обробки тіста, що призводить до підвищення пропускну здатності та зменшення дефектів продукту. Системи управління процесом відіграють вирішальну роль в оптимізації ефективності замішування тіста, бо здатні відстежити і контролювати різні параметри, такі як швидкість змішування, час змішування та співвідношення інгредієнтів, щоб забезпечити стабільну якість продукту. За допомогою систем управління технологічними процесами можна досягти точного контролю над процесом замішування тіста, незалежно від варіацій сировини, умов навколишнього середовища або навичок оператора.

Запропоновано модель автоматизованої системи процесу змішування для тістомісильної машини, яка дозволяє контролювати різні параметри, такі як швидкість змішування, час змішування, щоб забезпечити стабільну якість вихідного продукту за допомогою КВЗ – контрольно-вимірювальних засобів в режимі реального часу.

Запропоновано змінити кутовий інтервал лопатей мішалки у трьох геометричних орієнтаціях, а саме під кутом 45° , 60° , 90° . Така кутова орієнтація та кількість лопатей більше впливатиме на загальну продуктивність змішувача. Кількість лопатей та кутова орієнтація ножів впливатиме на ефективність перемішування тіста в тістомісильній машині. Великий крутний момент буде розвиватися завдяки зменшенню кутової геометрії ножів.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Рецептúra приготування дріжджового тіста

Хлібобулочні вироби готуються шляхом випікання тіста з борошна та води. Тісто має бути густим, пластичним та еластичним. Виготовляється із суміші борошна, води та інших інгредієнтів. Його можна формувати, місити і розкачувати. Воно еластичне, зазнає значного розширення під час випікання, а ступінь еластичності залежить від кількості еластичного білка або клейковини, що міститься в борошні. Тісто використовують для приготування хліба та випічки. Солодке тісто, яке використовується для таких продуктів, як кавові тістечка та датська випічка, виходить смачнішим, ніж тісто для хліба; солодке тісто містить більшу кількість жиру, молока, цукру та різних спецій, горіхів і фруктів. Тісто, яке використовується для коржів і більшості тортів є бездріжджовим і не розтягується.

У дослідженні будемо випікати булочки із дріжджового тіста за такою рецептурою:

1. Додаємо борошно, дріжджі та сіль у чашу міксера. Рецепт передбачає розм'якшене масло, яке додайте зараз. Пшеничне борошно є основною сировиною для виробництва хлібобулочних виробів. Якість борошна є основним фактором, що визначає якість сировини.

2. Запускаємо міксер, а потім повільно наливаємо рідину в чашу, коли міксер працює. Кількість доданої води у приготуванні тіста є важливим інгредієнтом, який значно впливає на якість отриманого продукту. Кількість води, що додається, залежить від виду, сорту, фізичних властивостей, вологості та способу виробництва пшеничного борошна. У рецепті потрібне розтоплене вершкове масло, яєчні жовтки та цукор, які збиваємо у рідину перед тим, як додаємо в борошняну суміш.

3. Вимішуємо тісто приблизно 5 хвилин. Спочатку воно виглядає нечітким, але продовжуємо поки воно не стане м'яким і гнучким. Перевіримо готовність тіста: розтягнемо маленький шматочок тіста досить тонко, щоб бачити крізь нього. Якщо тісто легко ламається його потрібно більше вимішувати, щоб активувати глютен.

4. Сформуємо з тіста кулю, помістимо її в чисту миску і надкриємо чистим рушником. Залишаємо при кімнатній температурі поки не розбухне та не збільшиться в об'ємі вдвічі.

Інгредієнти: сухих дріжджів (1 столова ложка плюс 2 чайні ложки), $\frac{1}{4}$ склянки теплої води (від 100 до 110 градусів), $\frac{3}{4}$ склянки (1 $\frac{1}{2}$ палички) несолоного вершкового масла кімнатної температури, $\frac{1}{4}$ склянки цукру, 2 великих яєчних жовтки, 1 чайна ложка білого оцту, $\frac{1}{2}$ чайної ложки чистого

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Тесленко				Удосконалення процесу та обладнання для перемішування тіста	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.	Цвіркун						32	6
Н. Контр.	Омельченко					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.	Цвіркун							

екстракту ванілі, $1\frac{2}{3}$ склянки борошна, 1 чайна ложка крупної солі.

