

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫПЕЧКИ ПODOVЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ РЖАНО-ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА В ПАРOKОНВЕКЦИОННОМ АППАРАТЕ

И. М. Кирик, Е. А. Назаренко, А. В. Кирик

Исследован процесс выпечки тестовых заготовок из ржаной и пшеничной муки в пароконвекционном аппарате. Определены оптимальные значения технологических параметров выпечки, в результате которых достигаются наилучшие качественные показатели хлебобулочных изделий при минимальных удельных энергозатратах.

Введение

В настоящее время на потребительском рынке хлебобулочных изделий наблюдается тенденция снижения спроса на сорта хлеба массового производства, в связи с чем хлебопекарные предприятия вынуждены искать пути сохранения объемов производства, причем делается это, как правило, за счет расширения ассортимента выпускаемой продукции.

Для этого целесообразно применение пароконвекционных тепловых аппаратов: многофункциональных, экономичных и малогабаритных. Мобильность и гибкость небольших хлебопекарных и кондитерских производств, оснащенных современным технологическим оборудованием, позволяют оперативно изменять ассортимент вырабатываемой продукции, ориентируясь на вкусы потребителей, что и предопределяет их эффективную работу и позволяет занимать свою нишу на рынке.

В современных литературных источниках [1–5] практически отсутствуют сведения, характеризующие научные представления о процессах, происходящих в хлебопекарных печах ротационного типа и пароконвекционных аппаратах. Эксплуатация этих аппаратов на предприятиях основана на практическом опыте, сформированном при работе с печами тупикового или тоннельного типа. Это не всегда отражает настоящую картину особенностей, возникающих при выпечке в пароконвекционной аппаратуре. Кроме того, изделия из ржано-пшеничной и ржаной муки являются наиболее требовательными к обеспечению необходимых тепловых режимов выпечки по причине слабых формоудерживающих свойств получаемого теста и его склонности к растеканию. В литературных источниках сведений о выпечке ржано-пшеничных изделий значительно меньше, чем о выпечке пшеничных.

Согласно теории, изложенной Л.Я. Ауэрманом и И.И. Маклюковым [1, 6], наряду с поддержанием оптимальной температуры в пекарной камере на процессы, происходящие при выпечке тестовых заготовок, большое влияние оказывает пароувлажнение греющей среды, которое необходимо осуществлять как в начале, так и в конце выпечки. Кроме того, длительность процесса выпечки обусловлена и многими другими факторами. К ним относятся масса и форма изделия; свойства теста, из которого выпекается изделие; интенсивность тепловой обработки и способ выпечки. Окончание процесса выпечки объективно устанавливается по значению температуры в центре выпекаемой тестовой заготовки (далее ВТЗ), которая должна составлять 96–98 °С.

Несмотря на то, что современные ротационные печи и пароконвекционные аппараты являются аппаратами периодического действия, с помощью имеющегося в них блока автоматического управления можно практически точно воспроизвести технологические параметры, присущие зонам хлебопекарных печей тоннельного и тупикового типов, отличительным фактором может являться лишь скорость движения греющей среды в рабочей камере, достигающая порой 4 – 5 м/с. Данный фактор позволяет значительно интенсифицировать теплообмен и дает возможность понизить температуру технологического процесса на 20–30 °С [7].

Результаты исследования процессов, происходящих при выпечке, позволяют отметить некоторые общие положения, характеризующие оптимальный режим радиационно-

конвективного нагрева ВТЗ в хлебопекарных печах с естественным движением греющей среды, а именно: процесс выпечки можно условно разделить на три периода, каждый из которых характеризуется определенными процессами в тесте-хлебе, присущими данному периоду [1, 6].

В I период выпечка протекает в течение 2–5 минут при высокой относительной влажности (64–80 %) и сравнительно низкой температуре паровоздушной среды пекарной камеры (120–160 °С). В этом периоде ВТЗ увеличиваются в объеме и нагреваются до температуры 35–40 °С в центре и 70–80 °С на поверхности.

