

УДК 664.654

Читайте и узнаете:

- что входит в структуру качества хлеба;
- как неправильно определенная готовность теста в расстойке влияет на качество хлеба;
- что построенная модель позволяет составить таблицы, содержащие рекомендации по выбору времени расстойки.

**Ключевые слова:**

хлебобулочные изделия, система производственного контроля, время расстойки, продолжительность брожения, скорость подъема уровня теста

## Совершенствование системы производственного контроля качества хлебобулочных изделий

*В.В. Горжанов, доцент кафедры физико-химических методов сертификации продукции Белорусского государственного технологического университета, канд. техн. наук*

*В.С. Волобуев, доцент кафедры физико-химических методов сертификации продукции Белорусского государственного технологического университета, канд. физ.-мат. наук*

Продолжительность окончательной расстойки тестовых заготовок в хлебопечении всегда определялась исключительно органолептически. Авторами разработана математическая модель расчета зависимости времени этого процесса от продолжительности брожения теста, которая позволяет сделать контроль объективным.

**П**еред производителями хлеба стоит задача выпускать продукцию с оптимальными значениями критериев качества, которые не только соответствуют требованиям технических нормативно-правовых актов (ТНПА), но и удовлетворяют запросы потребителей. При этом производители стремятся минимизировать количество внутреннего брака и не допускать брак внешний.

Между тем объем продукции хлебопекарных предприятий обусловлен заказами торговых сетей, соответственно производите-

лям приходится варьировать число замесов теста от смены к смене. Такие условия требуют принятия оперативных технологических решений из-за различий в рецептурах и способах приготовления теста для получения качественных хлебобулочных изделий.

### Аспекты качества

Качество — степень, с которой совокупность присущих объекту характеристик соответствует потребностям или ожиданиям лица, использующего его по назначению. Это определение данного понятия из *ISO 9000:2015*<sup>1</sup> —

одно из многих существующих на сегодняшний момент, которые условно можно разделить на группы, характеризующие качество как:

- абсолютную оценку, синоним превосходства, совершенства — сугубо абстрактное и субъективное понятие;
- свойство продукции, которое является производной от какого-либо измеримого количественного параметра продукта;
- соответствие назначению, т. е. способность продукта выполнять свои функции;
- соответствие стоимости, т. е. реальное соотношение полезности и цены продукта;
- соответствие стандартам;
- степень удовлетворения запросов потребителей.

Последняя группа является доминирующей ввиду повсеместного проникновения культа потребления. Это наложило отпечаток на философию управления качеством, изложенную в международных стандартах серии *ISO 9000* — признанном базисе для предприятий, желающих достичь успеха в своей деятельности. В этих стан-

<sup>1</sup> *ISO 9000:2015. Quality management systems — Fundamentals and vocabulary* (Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь).

дартах качество определено как степень, с которой совокупность собственных характеристик объекта отвечает обязательным требованиям. Для пищевой продукции это требования, установленные в технических регламентах Евразийского экономического союза [1].

### Структура качества хлеба

Такая трактовка корректна и по отношению к хлебобулочным изделиям, качество которых можно определить как совокупность характеристик, обуславливающих их потребительские свойства и обеспечивающих безопасность для человека [2].

Структура качества хлебобулочных изделий включает физико-химические, органолептические показатели и гигиенические критерии.

Качество хлебобулочных изделий зависит от качества сырья, в первую очередь от хлебопекарных свойств муки, способов и режимов проведения отдельных стадий технологического процесса и применения специальных добавок.

В случае применения сырья ненадлежащего качества, несоблюдения режимов технологических процессов, нарушения правил укладки, хранения, упаковывания, транспортировки, возникновения форс-мажорных ситуаций (отключение электрического тока, поломка оборудования, остановка печи и др.) возможно получение продукции ненадлежащего качества — брака.