Температура для дріжджів: тепло вбиває дріжджі, тому не допускаємо їх контакту з інгредієнтами або температурою вище 120°C , оскільки вони пошкодять дріжджі. Температури вище 140°C повністю зруйнують його, тому їх потрібно уникати до випічки. Оптимальна температура для дріжджів становить $80\text{-}100^{\circ}\text{C}$.

Температура води є важливим фактором, який сильно впливає на розвиток клейковини, реологічні характеристики тіста та якість кінцевого продукту. Тісто приготоване за різних температур води може демонструвати відмінності в розтяжності, еластичності, міцності та пластичності.

3.2. Вплив часу змішування тіста на якість готової сировини

Час замішування має важливий вплив на формування тіста та якість готової сировини. У виробництві зазвичай прийнятий час змішування 15 хв, а у більшості випадків рекомендується не менше 10 хвилин час змішування. Короткий час замісу тіста призводить до нерівномірного змішування борошна і води і недостатнього утворення клейковини, а, навпаки, тривалий час замішування вимагає надмірних механічних витрат енергії, підвищує температуру тіста та призводить до надмірного розширення клейковини, зниження водоутримуючої здатності, розм'якшення тіста та підвищеної в'язкості, що не сприяє ущільненню тіста [6]. Правильне замішування тіста включає повітря, розподіляє інгредієнти, виробляє клейковину, яка забезпечує гарну якість сировини.

Для експерименту були виготовлено чотири порції булочок за однаковою рецептурою із дріжджового тіста. Тривалість випічки для всіх зразків була однаковою. Перший зразок перемішували у міксері протягом 2 хвилин після того, як усі інгредієнти були включені, другий вимішували 4 хвилини (рис. 3.1, рис. 3.2).



Рисунок 3.1 – Час замішування тіста 2 хв

Через 2 хвилини тісто є липким, не відстає від стінок миски та виглядає не однорідним. На процес замішування тіста впливає декілька параметрів, зокрема час замішування, температура тіста, швидкість замішування, аерація тіста, температура води та загальний вміст води. Правильне керування процесом замішування та застосування стратегій покращення можуть значно підвищити реологію тіста та кінцеві характеристики сировини.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33



Рисунок 3.2 – Час замішування тіста 4 хв

Через 4 хвилини тісто все ще було липким, але воно почало відставати від стінок миски та виглядати більш однорідним.

Третій зразок перемішували 8 хвилин, а четвертий 20 хвилин (рис. 3.3). Після того як невелика порція булочок була спечена їх залишали повільно охолоджувати протягом 24 годин, а потім зробили необхідні результати щодо їх якості.



Рисунок 3.3 – Час замішування тіста 8 хв

Через 8 хвилин тісто відірветься від стінок миски та має компактну форму.

Після аналізу результатів було встановлено вплив часу замішування тіста на якість готової хлібобулочної продукції. З точки зору сенсорного аналізу, чотири зразки не мають жодної значущої відмінності. За тим же рецептом немає відмінностей ні в смаку, ні в запаху. Чотири зразка мають однаковий смак і запах. Колір шкірки кремовий, злегка підрум'янений в міру твердою скоринкою. Час випікання був ідентичним для всіх чотирьох зразків. Проте виявлено, що зі збільшенням часу замішування тісто стає більш еластичним.

Одним із критеріїв якості є пористість. Зразок, який вимішували протягом 2 хвилин є найменший, а зразок який вимішували 8 хвилин має найвищу пористість. Таким чином, можна сказати, що час замішування має великий вплив на якість сировини (табл. 3.1, рис. 3.4).