II период протекает при высокой температуре (270–290 °С) и его проводят без увлажнения среды пекарной камеры. Поверхность ВТЗ в этой зоне нагревается до температуры 100–110 °С, а центральные слои мякиша – до температуры 50–60 °С. Эта часть выпечки занимает 15–22 % от общей продолжительности выпекания изделий.

III период – это завершающий этап выпечки. Он характеризуется менее интенсивным подводом теплоты (180 °С) и повышением относительной влажности воздуха. Независимо от температуры в камере корка при выпечке не нагревается выше температуры 160–180 °С.

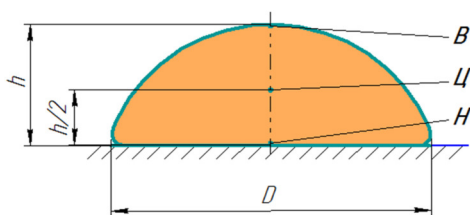
Цель работы – определение оптимальных режимов выпечки подовых тестовых заготовок из ржаной и пшеничной муки в пароконвекционном аппарате для получения готовой продукции высокого качества.

Результаты исследований и их обсуждение

Для исследования температурных полей в выпекаемой тестовой заготовке с целью определения оптимальных технологических параметров выпечки подовых хлебобулочных изделий в пароконвекционном аппарате была создана экспериментальная установка [7], основу которой составляет пароконвекционный аппарат Упох.

Измерение температур (t) в различных точках ВТЗ и в рабочей камере аппарата осуществлялось с помощью хромель-алюмелевых термоэлектрических преобразователей, расположение которых в ВТЗ при измерении температуры в различных ее слоях представлено на рисунке 1. Температура наружной поверхности ВТЗ измерялась с использованием пирометра.

Оценку органолептических показателей (запах, вкус, цвет мякиша, состояние поверхности корки, структурно-механические свойства мякиша, структуру пористости) определяли по ГОСТ 5667-65. Качество готовых изделий оценивали через 5 часов после выпечки по следующим физико-химическим показателям: влажность, пористость, удельный объем, формоустойчивость, толщина верхней и нижней корки.



B – точка измерения температуры в подкорковом слое; $Ц$ – точка измерения температуры в центре выпекаемой тестовой заготовки; H – точка измерения температуры в нижней корке

Рисунок 1 – Схема расположения спаев термопар в различных слоях ВТЗ

Влажность определяли по ГОСТ 21094-75, пористость – по ГОСТ 5669-96, удельный объем, формоустойчивость готовых изделий – по методикам, приведенным в источнике [8], толщину верхней и нижней корки измеряли штангенциркулем. Величину упека определяли по формуле, приведенной в источнике [1].

Балльную оценку качества готовых изделий, которая комплексно отражает (в баллах) наиболее важные показатели качества хлеба, определяемые органолептическими и объективными методами анализа, и учитывает весомость (значимость) каждого показателя, проводили согласно рекомендациям [8]. Оценку каждого показателя проводили по пятибалльной шкале. Качество хлеба оценивали как сумму баллов всех оцениваемых показателей с учетом коэффициентов весомости каждого показателя.

Для исследования влияния температурных и влажностных характеристик теплоносителя рабочей камеры пароконвекционного аппарата на качество готовых изделий из ржано-пшеничного теста проведены 3 серии выпечек заготовок круглой формы массой 900 г (тесто готовилось по рецептуре хлеба «Соломенский» с использованием жидкой закваски с завариванием части муки на производственном участке № 3 ОАО «Булочно-кондитерская компания «Домочай» г. Могилев), а именно:

- 1 этап выпечек проводился без увлажнения греющей среды, диапазон варьирования температуры греющей среды составлял 200–230 °С;
- 2 этап выпечек проводился при увлажнении греющей среды на протяжении всего периода выпечки при различных температурах. Значения относительной влажности теплоносителя – 45, 60 и 70 %, температуры – 200 и 210 °С;
- 3 этап выпечек проводился при увлажнении греющей среды в I периоде и в III периоде, II период – без увлажнения, при различных температурах.

