

Автор
П 93

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

им. М.В. Ломоносова

На правах рукописи

ПЕЧЕНИКОВ Георгий Федорович

УДК 664.653.1.016

ПРОЦЕССЫ СМЕШИВАНИЯ И ПЛАСТИКАЦИИ ПРИ
ДВУХСТАДИЙНОМ ПРИГОТОВЛЕНИИ ПШЕНИЧНОГО
ТЕСТА В ХЛЕБОПЕКАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Специальность: 05.18.12 - процессы и аппараты
пищевых производств

1007
нш

А Т Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Перечисл 19 87

Одесса - 1984

Работа выполнена в Одесском технологическом институте пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова

Научный руководитель — кандидат технических наук,
доцент Г.Ф. КОЗЛОВ.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор А.Т. ИСОВЕНКО,
кандидат технических наук
доцент И.Р. КУДЯРОВ.

Ведущая организация - научно-производственное объединение

на	Двор.	в 014615
ОКС	П 93	пшенишнюк Г.Ф.
М.Е		проц. смешив. и паратик.
		1984

в 13 часов
5.01 при одес-
ственности имени
Клово, 112.

поке Одесского
ти им. М.В. То-

1984 T¹

en

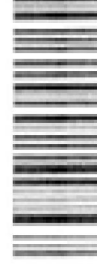
5. **SAFETY**

CHART

09.07.12

Процессы смешивания

**Поверніть книгу не пізніше
зазначеного терміну**



v014615

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В соответствии с решениями XXVI съезда и майского (1982 г.) Пленума ЦК КПСЗ в хлебопекарной промышленности проводится большая работа, связанная с интенсификацией существующих и разработкой новых высокоэффективных технологических процессов, машин и аппаратов.

Повсеместное применение получают схемы приготовления теста на жидких и густых опарах и экспрессная технология, которые, несмотря на различия в аппаратурно-технологическом оформлении, имеют ряд общих закономерностей. Однако еще не получены необходимого развития вопросы теоретического обоснования и интенсификации на научной основе таких важнейших процессов хлеб-пекарного производства, как смешивание и пластичкация тестообразных масс.

Закономерности кинетики смешивания компонентов хлебопекарного теста, его реологических, адгезионных и коллоидно-химических свойств при замесе практически не установлены. В то же время они необходимы для разработки объективных критериев оценки качества процессов смешивания и пластичкации тестообразных масс, объяснения механизма их структурообразования, синтеза новых аппаратурно-технологических схем и конструирования высокоэффективного смешительного оборудования.

Цель и задачи. Работа посвящена исследованию смешивания и пластичкации тест образных масс с целью интенсификации процесса двухстадийного тестоприготовления и разработки высокоэффективного роторного смешителя непрерывного действия.

Для реализации указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать объективные методы оценки качества процессов смешивания и пластичкации тестообразных масс;

✓ 0111015

- установить кинетические закономерности и получить математическую модель процесса смешивания компонентов теста;
- определить влияние параметров пластичности на реологические, адгезионные и коллоидно-химические свойства теста;
- определить энергозатраты на замес пеничного теста и дать рекомендации для оценки их оптимальной величины;
- установить оптимальные параметры процесса двухстадийного тестоприготовления;
- разработать конструкции гомогенизатора для непрерывного смешивания компонентов рецептур теста.

Научная новизна. Установлены кинетические закономерности процесса смешивания компонентов теста. Выявлены сложные внутренние (реологические) и поверхностные (адгезионные) изменения его свойств в процессе механической обработки при замесе. Получены экспериментальные реологические уравнения, моделирующие механическое поведение теста при деформациях сдвига и растяжения, а также зависимости для оценки адгезионной прочности материала при различных режимах замеса.

Определено влияние механического воздействия при формировании структуры теста на стадии прототипации на коллоидные и механохимические процессы. Получена математическая модель процесса двухстадийного тестоприготовления и проведен ее факторный анализ. Разработана конструкция центробежно-вихревого роторного смесителя, которая запатентована а.с. № 1018610 (СССР).

Практическая ценность работы и реализация научно-технических результатов. Выявлены критерии оценки качества процессов смешивания и пластичности теста, а также математические зависимости для определения минимальной продолжительности смешивания по заданному индексу однородности материала. Разработан метод экспрессного определения индикатора однородно-

сти теста. Получены регрессионные уравнения для оценки оптимальной величины энергозатрат на пластификацию в зависимости от количества муки и способа тестоприготовления. Установлены оптимальные параметры интенсивной технологии приготовления теста с двухстадийным его замесом.

на основе в. с. № IO18610 (СССР) разработана конструкция роторного смесителя, опытный образец которого изготовлен на заводе "Одессалицкермаш" и испытан в условиях Одесского хлебозавода № 5.

Апробация работы. Основные результаты работы: докладывались на конференциях профессорско-преподавательского состава ОТУПШ им. М.В. Ломоносова (1978-1983 гг.) и АН УССР (1979 г.), конференции молодых ученых УТУПШ (1979 г.), Всесоюзных научно-технических конференциях "Биохимия, технология и механизация хлебопекарного производства" (ВУНУП, 1981 г.) и "Теоретические и практические аспекты применения методов инженерной физико-химической механики с целью совершенствования и интенсификации технологических процессов пищевых производств" (г. Москва, 1982 год).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 19 научных статей и получено в. с. № IO18610 (СССР) на "Тестомесильную машину непрерывного действия".

