

## ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПЕЧКИ: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МАШИН И УСТАНОВОК И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КОНЕЧНЫЕ ПРОДУКТЫ

### Baking technology: A systematic review of machines and plants and their effect on final products

**Н. Р. Соловьев**, студент

**О. П. Неверова**, кандидат биологических наук, доцент

**Н. Л. Лопаева**, кандидат биологических наук, доцент

Уральский государственный аграрный университет

(Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42.)

*Рецензент:* О. В. Горелик, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

#### Аннотация

На качество хлеба и хлебобулочных изделий в основном влияют три ключевых этапа производственной цепочки: измельчение, замес и выпечка. Эффекты измельчения и замеса были систематически рассмотрены в более ранних работах, однако нет всеобъемлющего обзора современных знаний о процессе выпечки, его влиянии на качество продукта и стратегиях улучшения. Настоящее исследование устраняет этот пробел.

**Ключевые слова:** закваска, хлебобулочные изделия, технологии выпечки, мука.

#### Summary

The quality of bread and bakery products is mostly influenced by the three key stages in the production chain: milling, kneading, and baking. The effects of milling and kneading have been systematically reviewed in earlier work, however, there is no comprehensive review of current knowledge regarding the baking process, its effect on product quality, and improvement strategies. The present study addresses this gap.

**Keywords:** sourdough, bakery products, baking technologies, flour.

Хлебобулочные изделия являются основным продуктом питания во всем мире. Они необходимы для питания человека, поскольку они являются важным источником углеводов, белка, пищевых волокон, витаминов, микроэлементов и антиоксидантов. Хлеб, в частности, является одним из старейших видов хлебобулочных изделий. Обзор литературы предполагает, что первый хлеб был изготовлен около 10 000 лет до нашей эры. Истоки хлебопечения теряются в доисторические времена, когда первобытный человек обнаружил, что семена некоторых растений можно измельчать, смешивать с водой и нагревать на огне для приготовления пищи. Египтяне были пионерами «белого искусства» выпечки хлеба, что сделало его популярным во всем мире [1].

Хотя базовый рецепт состоит из нескольких простых ингредиентов, в частности пшеничной муки, воды, дрожжей и соли, текущее производство отражает местные традиции и доступность сырья. В Европе разные виды хлеба производятся в разных странах, регионах или, например, в Италии, в разных муниципалитетах. Кроме того, рецепты могут варьироваться в зависимости от высоты, например, Шюттельброт и Роггенброт (ржаной хлеб) встречаются в альпийских условиях. Другой пример - Китай и другие азиатские страны, где очень популярен хлеб, приготовленный на пару (он же китайский манту). В последнем во время выпечки

используется пар. Несмотря на их различные характеристики, обзор литературы показывает, что на качество хлеба и хлебобулочных изделий в основном влияют три основных этапа производственной цепочки: измельчение, замес и выпечка [2].

Что касается измельчения, в предыдущей работе были обобщены современные знания о двух наиболее широко используемых методах измельчения, а именно о камне и роликовом фрезеровании. В последнем обзоре подчеркивалось, что технология помола оказывает наиболее значительное влияние на качество муки, реологию теста и конечные характеристики хлеба, и предлагались некоторые конкретные стратегии для улучшения обеих технологий. Что касается измельчения камня, наиболее интересные стратегии улучшения касаются правильного управления кондиционированием пшеницы и скоростью вращения камня, а также повторного открытия и модернизации традиционных каменных водяных мельниц. Для вальцевой мельницы было определено несколько других стратегий: обезжиривание пшеницы перед помолом в сочетании со стабилизацией отрубей, полуфабрикатов и зародышей; разработка и усовершенствование автоматических и адаптивных мельничных установок; а также использование систем дробления, калибровки и измельчения для улучшения технологии помола, дифференциации муки и снижения воздействия на окружающую среду.

Процесс замешивания также был обобщен в более ранней работе ё. В то время как размол оказывает наибольшее влияние на реологию теста и характеристики хлеба, замес также играет ключевую роль. Каппелли и Чини (2021) подчеркивают важность управления следующими ключевыми параметрами: правильное время замеса, чтобы избежать чрезмерного и недостаточного перемешивания; правильная температура теста и скорость замеса, чтобы избежать нагревания теста и чрезмерного его размораживания; правильная температура воды, водопоглощение и содержание воды, чтобы получить оптимальную реологию и консистенцию теста и избежать чрезмерного размягчения; и последнее, но не менее важное: правильная аэрация теста, чтобы обеспечить надлежащую пружину печи во время выпечки и оптимальный мякиш хлеба [3].