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Змішування тіста протягом 8 хвилин може сприяти отриманню кращої текстурної характеристики, більш компактної та однорідної внутрішньої структури. Недостатній час змішування, наприклад, 2 хвилини призводить до нерівномірної структури тіста та недостатнього утворення клейковини, особливо для пшеничного борошна зі слабкою клейковиною. Надмірне змішування, наприклад, 20 хвилин призведе до надмірного розтягування клейковини, збільшення рухливості води. Відповідно, оптимальним часом змішування є 8 хвилин.

Таблиця 3.1 – Визначення пористості тіста

Час замішування, хв	Вага циліндра з порами, г	Вага циліндра без пор, г	Пористість, %	Стандартна Пористість, %
2	54,6	59	52,68	Мінімум 65
4	50,0	54,2	56,53	
8	42,0	46	63,10	
20	52,3	56,8	54,44	



Рисунок 3.4 – Зміна пористості з часом замішування

Наступним критерієм було співвідношення висоти і діаметра хлібобулочних виробів. Результати показали, що подовження часу замішування призводить до збільшення об'єму готового продукту. Спостерігається значне збільшення від 0,80 мм для зразка, що вимішували 2 хв до 1,01 мм для зразків, що вимішували 8 хв та 20 хв. При подовженні в час замішування збільшує висоту і діаметр булочок (рис. 3.5).

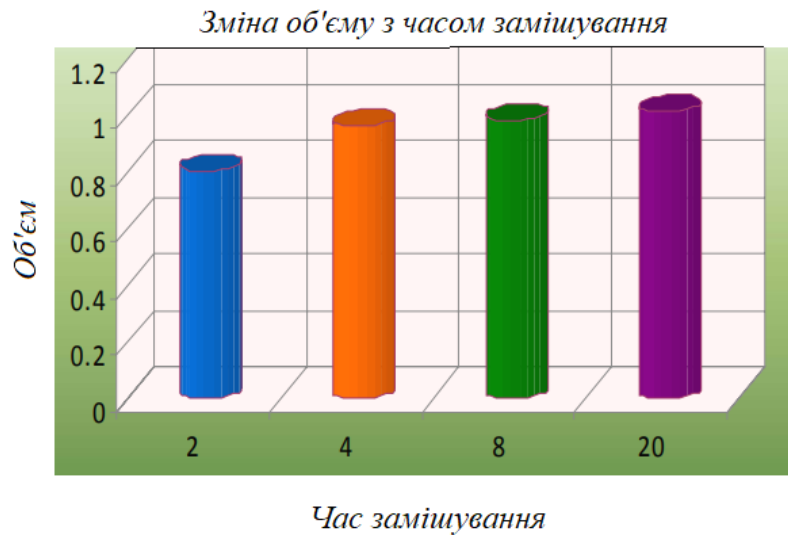


Рисунок 3.5 – Зміна об'єму з часом замішування

Значення вологи для всіх чотирьох зразків знижуються в межах нормативу 42%. Найвищий показник вологості відзначено у зразка, який змішували 2 хвилини 38%, для інших зразків вологість мала постійне значення 36% (рис. 3.6, табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Визначення вологості тіста

Час замішування, хв	Вологість, %	Стандартна вологість, %
2	38	Максимум 42
4	36	
8	34	
20	36	