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, общих выводов и рекомендаций, списка использованной литературы и приложений. Она содержит 245 страниц, в том числе 38 рисунков и 47 таблиц.

Библиография включает 243 наименования отечественных (150) и зарубежных (93) авторов.

На защиту выносятся: математическая модель и новые конструктивные закономерности процесса смесения компонентов для

бопекарного теста, результаты экспериментального определения физико-механических и коллоидно-химических свойств теста на стадии формирования его структуры при пластикации, критерии оценки качества процессов смешивания и пластикации теста, математическое описание и оптимальные параметры процесса двухстадийного тестоприготовления, конструкция высокоскоростивного роторного смесителя (а. с. СССР № 1018610).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Основные процессы и аппаратурно-технологическое оформление тестоприготовления в хлебопекарном производстве.

В обзоре научно-технической литературы изложены особенности тестоприготовления как сложной кибернетической системы хлебопекарного производства и определены основы стратегии системного анализа применительно к данному объекту исследования. Рассмотрена принципиальная аппаратурно-технологическая система (АТС) тестоприготовления, типовые процессы и керамические уровни ее математического моделирования.

Описаны коллоидные, деформационные и механикохимические процессы приготовления теста, способы контроля и управления процессами смешивания и пластикации, а также прогрессивные аппаратурно-технологические схемы тестоприготовления.

На основе анализа современного состояния вопроса сделано заключение о целесообразности проведения исследований процессов смешивания и пластикации тестообразных масс применительно к интенсивной технологии двухстадийного тестоприготовления, а также разработки комбинизатора для высокоэффективного непрерывного смешивания хлебопекарных полуфабрикатов в широком диапазоне их влажности.

2. Программа, методы и объекты исследования

Для обоснования конструкции самсителя и оптимальных параметров механического воздействия при двухстадийном тестировании исследовали физико-механические и коллоидно-химические свойства теста на стадиях его смешивания и пластикации. Реологические свойства определяли на ротационном вискозиметре и экстенсографе по модифицированной нами методике, адгезионную прочность - на тензометрической установке.

Контроль процессов тестообразования осуществляли в ротном гомогенизаторе и пластикаторе с тензометрической системой регистрации крутящего момента, а также на фаринографе Брейндера и миксографе Свансона. Закономерности формирования структуры теста на стадии пластики мы исследовали физико-химическими методами. В частности, изменение форм связи воды в нем определяли на спектрометре с Фурье-преобразованием сигнала ЯМР, растворимость белков муки в дифилизированной ванне: тесте - модифицированным методом Осборна, макромодельный состав глиадинов и восстановленных глютеинов - кулярный состав глиадинов и восстановленных глютеинов - электрофорезом. Сырую клейковину из теста выделяли на автоматизированном приборе "Глютемаг-210".

Обработку экспериментальных данных осуществляли статистическими методами с использованием ЗЭМ "Наури 2".

Для опытов использовали 12 сортов пшеницы и 13 проб муки различного качества, а также дополнительное сырье, отвечающее требованиям ГОСТа.

3. Исследование кинетики и оценка качества процесса смешивания тестобразных масс

В качестве индикатора однородности теста использовали хлорид натрия, распределение которого при смешивании, в генеральной совокупности подчиняется нормальному закону Гаусса.

Для количественного с определения индикатора разработали потенциометрический экспрес-метод. Концентрацию хлорида натрия в каждой фазе теста (в %) рассчитывали по зависимости

$$C = 5,87 - 8,10 pNa + 2,95 pNa^2, \quad (1)$$

где pNa - активная концентрация ионов натрия, ед.

О качестве смешивания теста судили по изменению среднего квадратического склонения (СКО) концентрации индикатора во всем объеме механически обрабатываемого материала.

Изменение СКО индикатора S в зависимости от конструкции рабочей части смесителя, частоты их вращения n и длительности замеса t показано на рис. 1.