К технологическим критериям, с помощью которых можно управлять реологическим поведением полуфабрикатов в ходе технологических операций и в конечном счете качеством готовых

изделий, относятся следующие показатели, подлежащие контролю:

- при замесе теста и формировании тестовых заготовок:

- 1)  $\mu$  — число циклов деформации теста;

- 2)  $A_{уд}$  — количество энергии, затрачиваемое на формирование структуры (или пластификации) теста, кДж/кг;

- 3)  $I_{уд}$  — удельная интенсивность обработки теста, кДж/кг · с;

- при созревании опары, закваски, теста и окончательной расстойке тестовых заготовок:

- 1)  $dV/dt$  — скорость образования диоксида углерода, см<sup>3</sup>/мин;

- 2)  $\Delta$  — биохимический критерий процесса брожения полуфабриката;

- при выпечке хлебобулочных изделий:

- 1)  $t$  — температура в центре мякиша хлеба, °С;

- 2)  $dt/dt$  — предельная скорость изменения температур корки хлебобулочного изделия, °С/мин.

### Узкое место системы контроля

Готовность кусков теста в процессе расстойки обычно устанавливается органолептически, на основании изменения объема, формы и реологических свойств растаивающихся кусков теста. Умение правильно определять готовность теста в расстойке требует опыта и практического навыка. К сожалению, объективные методы для этого еще не разработаны.

Как недостаточная, так и избыточная расстойка негативно влияют на качество хлеба. Хлеб с недостаточной расстойкой будет иметь в разрезе почти круглую форму, с нормальной — слегка овальную, переходящую в округ-

лую от нижней корки к бокам, а с избыточной будет сильно расплывшимся и плоским. Кроме того, хлеб с недостаточной расстойкой обычно имеет трещины, через которые иногда выпирает мякиш. При крутом тесте (как в подовом, так и в формовом хлебе) недостаточная расстойка может вызвать появление разрывов внутри мякиша.

Таким образом, во многом качество хлеба находится в руках человека, разделяющего тесто и ответственного за его расстойку.

Необходимо также понимать, что не лучшее состояние отрасли, как следствие, невысокая заработная плата вкупе с работой в ночные смены являются причиной текучести кадров. А поскольку на хлебопекарных предприятиях работают в основном женщины, на место уходящих в декретные отпуска работниц постоянно приходят неопытные, что еще больше повышает риск производства несоответствующей продукции.

### Экспериментальная часть

Чтобы уменьшить риски и привнести больше объективности в процесс выбора времени расстойки тестовых заготовок, было принято решение провести многофакторный эксперимент, в ходе которого попытаться найти зависимость времени расстойки тестовых заготовок от температуры в расстойном шкафу, скорости подъема уровня теста в деже<sup>2</sup>, продолжительности брожения. Ключевым моментом эксперимента стало использование уровнемера для замера скорости подъема уровня теста.

<sup>2</sup> Дежа — емкость для замеса и брожения теста.

# Контрольно-надзорная деятельность



Рис. 1. Блок-схема установка для замера скорости подъема уровня теста: 1 — измерительный механизм; 2 — чувствительный элемент; 3 — измерительный преобразователь; 4 — микроконтроллер; 5 — устройство отображения информации

Табл. 1. Матрица планирования трехфакторного ДФЭ

№ опыта	$x_1$	$x_2$	$x_3$	Функция отклика $y$
1	+1	+1	+1	$y_1$
2	-1	-1	+1	$y_2$
3	+1	-1	-1	$y_3$
4	-1	+1	-1	$y_4$

Табл. 2. Характеристики планирования

Параметры эксперимента	$x_1$ , см/ч	$x_2$ , ч	$x_3$ , °C
Основной уровень	10,5	2,2	37
Интервал варьирования	1,5	0,8	2
Верхний уровень	12	3	39
Нижний уровень	9	1,4	35

Табл. 3. Результаты реализации ДФЭ

№ опыта	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$y_{j1}$	$y_{j2}$	$y_{j3}$	$y_{j4}$	$y_{j5}$
1	+1	+1	+1	18	19	17	19	18
2	-1	-1	+1	30	29	31	30	31
3	+1	-1	-1	28	29	27	28	27
4	-1	+1	-1	22	23	24	22	22

Табл. 4. Результаты обработки матрицы ДФЭ

№ п/п	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$\bar{y}_j$	$S_j^2$	$S_j$	$G_p$	$G_T$	$S_y^2$	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$
1	+1	+1	+1	17,8	0,2	0,45	0,33	0,68	0,6	24,6	-1,8	-4,4	-0,6
2	-1	-1	+1	30,2	0,7	0,84							
3	+1	-1	-1	27,8	0,7	0,84							
4	-1	+1	-1	22,6	0,8	0,89							

