

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ВЫПЕЧКИ

Кирик И.М., Кирик А.В.

Могилевский государственный университет продовольствия
г. Могилев, Республика Беларусь

Качество получаемых хлебобулочных изделий и расход энергии на процесс выпечки зависят от оптимальной ее продолжительности, которая обусловлена многими факторами: массой и формой изделия, свойств теста, из которого выпекается изделие, интенсивностью тепловой обработки и способом выпечки. Окончание процесса выпечки объективно устанавливается по значению температуры в центре выпекаемой тестовой заготовки (далее ВТЗ), которая не должна превышать 96...98°C. Известно, что процесс выпечки делится на два периода: I – период переменного объема и II – период постоянного объема выпекаемой тестовой заготовки. В первом периоде выпечки происходит интенсивный внешний тепло- и массообмен, в результате которого осуществляется прогрев ВТЗ. Замедление и прекращение прироста объема ВТЗ вызывается образованием на ее поверхности корки, а под коркой – все утолщающегося слоя мякиша. Второй период выпечки наступает с момента образования корки, когда температура ее поверхности достигает 105...115°C, при этом температура в центре ВТЗ составляет 40...45°C.

Для определения продолжительности первого периода выпечки ВТЗ τ_1 (с), при котором на ее поверхности образуется корка с температурой t , решалось уравнение (1) методом простых итераций, применяя MATLAB:

$$t(0, \tau) = t_c [1 - e^{aH^2\tau} \operatorname{erfc}(H\sqrt{a\tau})] \quad (1)$$

где t – температура поверхности ВТЗ при выпечке, °C; t_c – температура теплоносителя, °C; a – коэффициент температуропроводности, м²/с; τ – время выпечки, с; $H = a/\lambda$ – относительный коэффициент теплообмена, м⁻¹; α – коэффициент теплоотдачи, Вт/м²·°C; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/м·°C; erfc – функция ошибок Гаусса.

Численное значение коэффициента теплоотдачи α от греющей паровоздушной среды к поверхности ВТЗ, входящего в данную формулу, определялось по классической методике, используя теорию подобия, применяя полученный нами поправочный коэффициент ε_φ , учитывающий влажность теплоносителя:

$$\varepsilon_\varphi = 0,019\varphi^{1,584} \quad (2)$$

где φ – относительная влажность воздуха, %.

Для определения продолжительности τ_2 (с) второго периода выпечки ВТЗ в форме шарового сегмента с соотношением диаметра к начальной высоте $D/h_n \approx 5:1$, при котором температура в ее центре достигает величины 96...98°C, решалось уравнение, полученное нами при изучении процесса нестационарной теплопроводности в ВТЗ:

$$\tau_2 = -\frac{(\ln \Theta - 2,91) \cdot l^2}{8,98 \cdot a}, \quad (3)$$

где Θ – безразмерная температура; l – характерный геометрический размер ВТЗ, м, равный половине высоты изделия после расстойки h_n .

Продолжительность процесса выпечки тестовых заготовок τ (с) определяется сложением полученных в результате расчетов значений τ_1 и τ_2 и может быть использована при определении проектной производительности хлебопекарного оборудования.