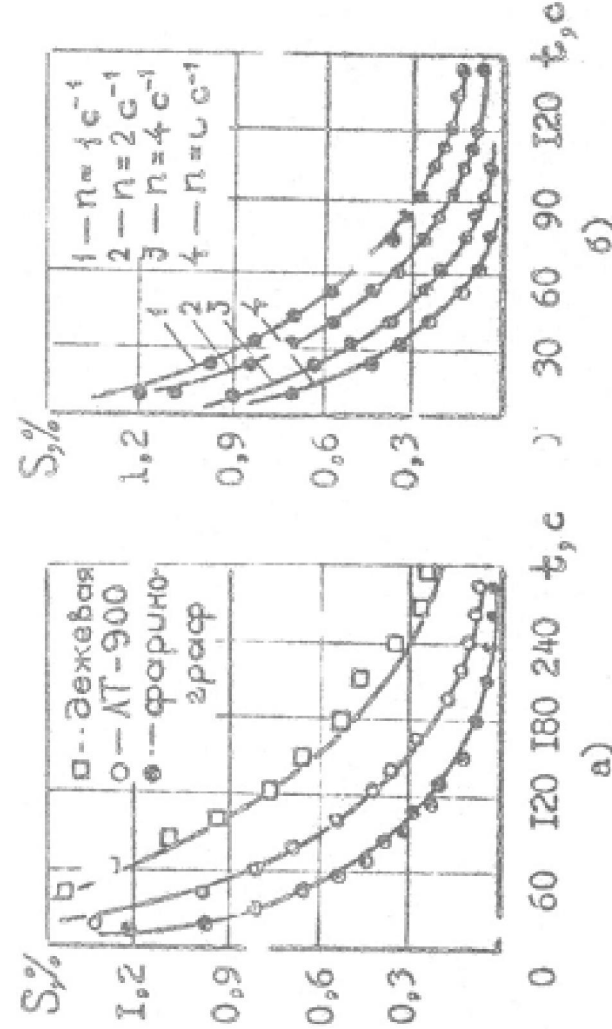


Рис. 1. Зависимость СКО концентрации индикатора от способа (а) и интенсивности (б) замеса теста

Математическая обработка экспериментальной зависимости S от t в полупологарифмических координатах приводит к следующему кинетическому уравнению

$$S = (S_{max} - S_{min}) \exp(-\kappa t) + S_{min}, \quad (2)$$

где S_{max} и S_{min} - СКО концентрации индикатора в начале и конце процесса смешивания, %;

κ - кинетическая постоянная смешивания, s^{-1} .

При получении тестообразных масс с заданными свойствами необходимо знание минимальной длительности процесса смешивания t_{min} . В связи с этим преобразуем уравнение (2) к виду

$$t_{min} = T \ln \left[\frac{Y(S_{max} - S_{min})}{(1-Y) S_{min}} \right], \quad (3)$$

где T - коэффициент технологической эффективности процесса смешивания ($T = 1/K$), с;

Y - индекс однородности теста ($Y = S_{min}/S$).

Уравнение (3) использовали для определения минимальной длительности процесса смешивания по заданному индексу однородности материала. Их значения приведены в табл. I.

Таблица I

Влияние конструкции и частоты вращения рабочих органов смесителя на t_{min}

Индекс однородности теста	Минимальная длительность смешивания, с					
	Дежевая месилка	Частота шарнирографа, с ⁻¹				
		1	2	3	4	5
	ЛТ-900					
$Y = 0,1$	130	175	114	90	71	60
						50
						45
$Y = 0,9$	557	325	210	168	130	110
						91
						80

Математическая модель смешивания в зависимости от длительности и интенсивности процесса будет иметь вид

$$S = (S_{max} - S_{min}) \exp \left[-10^{-3} t (13,0 + 8,1n) \right] + S_{min}. \quad (4)$$

Апробация математических моделей (2) и (4), кинетики процесса смешивания, а также зависимости (3) в условиях производства дала положительные результаты.

Анализ опытных данных показывает, что вязкие тестообраз-

ные массы являются плохо перемешиваемыми системами с интенсивным массообменом лишь в начальной стадии замеса и резкого замедлением по мере образования структуры материала.

Сокращение длительности смешивания достигается интенсификацией процесса. Однако повышение частоты вращения роторных органов в традиционных месильных машинах связано с нагревом теста и значительным расходом энергии на процесс. Максимальная интенсификация массообменных процессов при минимальном расходе энергии на смешивание тестообразных масс может быть получена лишь в принципиально новых месильных машинах, обеспечивающих предельное разрушение структуры материала вначале ее формирования, например, в смешательных устройствах роторного типа.

4. Исследование процессов структурообразования

на стадии пластичации пшеничного теста

4.1. Влияние параметров пластичации на реологические свойства теста. Длительность пластичации определяли по характерным точкам фаринограммы, а именно временем образования теста (T_0), стабильностью его консистенции ($T_{ст}$) при механической обработке, а также величинами $0,5 T_{ст}$, $1,5 T_{ст}$ и $2,0 T_{ст}$. Реологические свойства теста исследовали при деформациях сдвига и одноосного растяжения.

Зависимость напряжения сдвига τ от градиента скорости $\dot{\gamma}$ описывали реологической моделью Оствальда-де Вилля

$$\tau = B^* \dot{\gamma}^n, \quad (5)$$

где B^* - коэффициент консистенции, Па·сⁿ;

n - индекс течения.

Согласно данным ротационной вискозиметрии, приведенным в табл. 2, на изменение реологических свойств теста при замесе указывает лишь показатель прочности структуры материала.

Таблица 2

Влияние параметров пластикации
на реологические свойства теста

Точки фарино- гречихи	Параметр замеса		γ , с ⁻¹	τ , Па	$\eta_{эф}$, Па·с	Постоянные	
	t, с	A _{уд} , кДж/кг				B*, Па	n
T ₀	180	11	3	810	270	580	0,32
0,5 T _{ст}	330	22	3	935	278	610	0,31
1,0 T _{ст}	430	34	3	875	291	600	0,26
1,5 T _{ст}	630	44	3	825	275	585	0,30
2,0 T _{ст}	780	52	3	750	250	500	0,36

а B*. Варьация вязкости $\eta_{эф}$ теста в процессе его механической обработки находится в пределах ошибки опыта.