Использование такого синтетического параметра, как скорость подъема уровня теста, обусловлено следующими соображениями:

- во-первых, опытом наблюдения за процессом брожения теста, подсказывающим, что чем меньше времени прошло до полного

выбраживания теста, тем меньше будет время расстойки тестовых заготовок;

- во-вторых, рекомендацией из [3] использовать зависимость  $dV/dt$ , выражающую скорость изменения количества образующегося во время брожения теста диоксида углерода, который и «поднимает» уровень теста в деже.

Для эксперимента специально был собран измеритель уровня, блок-схема которого представлена на рис. 1.

Принцип действия измерительного механизма состоял в преобразовании хода алюминиевой площадки, соприкасающейся с поверхностью теста, в изменение электрического сопротивления и напряжения, снимаемых с переменного резистора. Измерительным преобразователем служил аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), встроенный в микроконтроллер *ATmega8A*. Микроконтроллер вычислял скорость подъема уровня теста, а также производной от нее.

Для построения математической модели, отражающей зависимость времени расстойки тестовых заготовок  $y$ , мин, от скорости подъема уровня теста в деже,  $x_1$ , см/ч, продолжительности брожения теста в деже  $x_2$ , ч, температуры, поддерживаемой в расстойном шкафу,  $x_3$ , °C, был поставлен дробный факторный эксперимент (ДФЭ) исходя из предположения о линейности искомой зависимости [4].

Матрица планирования эксперимента при количестве факторов, равном трем, в ДФЭ будет выглядеть так, как показано в табл. 1.

После выбора плана эксперимента необходимо было определить уровни и интервалы варьирования факторов. Характеристи-

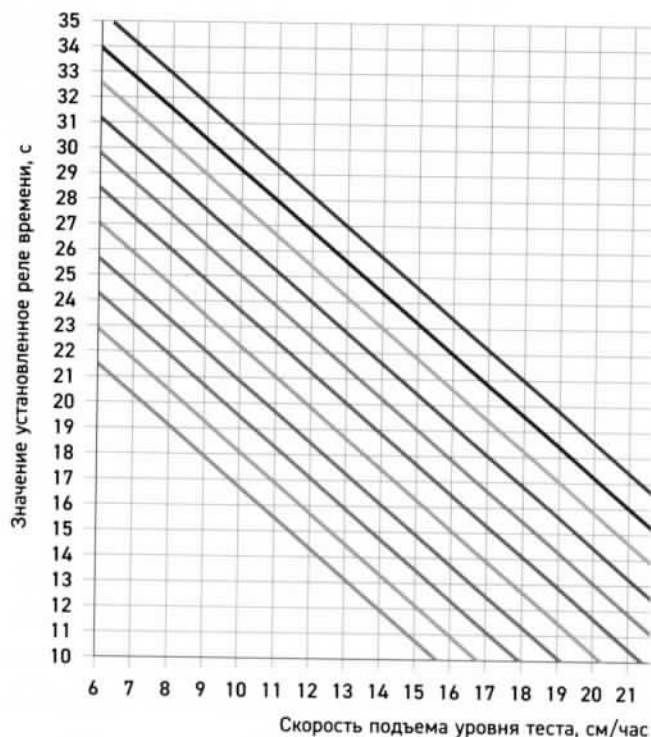


Рис. 2. Диаграмма зависимости значения реле времени от скорости подъема уровня теста при температуре в расстойном шкафу  $t = 32\text{ }^{\circ}\text{C}$