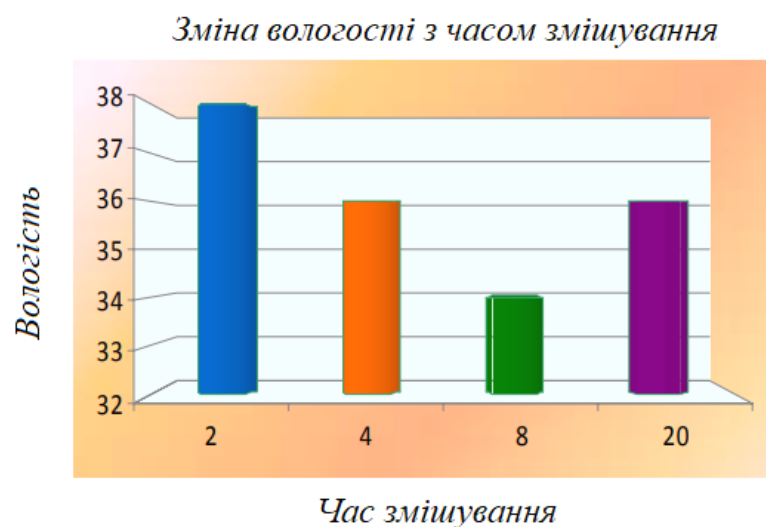


Рисунок 3.6 – Зміна вологості з часом замішування

На основі вище зазначеного можна вважати:

– хліб та хлібобулочні вироби відносяться до основної їжі, яку готують приготування тіста з борошна і води з додаванням додаткові інгредієнти. Тісто зазвичай випікають, але в деяких кухонь хліб готують на пару, смажать або запечені на сковороді (наприклад, коржі);

– точки зору сенсорного аналізу, чотири зразки не мають жодної значущої відмінності. За тим же рецептом немає відмінностей ні в смаку, ні в запаху. Чотири зразка мають однаковий смак і запах. Колір шкірки кремовий, злегка підрум'янений в міру твердою скоринкою. Час випікання був ідентичним для всіх чотирьох зразків. Проте виявлено, що зі збільшенням часу замішування тісто стає більш еластичним;

– на процес замішування тіста впливає декілька параметрів, зокрема час замішування, температура тіста, швидкість замішування, аерація тіста, температура води та загальний вміст води. Правильне керування процесом замішування та застосування стратегій покращення можуть значно підвищити реологію тіста та кінцеві характеристики сировини;

– усі операції, які виконуються для тіста дуже важливі і сильно впливають на його структуру та кінцевий продукт;

– на якість тіста та його реологічні властивості впливають деякі фактори, а саме умови замішування, тип борошна, сіль, час замішування, температура тіста, швидкість замішування та кількість воду;

– впливає спосіб приготування, час змішування, бо як показують результати, за рахунок зменшення часу замішування, отриманий продукт має специфічні сенсорні характеристики та нижчу якість;

– збільшення вмісту води в тісто супроводжується зниженням пружних властивостей і в'язкості тіста;

– тісто повинно бути добре вимішаним, однорідним, щільним, еластичним і легко зніматися з насадок міксера та не прилипати до стінок ємності для замішування;

– найкращі результати були отримані для зразка, який вимішували 8 хвилин. Змішування тіста протягом 8 хвилин може сприяти отриманню кращої текстурної характеристики, більш компактною та однорідною внутрішньою структуру. Недостатній час змішування, наприклад, 2 хвилини призводить до нерівномірної структури тіста та недостатнього утворення клейковини, особливо для пшеничного борошна зі слабкою клейковиною. Надмірне змішування, наприклад, 20 хвилин призведе до надмірного розтягування клейковини, збільшення рухливості води. Відповідно, оптимальним часом змішування є 8 хвилин

– короткий час замісу тіста призводить до нерівномірного змішування борошна і води і недостатнього утворення клейковини, а, навпаки, тривалий час замішування вимагає надмірних механічних витрат енергії, підвищує температуру тіста та призводить до надмірного розширення клейковини, зниження водоутримуючої здатності, розм'якшення тіста та підвищеної в'язкості, що не сприяє ущільненню тіста. Правильне замішування тіста включає повітря, розподіляє інгредієнти, виробляє клейковину, яка забезпечує гарну якість сировини.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

ВИСНОВКИ

Бакалаврська робота присвячена удосконаленню процесу та обладнання для перемішування тіста. У роботі зазначено, що хлібобулочні вироби вважаються незамінними в харчуванні людини, бо є важливим джерелом макроелементів, мікроелементів, харчових волокон, вітамінів і антиоксидантів. На процес замішування тіста впливає декілька параметрів, зокрема час замішування, температура тіста, швидкість замішування, температура води та загальний вміст води. Правильне керування процесом замішування та застосування стратегій покращення можуть значно підвищити реологію тіста та кінцеві характеристики сировини.