На рис. 2 показана зависимость нормального напряжения σ от величины относительного линейного удлинения ϵ проб теста при деформации одноосного растяжения.

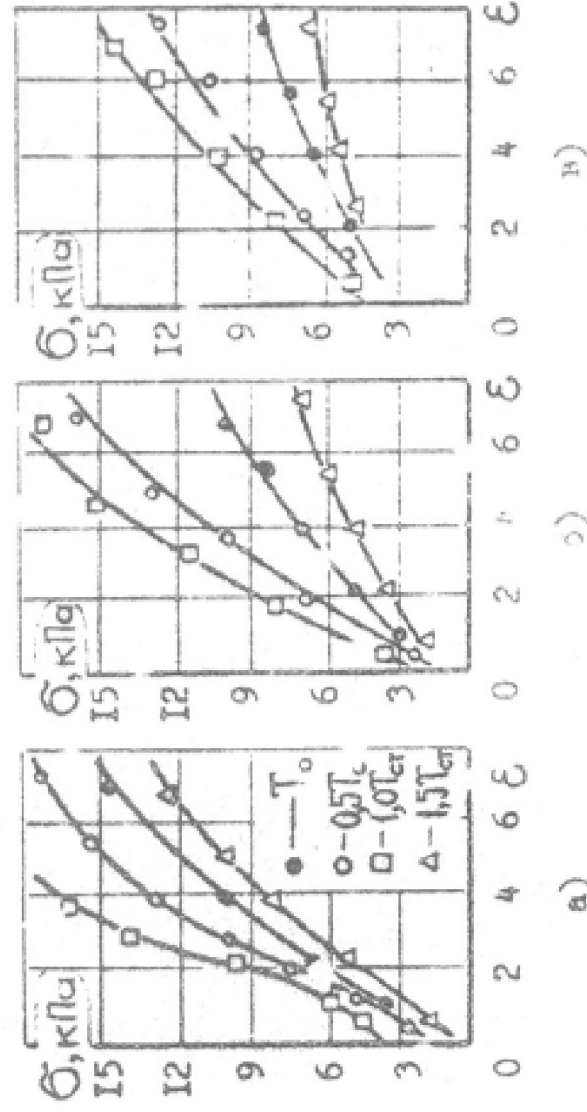


Рис. 2 Зависимость σ от ϵ и качества замешиваемой муки

а - проба № I; б - проба № II; в - проба № III

Механическая обработка теста существенно влияет на величину $\bar{\sigma}$. Максимальная сопротивляемость теста деформирующей нагрузке достигается при удельной работе, которая соответствует концу участка стабильности констэнции по фаринограмме ($T_{\text{ст}}$). Дальнейший замес теста приводит к резкому снижению его прочностных свойств ($1,5 T_{\text{ст}}$)

Для расчета величины $\bar{\sigma}$ в кПа получено следующее обобщенное уравнение

$$\bar{\sigma} = (\alpha_0 + \alpha_1 f_{\text{уз}} - \alpha_2 f_{\text{уз}}^2) \varepsilon^{\varepsilon_{83}} \quad (6)$$

где $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$ - постоянные уравнения;

$f_{\text{уз}}$ - удельная работа замеса, кДж/кг.

4.2. Влияние параметров пластикиции на адгезионные свойства теста. Исследовали влияние на адгезионную прочность P_{α} теста давления $P_{\text{к}}$ к длительности $t_{\text{к}}$ предварительного контакта, скорости отрыва образца v_0 и параметров пластикации.

Зависимость P_{α} теста от длительности и интенсивности пластикации показана на рис. 3. P_{α} теста определяли при $P_{\text{к}} = 0,5$ кПа, $t_{\text{к}} = 60$ с и $v_0 = 10 \cdot 10^{-3}$ м/с.