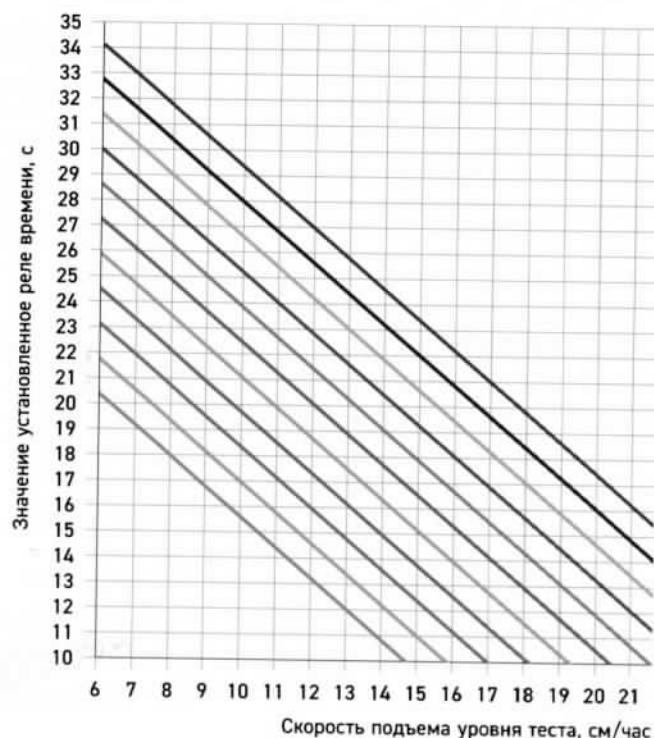


Рис. 3. Диаграмма зависимости значения реле времени от скорости подъема уровня теста при температуре в расстойном шкафу  $t = 36\text{ }^{\circ}\text{C}$

ка планирования представлена в табл. 2.

Чтобы компенсировать влияние случайных погрешностей, каждый опыт повторялся пять раз. Число параллельных опытов было обозначено символом  $k$ . Результаты эксперимента представлены в табл. 3.

Для каждой серии параллельных опытов находилось среднее арифметическое значение функции отклика  $\bar{y}_j$ , рассчитывались дисперсия  $S_j^2$  и среднеквадратичное отклонение в пределах опыта  $S_j$ . Оценка воспроизводимости опытов проводилась по критерию Кохрена путем сравнения расчетного значения критерия  $G_p$  с табличным.

После подтверждения воспроизводимости опытов и однородности дисперсий рассчитывалась дисперсия воспроизводимости эксперимента  $S_v^2$ . Далее определя-

Время брожения, ч

- 1,5
- 1,75
- 2,0
- 2,25
- 2,5
- 2,75
- 3,0
- 3,25
- 3,5
- 3,75
- 4,0

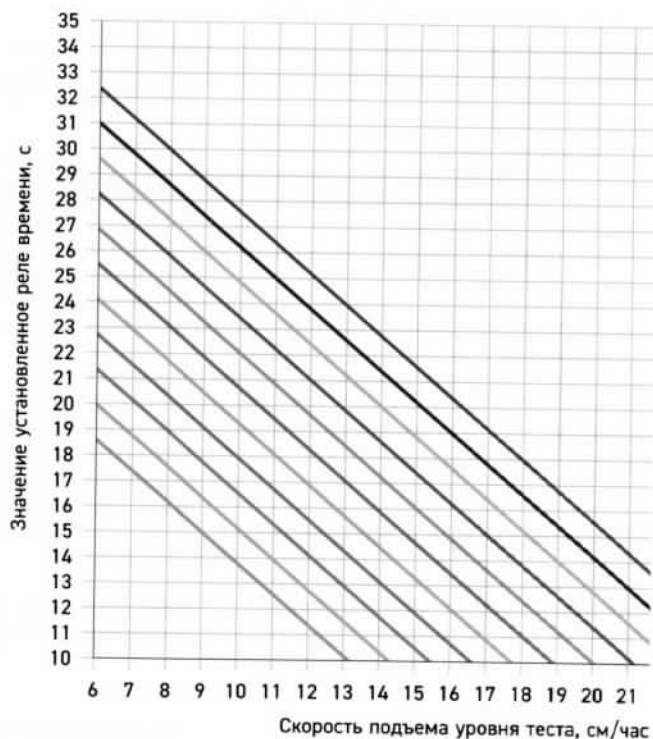


Рис. 4. Диаграмма зависимости значения реле времени от скорости подъема уровня теста при температуре в расстойном шкафу  $t = 42\text{ }^{\circ}\text{C}$

# Контрольно-надзорная деятельность

лись коэффициенты уравнения регрессии и устанавливалась их значимость при помощи критерия Стьюдента. После получения уравнения регрессии с помощью критерия Фишера проверялась его адекватность.