У першому розділі здійснено аналіз обладнання для перемішування тіста. Зазначено, що процес змішування тіста вимагають складної механічної операції з отримання однорідної суміші. Тому однією з найважливіших операцій у процесі виготовлення хліба є заміс тіста. Існує багато способів змішування інгредієнтів, які залежать від низки факторів, зокрема від рецептури та обладнання. Як правило, метод змішування – це спосіб з'єднання інгредієнтів під час виготовлення тіста. Кожен метод змішування дає різні результати, тому залежно від того, яке тісто потрібно отримати використовується відповідна технологія.

Серед усіх операцій, очевидно, що процес змішування має найбільший вплив на наступні процеси та на якість кінцевого продукту. Процес замісу тіста передбачає рівномірне змішування сухого борошна та води з відповідною інтенсивністю для формування тіста. Процес замішування тіста вимагає належного та рівномірного поглинання води, рівномірного кольору сипучих частинок, однакового розміру частинок. Час змішування коливається від 10 до 15 хвилин залежно від кількості доданої води. Якість тіста є результатом фізико-хімічних процесів, які відбуваються одночасно і залежать від періоду, сили замішування, характеру руху, розташування компонентів в тістомісильній машині, температури, а також якості та кількості компонентів рецептури тіста. На якість тіста та його реологічні властивості впливають деякі фактори, а саме умови замішування, тип борошна, сіль, час замішування, температура тіста, швидкість замішування та кількість воду.

На основі аналізу наукових джерел виокремлено обладнання, яке застосовується для перемішування тіста, а саме: вертикальне змішувальне обладнання – обладнання періодичної дії, відоме як планетарні міксери з орбітальними рухами тістомішалки вздовж внутрішньої стінки; горизонтальне змішувальне обладнання – обладнання для масштабного автоматичного та безперервного виробництва; низькошвидкісні суперміксери – різновид горизонтальних мішалок, також відомих як вигнуті мішалки; високошвидкісні змішувачі безперервної дії змішують на високих швидкостях 800-1500 об/хв.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20.2024.ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Тесленко</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>					38	2
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Цвіркун</i>						

Другий розділ присвячено удосконалення обладнання для змішування тіста. Зазначено, що контроль продуктивності та забезпечення якості продукції можна досягти лише за допомогою відповідних методів. Багато виробничих і промислових процесів потребують певного часу перемішування, що впливає на якість змішування, що призводить до необхідності здійснення контролю для моніторингу процесів змішування.

Сконцентровано увагу на тому, що на сьогодні широко використовуються методи моніторингу тіста, які охоплюють візуальний огляд, тестування текстури та тестування реології. Впровадження таких систем підвищує точність і швидкість обробки тіста, що призводить до підвищення пропускної здатності та зменшення дефектів продукту. Системи управління процесом відіграють вирішальну роль в оптимізації ефективності змішування тіста, бо здатні відстежити і контролювати різні параметри, такі як швидкість змішування, час змішування та співвідношення інгредієнтів, щоб забезпечити стабільну якість продукту. За допомогою систем управління технологічними процесами можна досягти точного контролю над процесом змішування тіста, незалежно від варіацій сировини, умов навколишнього середовища або навичок оператора.

Запропоновано модель автоматизованої системи процесу змішування для тістомісильної машини, яка дозволяє контролювати різні параметри, такі як швидкість змішування, час змішування, щоб забезпечити стабільну якість вихідного продукту за допомогою контрольно-вимірювальних засобів в режимі реального часу.