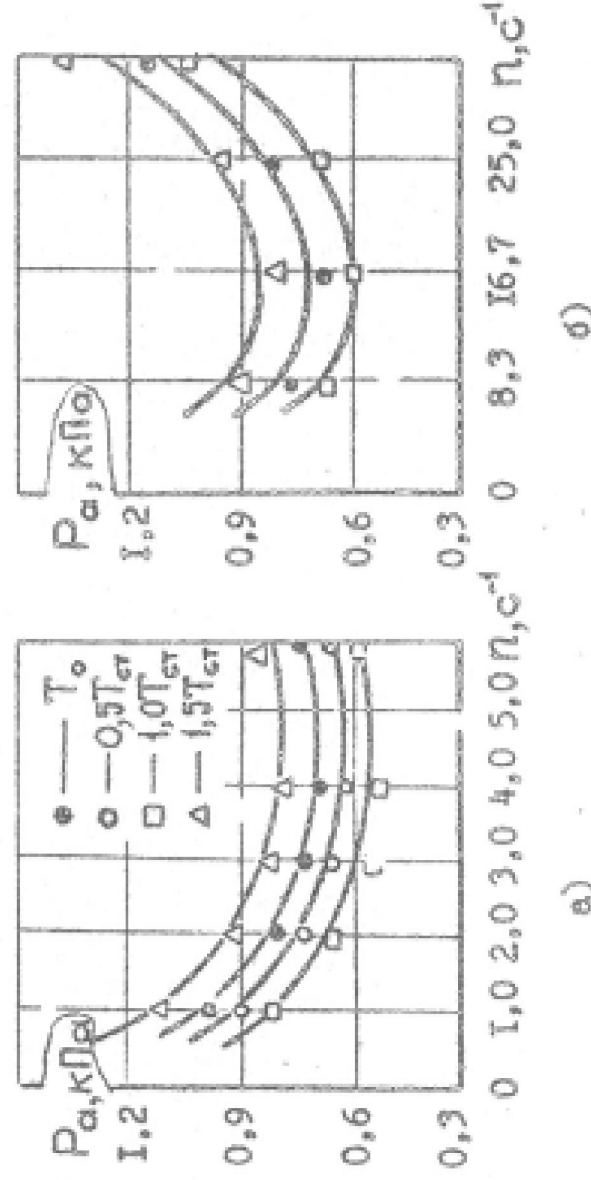


Рис. 3. Зависимость P_{α} теста от условий пластикации:

а - пластикатор; б - роторный гомогенизатор

Минимальное значение адгезии достигается при пластфикации теста до максимума прочности его структуры ($T_{ст}$). Как видно (0,5 $T_{ст}$), так и перемес (1,5 $T_{от}$) теста увеличивает его $P_{ад}$.

Между $P_{ад}$ и $\bar{\sigma}$ установлена тесная корреляционная связь ($r = -0,85$). Нарастание $\bar{\sigma}$ в процессе пластфикации сопровождается уменьшением $P_{ад}$ и, наоборот, при чрезмерном замесе, когда снижаются прочностные свойства теста адгезия его к контактирующей поверхности увеличивается.

В общем виде зависимость $P_{ад}$ от n и t_K может быть представлена таким образом

$$P_{ад} = \alpha_0 - \alpha_1 n + \alpha_2 n^2 + K \ln t_K, \quad (7)$$

где $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$ и K - постоянные уравнения.

4.3. Влияние параметров пластфикации на коллоидно-химические свойства теста и качество хлеба. Изменение состояния воды в тесте при пластфикации определяли на импульсном спектрометре ЯМР. Содержание прочносвязанной и свободной воды M_3 , а также значения периода спин-спиновой релаксации T_2 ее протонов в пшеничном тесте приведены в табл. 3.

Таблица 3

Влияние пластфикации на состояние воды в тесте

Точки фарино- граммы	Параметры пластфикации		Состояние воды в тесте			
			Связанная		Свободная	
	t , с	$A_{уд}$, кДж/кг	M_3 , %	$T_2 \cdot 10^{-3}$, мкс	M_3 , %	$T_2 \cdot 10^{-3}$, мкс
T_0	120	5,3	26,4	6,60	47,1	24,9
0,5 $T_{ст}$	300	21,7	30,0	6,31	43,5	24,1
1,0 $T_{ст}$	480	35,6	35,3	5,94	38,2	22,4
1,5 $T_{ст}$	660	50,4	29,4	6,60	44,1	21,7
2,0 $T_{ст}$	840	64,2	26,5	7,78	47,0	21,1

Пластикация теста до максимума прочности его структуры ($T_{от}$) увеличивает количество связанной воды и уменьшает подвижность ее молекул, что указывает на повышение степени связности с гидрофильными биополимерами муки и, в первую очередь, клейковинными белками.

Исследованиями фракционного состава белков муки установлено, что замес теста до максимального значения ζ сопровождается уменьшением содержания глиадинов и увеличением количества нерастворимого белкового остатка. Чрезмерный замес снижает количество глютеинозной фракции и увеличивает содержание водо- и соластворимых белков.

Результаты электрофореза показали, что на участке стабильности консистенции теста заметных изменений в компонентном составе клейковинных белков не наблюдается. В то же время снижение прочности структуры материала при чрезмерном замесе связано с разрушением компонентов ω -глиадина с молекулярной массой около 100 000 и заметным увеличением катионного немигрирующего в гель "низкомолекулярных" глютеинов.

Таким образом, при пластикации происходит непрерывное изменение прочностных и адгезионных свойств теста, которые тесно связаны с коллоидными и механическими процессами структурообразования. При этом наибольшая сопротивляемость пробу теста деформации растяжения соответствует максимальному развитию его структуры и оптимальным параметрам пластика-ции.

Данные физико-химических исследований подтверждены результатами пробных лабораторных выпечек (см. табл. 4).