Выпечка является последним, решающим этапом в производстве хлеба. Для этого требуются очень высокие температуры, обычно в диапазоне от 160 до 250 ° C, и существует несколько методов, в которых используются печи разных типов. Во время выпечки тесто претерпевает множество физических и химических изменений, в том числе: испарение воды; переход теста в крошку; образование структуры мякиша и корочки; увеличение объема; денатурация белка; и желатинизация крахмала. Эти преобразования подчеркивают деликатность процесса. Выбор неоптимальной технологии выпечки и температуры в духовке может поставить под угрозу весь прогресс, достигнутый благодаря внедрению инноваций в измельчении и замесе.

В отличие от измельчения и замеса, очевидно, что здесь нет обзора современных знаний о процессе выпечки, его влиянии на качество конечного продукта и каких-либо предлагаемых стратегий улучшения. Это наблюдение послужило мотивом для настоящего исследования. Поэтому первой целью данного обзора является обобщение современных знаний о технологиях выпечки и их влиянии на хлеб и хлебобулочные изделия. Вторая цель состоит в том, чтобы предложить стратегии по улучшению выпечки и печей. Общая цель - повысить эффективность, экономичность и качество конечного продукта с положительным воздействием на производство, рентабельность и окружающую среду [4].

#### ***Режимы теплопередачи во время выпечки***

Всестороннее понимание процесса выпечки и, следовательно, способов оптимизации качества конечного продукта должно учитывать как явления переноса, так и структурные из-

менения. Переход от теста к хлебу в основном связан с тремя режимами теплопередачи: излучением, теплопроводностью и конвекцией излучение исходит от нагревательных элементов (пламени горелки) и всех горячих металлических частей печи.

### ***Преобразование теста***

Хотя выпечка практикуется веками, наше понимание процесса остается неясным. Хлеб особенно сложен. Теплообмен происходит одновременно, и превращение ферментированного теста в хлеб требует значительных структурных изменений. Высокая температура в печи приводит к различным физико-химическим реакциям (свертывание клейковины и белка, образование CO<sub>2</sub>, крахмала)

Оптимизация энергопотребления с использованием моделирования и вычислительной гидродинамики

Как сообщают, количественная оценка энергии, необходимой для выпечки теста, на основе детального анализа потерь в печи и вычислительной гидродинамики может значительно повысить эффективность производства. Предлагаемый ими подход к моделированию может сократить потребление энергии на одну буханку примерно на 2%, а время выпечки - до 10%, сэкономив пищевой промышленности более 0,5 млн фунтов стерлингов и сократив ежегодный углеродный след более чем на 5000 тонн CO<sub>2</sub>. Их инновационный метод моделирует тепло [5].

### ***Вывод***

В этом обзоре подчеркивается важность выбора оптимальной технологии выпечки в зависимости от желаемых характеристик продукта. Хотя режимы теплопередачи широко описаны в литературе и понятны, необходимы дальнейшие исследования инновационных гибридных технологий, таких как вакуумная выпечка и микроволновая печь. Еще одна важная тема, требующая дальнейшего изучения, связана с оптимальным соотношением времени и температуры во время выпечки.

### **Библиографический список**

1. *Пашенко Л. П.* Технология хлебопекарного производства: учеб. для подготовки бакалавров по направл. «Технология пр-ва и переработки сельскохозяйств. Продукции» / Л. П. Пашенко, И. М. Жаркова.
2. Сборник рецептов на хлеб и хлебобулочные изделия / сост. П. С. Ершов. 10-е изд. СПб.: ПРОФИКС, 2008. 207 с.
3. *Селезнев А. А.* Домашняя выпечка. Хлеб и булочки.
4. *Васюкова А. Т.* Современные технологии хлебопечения: учеб.-практ. пособие / А. Т. Васюкова, В.Ф. Пучкова. 2-е изд.
5. *Шваркина Т. И.* Снижение потерь в хлебопечении / Т. И. Шваркина, Н. И. Смолина ; под ред. Л. Я. Ауэрмана.