Вважається за доцільне змінити кутовий інтервал лопатей мішалки у трьох геометричних орієнтаціях, а саме під кутом 45° , 60° , 90° . Така кутова орієнтація та кількість лопатей більше впливатиме на загальну продуктивність змішувача. Кількість лопатей та кутова орієнтація ножів впливатиме на ефективність перемішування тіста в тістомісильній машині. Великий крутний момент буде розвиватися завдяки зменшенню кутової геометрії ножів.

У третьому розділі було проведено дослідження, щодо впливу часу перемішування на якість тіста. Для експерименту були виготовлено чотири порції булочок за однаковою рецептурою із дріжджового тіста. Тривалість випічки для всіх зразків була однаковою. Перший зразок перемішували у міксері протягом 2 хвилин після того, як усі інгредієнти були включені, другий вимішували 4 хвилини, третій зразок перемішували 8 хвилин, а четвертий 20 хвилин.

З точки зору сенсорного аналізу, чотири зразки не мають жодної значущої відмінності. За тим же рецептом немає відмінностей ні в смаку, ні в запаху. Чотири зразка мають однаковий смак і запах. Проте найкращі результати були отримані для зразка, який вимішували 8 хвилин. Змішування тіста протягом 8 хвилин може сприяти отриманню кращої текстурної характеристики, більш компактної та однорідної внутрішньої структури. Недостатній час змішування, наприклад, 2 хвилини призводить до нерівномірної структури тіста та недостатнього утворення клейковини. Надмірне змішування, наприклад, 20 хвилин призведе до надмірного розтягування клейковини, збільшення рухливості води. Відповідно, оптимальним часом змішування є 8 хвилин.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. The kneading process: A systematic review of the effects on dough rheology and resulting bread characteristics, including improvement strategies. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224420305665>.
2. Development of a dough kneading machine with three different detachable beaters. URL: https://www.researchgate.net/publication/353141982_DEVELOPMENT_OF_A_DOUGH_KNEADING_MACHINE_WITH_THREE_DIFFERENT_DETACHABLE_BEATERS
3. Тістомісильні машини та ідеальний процес замішування тіста. Режим доступу: <https://harch.tech/2021/04/12/evrobake/>.
4. Янаков В.П. Обґрунтування параметрів і режимів роботи тістомісильної машини періодичної дії: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.12. «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв». ДонУЕТ., 2011. 20 с.
5. Чорна Н.В. Технологія бісквітних напівфабрикатів з використанням соргового борошна : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.16. «Технологія продуктів харчування». ХДАТОХ., 1998. 20 с
6. A review of recent advances and techniques in the noodle mixing process. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643821018338>.
7. Кравченко О.І. Інтенсифікація процесу та вдосконалення обладнання для замішування дріжджового тіста: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.12. «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв». К., 2016. 24 с.
8. The different types of bakery mixers. URL: https://toposmondialcorp.blogspot.com/2013/03/the-different-types-of-bakery-mixers_15.html.
9. All the different mixing methods in baking: how to use them. URL: <https://www.bakingnook.com/all-the-different-mixing-methods-in-baking/>.
10. Кравченко О. Інтенсивне замішування тіста – запорука якості хліба / О. Кравченко, Ю. Теличкун, В. Теличкун // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. 2014. №12(121) грудень. С. 6 – 10.
11. Bread dough kneading process optimization in industrial environment, using a device for dough consistency control. URL: https://www.researchgate.net/publication/321698955_Bread_dough_kneading_process_optimization_in_industrial_environment_using_a_device_for_dough_consistency_control.
12. Agitation and mixing processes automation using current sensing and reinforcement learning. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877417300407>.
13. Real-time monitoring of dough quality in a dough mixer based on current change. URL: 13. <https://www.mdpi.com/2304-8158/13/3/504>.
14. How to optimize dough handling and mixing processes in your biscuit making machine. URL: <https://www.foodsmachine.net/a-news-how-to-optimize-dough-handling-and-mixing-processes-in-your-biscuit-making-machine.html>.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40