Однако установить максимальную прочность структуры теста и замеса в условиях заводских лабораторий сложно. С целью выявления более приемлемых методов оценки оптимальных параметров пластикации определяли затраты энергии на макси-

Таблица 4

Влияние параметров пластикации теста на качество хлеба

Показатели качества хлеба	Длительность и частота вращения рабочих органов пластилятора									
	1,0 с ⁻¹			4,0 с ⁻¹			6,0 с ⁻¹			
	0,5T _{ст}	1,0T _{ст}	1,5T _{ст}	0,5T _{ст}	1,0T _{ст}	1,5T _{ст}	0,5T _{ст}	1,0T _{ст}	1,5T _{ст}	1,5T _{ст}
Удельный объем хлеба										
$V_{уд} \cdot 10^{-3}, \text{ см}^3/\text{кг}$	3,17	3,64	3,32	3,47	3,91	3,52	3,30	3,71	3,44	3,44
Формоустойчивость	0,73	0,62	0,59	0,60	0,70	0,67	0,60	0,65	0,62	0,62
Влажность, %	41,4	41,2	41,5	41,2	41,2	41,0	41,1	41,0	41,2	41,2
Кислотность, °Н	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,3	2,4	2,4	2,4
Пористость, %	77	75	78	78	82	80	78	80	79	79
Физико-механические свойства мякиша на приборе АР-4/1, ед.										
$H_{обш}$	47	62	59	78	88	85	63	75	70	70
$H_{пл}$	27	38	38	54	57	56	40	47	45	45
$H_{упр}$	20	24	21	24	31	29	23	28	25	25

нальное развитие структуры теста при его замесе в миксографе.

4.4. Исследования энергетических затрат на пластификацию пшеничного теста. Определено влияние на величину удельной работы замеса основных и дополнительных компонентов рецептуры, качества муки и способа тестоприготовления. Установлена тесная корреляционная связь удельной работы с величиной седиментации S_v (в см²) и бонитационным числом Б.г. (в баллах).

Для расчета оптимальной величины удельной работы пластикации теста предложены следующие адекватные уравнения:

$$A_{yq} = 1,31 \cdot 10^{-2} (0,9 + S_v - 21,10) (93,98 - 0,66 M_0); \quad (8)$$

при двухстадийном тестоприготовлении

$$A_{yq} = 1,31 \cdot 10^{-2} (2,208 B.г. - 0,195 B.г.^2 - 36,0) \times (112,0 - 33,2 \lg t \delta p). \quad (9)$$

где M_0 - количество муки в опаре, %;

$t \delta p$ - продолжительность брожения теста между стадиями смешивания и пластик шии, ч.

Седиментация и бонитационное число являются комплексными показателями качества муки и могут быть легко определены в условиях хлебозавода.

5. Оптимизация параметров процесса двухстадийного тестоприготовления

В качестве основных факторов, влияющих на удельный объем хлеба (y) при замесе теста с поэтапным дозированием компонентов рецептуры, априморным ранжированием были выбраны расход на стадии смешивания: муки (x_1), пре-сованных дрожжей (x_2), соли (x_3), биопрепарата (x_4) и молочной сыворотки (x_5), а также продолжительность брожения теста после омогенизации (x_{10}), интенсивность (x_{11}) и длительность (x_{12}) пластикации. Предварительное смешивание теста осуществляли в ротор-

ном гомогенизаторе при частоте $8,33 \text{ с}^{-1}$ и длительности 15 с, а о значительную механическую обработку - в лабораторном пластике. Тесто перед разделкой имело постоянное влажность (44,5 %), содержало одно и тоже количество муки (100 %), соли (1,5 %) и молочной сыворотки (20 %).

После обработки результатов плана ДФЭ с числом опытов $N = 2^{8-4}$, получено адекватное уравнение регрессии вида

$$y = 3329 + 79x_1 + 76x_2 + 51x_3 + 104x_4 + 54x_{10} + 56x_{11} + 61x_{12} \quad (10)$$

Для математического описания почти стационарной области функции отклика АТС тестспр. отъемления применяли центральный композиционный униформ-ротационный план. Из 7 значимых факторов 3 (x_1 , x_3 и x_{10}) зафиксировали на уровнях, близких к оптимальному по данным крутого восхождения по поверхности отклика.

С учетом значимых коэффициентов регрессии получили адекватную математическую модель вида

$$y_1 = 3951,0 + 109,6x_2 + 91,3x_4 + 62,1x_{12} - 56,9x_4x_{11} - 58,7x_{11}^2 - 41,5x_{12}^2 \quad (11)$$

Поверхность отклика модели изучалась графически, для чего уравнение (11) преобразовывали к канонической форме. Двумерные сечения поверхности эллиптических параболоидов по факторам x_4 , x_{11} и x_{12} приведены на рис. 4.

Как показывают изолинии, повышение интенсивности пластикации приводит к закономерному снижению ее длительности. Однако максимальный удельный объем хлеба ($y = 4431 \text{ см}^3/\text{кг}$) достигнут при строго определенных значениях параметров пластикации. Снижение интенсивности пластикации теста дрожжевыми препаратами связано с инициированием механических процессов структурообразования низкомолекулярными сульф. д.м.содержащими соединениями. *V. D. 14615*

