

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И СИЛЫ ТОКА ПРИ ЭК-ВЫПЕЧКЕ

Кулишов Б.А.¹, научный руководитель – Новоселов А.Г.¹
Ивашенко С.Ю.¹, научный руководитель – Федоров А.В.¹
¹ – Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург

Исследование электроконтактной выпечки (ЭК-выпечки) представляет интерес как способ производства бескоркового хлеба, отличающийся малыми затратами энергии на выпечку и высокой скоростью процесса. Данный способ выпечки позволяет вырабатывать изделия диетического и функционального назначения [1], а также хлеб-полуфабрикат для производства декоративной панировочной крошки [2].

Характерной особенностью процесса является его саморегулируемость, т.е. обычно выпечка проводится без возможности регулирования процесса, при постоянном напряжении. При выпечке сила тока изменяется по сложной закономерности, температура возрастает, и завершается в момент достижения тестом температуры в 98...99 °С, который совпадает с постепенным уменьшением силы тока практически до нулевых значений по причине испарения свободной влаги из теста. Теплота, генерируемая в тестовой заготовке, расходуется на ее прогрев, физико-химические процессы в тесте, и на испарение влаги.

Данная особенность одновременно является как преимуществом ЭК-выпечки, поскольку отсутствует необходимость слежения за процессом, равно как и недостатком – в случае надобности нет возможности управлять ходом выпечки.

При сочетании определенных факторов ЭК-выпечка может завершаться преждевременно, когда сила тока падает практически до нуля до того момента, как температура теста достигнет значения 98...99 °С. Хлеб в таком случае не пропекается до конца, его влажность выше нормы для ЭК-хлеба. Мякиш липкий на ощупь, и характеризуется спиртовым запахом, характерным для сырого теста. Верхняя поверхность не гладкая, сухая и упругая, а мягкая и влажная, с ямками и впадинами.

Авторами был проведен ряд экспериментов по выпечке теста ЭК-способом, среди которых встречались случаи непропеченного хлеба. Далее было проведено сравнение кривых изменения силы тока, протекающего по тесту во время выпечки, и температурных кривых, отображающих изменение температуры в ядре тестовой заготовки.

В случае успешной выпечки кинетика изменения силы тока в упрощенном изложении такова: сила тока возрастает до максимальной величины в начальной фазе выпечки в течение 1-3 минут, далее происходит постепенное уменьшение силы тока в течение 3-8 минут. Температура теста с момента начала прогрева возрастает практически линейно, при достижении 90...95 °С скорость нагрева уменьшается, приближаясь к плато на уровне 98...99 °С. Максимальная температура теста достигается уже после достижения максимального значения силы тока. Следует отметить, что удельные энергетические затраты на выпечку теста мало зависят от параметров тестовой заготовки [3].

Сравнение кривых изменения силы тока и температуры успешно завершенных опытов и тех опытов, в которых тесто не пропеклось до конца, показывает: сила тока в случае непропёка увеличивается до максимально меньших значений, длительность процесса уменьшается, а процесс постепенного уменьшения силы тока после достижения максимума начинается раньше и протекает значительно быстрее. Таким образом, в ходе выпечки генерируется значительно меньшее количество теплоты. Температура возрастает также линейно, однако из-за более слабого прогрева не успевает достигнуть 98...99 °С.

Предположительно, существует несколько причин плохой пропекаемости тестовых заготовок при условии одинаковой рецептуры и технологии тестоприготовления. На ход выпечки влияют следующие факторы:

1. объем тестовой заготовки;
2. площадь контакта теста с электродами;
3. концентрация соли в тесте.

Возможно, в случае неблагоприятного сочетания данных факторов, в частности, большого объема тестовой заготовки в сочетании с малой площадью контакта с электродами и высокой концентрацией соли происходит следующее: тесто интенсивно прогревается, но из-за малой площади контакта неравномерно в объеме, влага испаряется из более прогретых участков, что приводит к местному увеличению сопротивления. Увеличение сопротивления вызывает уменьшение силы тока и ослабление прогрева теста, что в итоге приводит к неполному пропеканию тестовой заготовки.

Также на процесс ЭК-выпечки влияют параметры основного сырья – муки, в частности, ее сорт, начальная влажность, водопоглотительная способность, и проч.

Истинность данного предположения предполагается проверить путем постановки специальных экспериментов с измерением температуры теста в различных зонах тестовой заготовки.

Литература

1. Разработка технологии производства хлеба с применением электроконтактного способа выпечки: монография / Г.А. Сидоренко, В.П. Попов, Г.Б. Зинюхин, В.Г. Коротков; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2012. – 124 с.
2. Кулишов, Б.А. Анализ технологий производства декоративной панировочной крошки и разработка машинно-аппаратурной схемы / Б.А. Кулишов // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. - 2017. - Т. 1. - С. 162-165
3. Кулишов, Б.А. Особенности экспериментального исследования ЭК-выпечки / Б.А. Кулишов // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. - 2018. - Т. 4. - С. 145-147.