## Построение математической модели процесса

Результаты математической обработки дробного факторного эксперимента сведены в *табл. 4*.

Уравнение регрессии в кодированных переменных имеет вид:  
 $y = 24,6 - 1,8x_1 - 4,4x_2 - 0,6x_3$ .

Уравнение регрессии в натуральном виде — математическая модель процесса, имеет вид:

$$y = 60,4 - 1,2x_1 - 5,5x_2 - 0,3x_3.$$

Геометрическая интерпретация модели представлена в виде графиков  $y = f(x_1)$  при  $x_2, x_3 = const$  (*рис. 2–4*).

Как видно из приведенных графиков, зависимость между временем расстойки и продолжительностью брожения теста в деже, скоростью подъема уровня теста, температурой, поддерживаемой в расстойном шкафу, имеет линейный характер.

Построенная модель позволяет составить таблицы, содержащие рекомендации по выбору времени расстойки, и снизить количество брака, обусловленного неопытностью машинистов тесторазделочных машин.

## Использованная литература:

1. Сарычев Б.Г. Технология и технологический контроль хлебопекарного производства. — М.: Пищепромиздат, 1957. — 404 с.

2. Цыганова Т.Б. Технохимический контроль хлебопекарного производства: Уч.-практ. пособие. Ч. 1./Московский гос. ун-т технологий и управления. — М, 2012. — 68 с.

3. Черных В.Я. Управление качеством хлебобулочных изделий: Мат. 8-й Междунар. конф. «Современные технологии и обо-

рудование для хлебопекарного и кондитерского производства», Минск, 13–16 сент. 2011. — Минск, 2011. — С. 25–29.

4. Дерканосова Н.М., Журавлев А.А., Сорокина И.А. Моделирование и оптимизация технологических процессов пищевых производств. Практикум: Уч. пособие/ Воронежский гос. ун-т инженерных технологий. — Воронеж, 2011. — 196 с.

## References:

1. Sarychev B.G. Technology and technological control of bakery production. — Moscow, Pishchepromizdat, 1957 — 404 p.

2. Tsyganova T.B. Technochemical control of bakery production: Practical guide.

Part 1. Moscow State University of Technologies and Management. Moscow, 2012. — 68 p.

3. Chernykh V.Ya. Quality management of bakery products: Proc. of 8th Int. Conf. "Modern Technologies and Equipment for Bakery and Confectionery Production", Minsk, Sept. 13–16. 2011. Minsk, 2011. — p. 25–29.

4. Derkanosova N.M., Zhuravlev A.A., Sorokina I.A. Modeling and optimization of technological processes of food production. Practicum: Textbook. Voronezh State University of Engineering Technologies. Voronezh, 2011. — 196 p.



## Резюме

Полученные в ходе исследования данные и математическая модель выводят контроль качества хлебобулочных изделий на новый уровень, они позволяют уменьшить влияние человеческого фактора при выборе времени расстойки и повысить качество выпускаемой продукции. Практическая реализация модели предусматривают применение разработанного измерителя уровня с соответствующим программным обеспечением и рабочей инструкцией.

TITLE: \_\_\_\_\_

**Improving the system of production quality control of bakery products**

AUTHORS: \_\_\_\_\_

**V.V. Gorzhanov**, Associate Professor of the Department of Physical and Chemical Methods of Product Certification of Belarusian State Technological University, Candidate of Technical Sciences

**V.S. Volobuev**, Associate Professor of the Department of Physical and Chemical Methods of Product Certification of Belarusian State Technological University, Candidate of Physical and Mathematical Sciences

ABSTRACT: \_\_\_\_\_

The duration of the final proofing of dough in baking has always been determined only organoleptically. The authors have developed a mathematical model for calculating the dependence of the time of this process on the duration of fermentation of the dough, which makes it possible to make the control objective.

KEYWORDS: \_\_\_\_\_

**bakery products, production control system, proofing time, fermentation duration, dough level rise rate**

SUMMARY: \_\_\_\_\_

The data of the study and the mathematical model bring the quality control of bakery products to a new level, they allow to reduce the influence of the human factor when choosing the proofing time and improve the quality of the products. The practical implementation of the model involves the use of a developed level meter with the appropriate software and working instructions.