

УДК 664.05.1

## Выпечка бисквитного полуфабриката в печах ПХС-25

А. А. МИХЕЛЕВ, А. Н. ДОРОХОВИЧ,  
Е. Г. БОНДАРЕНКО, В. У. КОМАРОВА,  
В. Г. ФЕДОРОВ, Б. П. ШУБИНО

Киевский технологический институт пищевой промышленности

В настоящее время выпечка бисквитного полуфабриката для тортов и пирожных осуществляется в основном в печах ФТЛ и УДИГ с внутренним обогревом, в канальных и жаровых печах со стационарным подом. Эти печи — устаревших конструкций, с низким к. п. д. — очень неудобны в эксплуатации. На многих хлебозаводах сейчас устанавливают современ-

ные сквозные печи (ВН, ПКС, ПСК и др.), предназначенные для выпечки хлеба и хлебобулочных изделий. В них начинают выпекать также бисквитный полуфабрикат для тортов и пирожков.

КТИИПом совместно с УкрНИИВом разработан термостойкий картон, обладающий антиадгезионными свойствами по отношению к бисквитному полуфабрикату. На Киевском хлебозаводе № 4 в печах ПКС-25 проведены промышленные выпечки бисквитного полуфабриката в этих формах.

Бисквитное тесто готовили в вертикальной венчиковой сбивальной машине по следующей технологической схеме.

В машину загружали 10,5 кг сахарного песка, 18 кг яиц, и смесь забивали 35 мин до получения пышной густой массы. На медленном ходу машины добавляли 10,5 кг муки высшего сорта и 105 г эссенции, массу перемешивали несколько секунд. Готовую массу влажностью 0,45 г/см<sup>3</sup> и влажностью 35,6% раскладывали в картонные формы (по 270—275 г). Формы устанавливали на металлические листы и ставили в печь.

Согласно предварительно установленному режиму во время производственных испытаний давление газа в первой горелке равнялось 0,15 кг/см<sup>2</sup>, во второй — 0,1 кг/см<sup>2</sup>, разрежение в первой тонке — 7 кг/м<sup>2</sup>, во второй — 6,5 кг/м<sup>2</sup>.

На рис. 1 показаны температурные кривые, полученные при выпечке бисквита. Температуру измеряли с помощью батарей мезоконстантных терморезисторов и флюорола на диаграммной ленте потенциометра ПС1-0,4.

Температура среды пекарной камеры (кривая 1) плавно повышается, достигая максимума (180°C) на 4-й минуте выпечки. С 6-й до 10-й минуты температура снижается, что объясняется недостатком системы обогрева — излишняя теплоизоляция острых газов меж-

ду первой и второй зонами обогрева печи уменьшает общий теплопоход. Во второй зоне обогрева температура среды пекарной камеры (160—180°C, в третьей зоне она снижается до 140°C и оказывается ниже полосы воздуха через выгравное отверстие (штриховая линия).

В начале процесса выпечки (до 6-й минуты) верхняя поверхность изделий (кривая 2) прогревается со скоростью 8—10 град/мин. Затем температура несколько снижается, что объясняется уменьшением теплопохода между первой и второй зонами обогрева. Во второй зоне температура верхней поверхности затопки повышается со скоростью 6—8 град/мин, в третьей — практически остается постоянной (150—157°C), что соответствует термо-экологической оценке. Скорость прогрева центральных слоев (до 6-й минуты) равна 1,5—2 град/мин (кривая 3), затем она возрастает до 3—4 град/мин. В третьей зоне обогрева температура центральных слоев увеличивается с 95 до 97°C.

Исследована также кинетика теплопохода к изделию со всех сторон. Это дает возможность установить оптимальные режимы выпечки на основе количественных показателей: интенсивность похода энергии как функцию продолжительности выпечки и ее распределение по способам повода (теплопроводностью через нижнюю и боковые поверхности картонной коробки, конвекцией и лучеиспусканием через верхнюю поверхность изделия). Для этой цели использовались малые термометры (диаметр 14—18 мм при толщине 1,8 мм), разработанные в КТИИП. Повышение рабочей температуры термометров от 100 до 180°C достигнуто благодаря применению новых наполнителей на основе эпоксиальной смолы ФАЭД и фосфатного цемента. Уменьшение размера термометров позволило использовать метод двух радиометров для разделения составляющих теплового потока к верхней поверхности изделий. Один термометр покрывался слюдой краской со степенью черноты  $\epsilon_1=0,95$ , второй — фольгой из пермаллоя с  $\epsilon_2=0,29$ .

Низкая теплоемкость бисквитного теста ( $\lambda=0,4+0,7$  Н-с/м<sup>2</sup>) тепломеры, помещенные на его поверхности, постепенно погружаются в тесто. Поэтому был разработан метод крепления термометров, пригодный для исследования тепловых потоков по высоте полужидких заготовок и изделий. После закладки нижней порции теста в коробку (в наших опытах — полной нормы) на ее поверхность в центре накладывается кусок марли размером 90×90 мм, предварительно смоченной в том же тесте. Датчики прикладываются к марле и всплывают вместе с ней по мере подъема теста

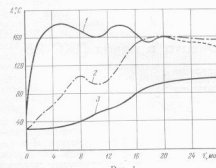
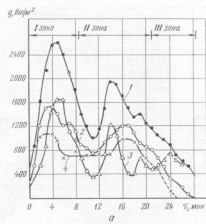


Рис. 1.