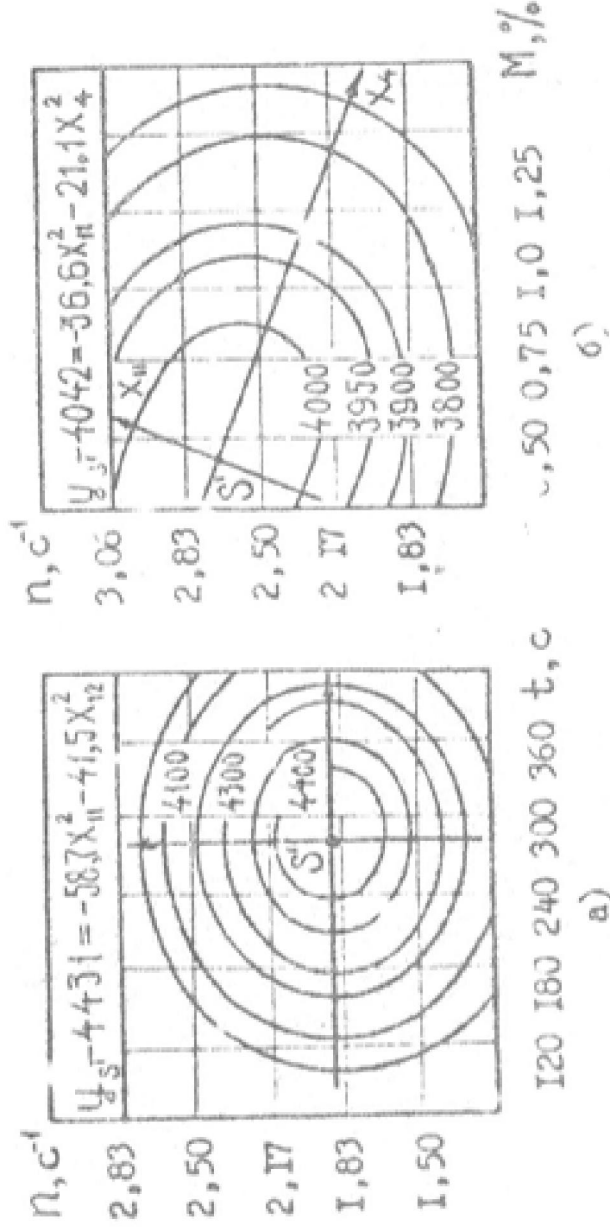


Рис. 4. Зависимость удельного объема хлеба от параметров пластикации (а) и количества биопрепарата (б)

Оптимальные значения параметров математической модели

(II) двухстадийного тестоприготовления с ограничениями по факторам x_2 и x_4 приведены в табл. 5.

Таблица 5

Значения параметров двухстадийного тестоприготовления

Значения параметров	Ф а к т о р ы							
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_{10}	x_{11}	x_{12}
Кодированные	-	+2	-	+2	-	-	-0,97	+0,75
Реальные	85,0 %	3,25 %	0,75 %	1,75 %	20,0 %	1,0 ч	1,85 г/г	285 с

Выпечки при установленных режимах интенсивного двухстадийного тестоприготовления подтвердили аналитические результаты и позволили получить хлеб с удельным объемом, равным 4390 см³/кг против 3850 при безопарном тестовещении.

6. Практическое применение результатов работы

1 синтезе принципиально новых АТС с двухстадийным приготовлением теста важное место занимает процесс смешивания. С целью разработки высокоэффективной машины для непрерывного смешивания компонентов производственно рецептуры на Бендерском хлебокомбинате был всесторонне исследован роторный замес теста в машине марки ХТП.

Анализ результатов эксперимента позволил разработать новую конструкцию центробежно-вихревого гомогенизатора для непрерывного интенсивного смешивания тестообразных масс в широком диапазоне их влажности. Опытный образец машины изготовлен на заводе "Одессапишперемаш" и испытан в условиях Одесского хлебозавода № 5. Годовой экономический эффект от внедрения машины в комплексно-механизированную линию с печью ФТЛ-2 равен 14,1 тыс. руб. Экономия достигается за счет снижения удельных кагчтальных вложений, уменьшения рас. да энергии на замес и увеличения выхода изделий вследствие снижения технологических затрат на упек и усушку хлеба.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Разработана математическая модель и установлены кинетические закономерности процесса смешивания компонентов теста.
2. Разработан методика расчета минимальной длительности процесса смешивания по заданному индексу однородности теста.
3. В качестве индикатора однородности тестообразных масс рекомендован хлорид натрия, для количественного определения которого разработан потенциометрический экспресс-метод.
4. Показано, что на участке стабильности консистенции теста по фаринограмме происходит непрерывное увеличение прочностных и снижение адгезионных свойств материала.

Далее этот замес снижает прочностные свойства теста и увеличивает адгезию к контактирующей поверхности.

5. Установлено, что в процессе механической обработки теста до максимальной прочности его структуры увеличивается количество прочносвязанной воды и уменьшается период спич-спиновой релаксации ее протонов.

6. Дано объяснение изменению прочностных и адгезионных свойств теста при чрезмерном замесе, которое связано с дезагрегацией глютенинов и механической разрушкой высокомолекулярных (ω)-глиадинов, являющихся основными элементами надмолекулярной структуры материала.

7. Рекомендованы для оценки качества смешивания и пластикации тестообразных масс коэффициент технологической эффективности процесса смешивания и максимальная прочность структуры теста при деформации одноосного растяжения.

8. Предложены уравнения для расчета оптимальной величины энергозатрат на пластикацию теста в зависимости от способа тестоприготовления и качества муки.

9. Получена математическая модель и установлены оптимальные параметры интенсивной технологии с двухстадийным притоком пшеничного теста.