ются отрицательными. Следовательно, в конце третьей зоны обогрева за счет присосов холодного воздуха из помещения через выходное отверстие тонкая печь возникает своеобразный теплообмен бисквита и греющей среды. Бисквит теряет тепло конвекцией, продолжая

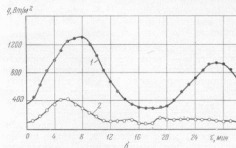


Рис. 2.

та в процессе выпечки. Датчики, предназначенные для измерения кондуктивных тепловых потоков, смачивались в тесте и приклеивались к центру нижней и боковой поверхностей картонной коробки до закладки теста, так что толщина прослойки бисквита между датчиком и картоном в готовом изделии не превышала 0,5 мм. Чувствительность датчиков теплового потока подбирали так, чтобы для записи их сигналов использовать тот же прибор, что и для записи сигналов терморпар. Эффективная теплопроводность датчиков несколько выше, чем теста и готового бисквита, поэтому искажения поля тепловых потоков от внесения термометров практически не происходит.

Кинетика теплотротоков через верхнюю поверхность бисквита показана на рис. 2, а. Наличие двух максимумов в показаниях «черного» и «светлого» датчиков (кривые 1 и 2) подтверждает нецелесообразность избыточной изоляции греющей поверхности между первой и второй зонами.

Лучистую  $q_d$  и конвективную  $q_k$  составляющие теплотротока рассчитывали с учетом степени черноты поверхности изделия  $\epsilon$ , равной в среднем 0,5:

$$q_d = \epsilon \frac{q_1 - q_2}{\epsilon_1 - \epsilon_2}; \quad q_k = q_1 - \frac{\epsilon_1}{\epsilon} q_d$$

Кинетическая кривая лучистого теплового потока 3 повторяет максимумы зафиксированные «черным» датчиком. Максимумы на кривой конвективного теплотротока 4 размыты из-за инерционных свойств системы обогрева и движения греющей среды. С 24-й минуты выпечки расчетные значения  $q_k$  стано-

получать энергию лучеспусканием. Результирующий тепловой поток излучением превышает теплотерии конвекцией, и для этой зоны его следовало бы подсчитывать как сумму показаний «черного» датчика и значений  $q_k$ . Наличие встречных потоков конвекцией и излучением подтверждают температурные кривые (см. рис. 1). С 18-й минуты линия температуры греющей среды пересекает линию температуры поверхности изделия. Температура центральных слоев до этого времени растет. По-видимому, систему обогрева с встречными потоками тепла можно рекомендовать для тепловой обработки термостабильных пищевых продуктов.

Кривая теплопроводности 1 через нижнюю поверхность бисквита (рис. 2, б) имеет также два максимума. При этом второй сдвигнут к выходной части конвейера, поскольку здесь

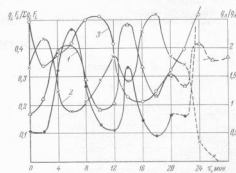


Рис. 3.

Составляющие теплопритока	I зона		II зона		III зона		В среднем по печи	
	кДж	%	кДж	%	кДж	%	кДж	%
$Q_{\text{д}}$	9,5	32,4	8,55	29,2	4,9	35	22,95	31,62
$Q_{\text{б}}$	7,95	27	10,45	35,8	1,55	11,1	19,95	27,5
$Q_{\text{г}}$	11,93	40,6	10,2	35	7,53	53,9	29,66	40,88
$Q$	29,38	100	29,2	100,0	13,98	100,0	72,56	100

есть два параллельных потока продуктов сгорания газа — верхнего греющего и нижнего транспортирующего. Уровень максимальной извлекки (соответственно около 1,5 и 0,8 кВт/м<sup>2</sup>), поэтому целесообразно исключить интервал между ними, создавая более интенсивный теплоподвод снизу в центральной части печи.

Теплоподвод через боковую поверхность (кривая 2) мало интенсивен, однако его исследование позволяет получить балансовые соотношения для теплых потоков, подводящих к извлекю различными способами (рис. 3). Кривые 1, 2 и 3 показывают соответственно долю тепла, подводимого лучеиспусканием и конвекцией к верхней поверхности и теплопроводностью к нижней и боковым поверхностям. В последнем случае возникает сложный теплообмен, включающий излучение, конвекцию, теплопроводность через детали конвейера. Разделить составляющие его довольно трудно, а конечный результат одинаков — теплопроводность через стенки картонной коробки.

На рис. 3 показано также отношение  $Q_{\text{д}}/Q_{\text{б}}$  — второй критерий выпечки (по А. С. Гинзбург). Эта величина колеблется в пределах 0,5—2,5 (без третьей зоны) и в среднем составляет 1,0. Это свидетельствует о значительно более мягком режиме выпечки бисквитов по сравнению с хлебобулочными изделиями.

В таблице приведены средние значения количества тепла  $Q$ , подведенного к бисквиту на каждом участке печи, и распределение его по отдельным способам теплоподвода —  $Q_{\text{д}}$ ,  $Q_{\text{б}}$ ,  $Q_{\text{г}}$ . Расчетные данные для третьей зоны менее точны в связи с явлением встречных тепловых потоков (штриховые участки на рис. 2, 4 и 3). Показатели качества полуфабриката и готовой продукции приведены ниже.

Влажность сбитой массы, %	35,6
Плотность массы, 750°	0,45
Высота извлек, мм	30
до выпечки	30
после выпечки	55
Толщина корочки, мм	2,0
верхней	2,0
боковой	1,0
нижней	1,5
Влажность готовых извлек, %	25
Окраска корочки	
верхней	Темно-золотистая
нижней и боковой	Золотистая

Бисквит, выпеченный в картонных формах, соответствовал требованиям ГОСТа и получил высокую оценку у потребителей.