10. Разработана конструкция машины для высокоэффективного смешивания тестообразных масс в широком диапазоне влажности.

11. На основе а. с. № 1018610 (СССР) создан опытный образец центробежно-вихревого роторного смесителя, который испытан в условиях хлебопечения.

12. Гидравлический эффект от внедрения смесителя в производство составляет 14,1 тыс. руб. на одну колллекционную механизированную линию с печью ФТ1-2.

Содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Пшенишник Г.Ф., Менделеев В.И., Козлов Г.Ф. Влияние скоростного замеса теста на его брожение до разделки. - В кн.: Хлебопекарная и макаронная промышленность, М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1979, № 6, с. 14-18.
2. Пшенишник Г.Ф., Козлов Г.Ф. Влияние некоторых технологических факторов на удельный расход энергии при замесе пшеничного теста. - Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1979, № 11, с. 28-30.
3. Козлов Г.Ф., Пшенишник Г.Ф., Менделеев В.И. Упек и усушка хлеба при интенсификации замеса теста. - В кн.: Хлебопекарная и макаронная промышленность, М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1980, № 4, с. 15-16.
4. Пшенишник Г.Ф., Козлов Г.Ф. Оценка эффективности замеса пшеничного теста. - В кн.: Хлебопекарная и макаронная промышленность, М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1980, № 4, с. 37-39.
5. Пшенишник Г.Ф., Козлов Г.Ф. Влияние режимов замеса теста на развитие его структуры. - Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1980, № 5, с. ...-39.
6. Пшенишник Г.Ф., Козлов Г.Ф. Зависимость адгезии теста от интенсивности и продолжительности замеса. - Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1980, № 8, с. 27-30.
7. Пшенишник Г.Ф., Чмирь А.А., Козлов Г.Ф. Исследование кинетики структурной релаксации пшеничного теста. - В кн.: Пищевая промышленность, Киев: Техника, 1981, вып. 27, с. 39-41.
8. Пшенишник Г.Ф., Козлов Г.Ф., Менделеев В.И. Технологические исследования ротационного замеса теста в условиях производства. - Известия вузов СССР. Пищевая технология, 1981, № 1, с. 95-97.

9. Пшенишник Г.Ф., Козлов Г.Ф., Чмырь А.Д. Энергетические затраты при замесе пшеничного теста. - Известия вузов СССР. Пищевая технология, 1981, № 3, с. 64-67.
10. Пшенишник Г.Ф., Козлов Г.Ф., Чмырь А.Д. Прочность теста как критерий оценки его технологических свойств. - Известия вузов СССР. Пищевая технология, 1981, № 5, с. 67-70.
11. Пшенишник Г.Ф., Чмырь А.Д., Козлов Г.Ф. Определение выхода клейковины и оценка ее реологических свойств. - Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1981, № 6, с. 31-33.
12. Пшенишник Г.Ф., Козлов Г.Ф., Карнаушенко Л.И. Адгезионная прочность пшеничного теста на различных стадиях замеса. - Известия вузов СССР. Пищевая технология, 1981, № 6, с. 128-129.
13. Пшенишник Г.Ф., Козлов Г.Ф. Определение содержания поваренной соли в тесте экспресс-методом. - В кн.: Хлебопекарная и макаронная промышленность, ЦНИИТЭпищепром, 1981, № 8, с. 14-16.
14. Пшенишник Г.Ф., Козлов Г.Ф., Чмырь А.Д. Удельная работа при замесе пшеничного теста. - Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1982, № 1, с. 31-34.
15. Пшенишник Г.Ф., Чмырь А.Д., Козлов Г.Ф. Зависимость адгезионных свойств теста от способа и интенсивности замеса. - В кн.: Пищевая промышленность. Киев: Техника, 1982, вып. 28, с. 96-99.
16. Пшенишник Г.Ф., Чмырь А.Д., Козлов Г.Ф. Исследование кинетики и цикла качества процесса смешивания тестообразных материалов. - В кн.: Теоретические и практические аспекты применения методов инженерной физико-химической механики о целях совершенствования и интенсификации технологических процессов пищевых производств. М.: МТИИП, 1987, с. 91.

17. Пшеничник Г.Ф., Козлов Г.Ф., Чмырь А.Д. Исследование деформационных характеристик хлебного теста методом одностороннего растяжения. - В кн.: Теоретические и практические аспекты совершенствования инженерной физико-химической механики с целью совершенствования и интенсификации технологических процессов пищевых производств. М.: МТИМП, 1982, с. 92.
18. А. с. № 1018610 (СССР). Тестомесильная машина непрерывного действия / [Г.Ф. Козлов, Б.И. Менделеев, Г.Ф. Пшеничник, А.М. Бражник] . - Б.И., № 19, 1983.
19. Испытания ротационно-вихревого омесителя в производственных условиях хлебозавода / [Г.Ф. Козлов, Г.Ф. Пшеничник, А.М. Бражник, Г.Ф. Шелковников] . - Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1983, № 5, с. 21-23.
20. Пшеничник Г.Ф., Козлов Г.Ф. Параметры механической обработки при замесе, реологические свойства теста и качество хлеба. - Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1983, № 9, с. 23-27.

~
Литература - 11