При проведении 1 этапа выпечек принималась следующая температура греющей среды: 200 °С – в опыте 1; 210 °С – в опыте 2; 220 °С – в опыте 3; 230 °С – в опыте 4. Его результаты представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1 – Изменение в процессе выпечки параметров «центр мякиша/поверхность» ВТЗ при различной температуре неувлажненной греющей среды в пекарной камере

Время, τ , мин	Опыт 1		Опыт 2		Опыт 3		Опыт 4	
	t , °С	$dt/d\tau$	t , °С	$dt/d\tau$	t , °С	$dt/d\tau$	t , °С	$dt/d\tau$
0	27,5/27,0	0/0	27,0/29,0	0/0	28,4/29,6	0/0	31,8/30,8	0/0
3	30,6/106,4	3,1/79,4	32,0/106,3	5,0/77,3	30,6/115,5	2,2/85,9	32,8/123,2	1,0/92,4
6	34,8/115,5	4,2/9,1	37,2/123,2	5,2/16,9	35,5/131,3	4,9/15,8	37,1/137,9	4,3/14,7
9	42,5/131,3	7,7/15,8	45,5/143,5	8,3/20,3	43,6/143,5	8,1/12,2	47,0/152,8	9,9/14,9
12	52,1/149,6	9,6/18,3	54,6/155,9	9,1/12,4	50,8/155,9	7,2/12,4	54,9/161,1	7,9/8,3
15	64,9/154,7	12,8/5,1	67,3/162,2	12,7/6,3	61,7/164,1	10,9/8,2	63,2/167,8	8,3/6,7
18	74,1/156,2	9,2/1,5	75,5/166,4	8,2/4,2	73,3/176,9	11,6/12,8	75,7/178,3	12,5/3,5
21	80,4/160,1	6,3/3,9	83,5/171,5	8,0/5,1	84,2/178,1	10,9/1,2	83,2/179,9	7,5/1,6
24	87,4/165,9	7,0/5,8	89,5/175,5	6,0/4,0	87,7/181,5	3,5/3,4	88,1/184,2	4,9/4,3
27	93,2/171,4	5,8/5,5	92,8/176,2	3,3/0,7	93,7/185,3	6,0/3,8	92,7/187,5	4,6/3,3
30	95,7/172,2	2,5/0,8	96,0/177,0	3,2/0,8	96,6/189,9	2,9/4,6	95,9/189,1	3,2/1,6

Согласно теории выпечки [1], при достижении температуры внутри ВТЗ 60–70 °С, в ней начинают происходить существенные изменения с основными компонентами муки – крахмалом и белком, приводящие к переходу теста в мякиш хлеба. Анализируя данные, представленные в таблице 1, установлено, что при достижении температуры в центре мякиша выше 60 °С величина $dt/d\tau$ (скорость роста температур между двумя соседними их значениями, зафиксированными в процессе выпечки) постепенно уменьшается. Это говорит о том, что температура в центре мякиша начинает изменяться медленнее. Очевидно, что часть поступающей в ВТЗ тепловой энергии расходуется на преобразования, происходящие в крахмале, т.е. на его клейстеризацию, и в белке – на денатурацию. При этом значительная часть влаги, содержащаяся в тесте, переходит из свободного состояния в связанное. Эти процессы способствуют образованию мякиша. Необходимо отметить, что уменьшение величины происходит в разное время выпечки и зависит от температуры в пекарной камере. Так, при температурах 200 °С и 210 °С уменьшение величины $dt/d\tau$ происходит после 15-й минуты выпечки, а при температурах 220 °С и 230 °С – после 18-й минуты выпечки. Т.е. процессы, связанные с активными преобразованиями основных компонентов муки (крахмала и белка), наступают позже. Это хорошо согласуется с результатами изменений температуры, происходящих в поверхностных слоях ВТЗ.

В литературе [1] отмечается, что в неувлажненной атмосфере пекарной камеры, имеющей температуру выше 200 °С, поверхностный слой ВТЗ начинает интенсивно прогреваться,

быстро теряя при этом влагу. На поверхности ВТЗ вначале образуется тонкая пленка, а при достижении температуры 160 °С – достаточно плотная корка, которая препятствует интенсивному перемещению влаги из центральных слоев ВТЗ во внешнюю среду пекарной камеры. Это приводит к замедлению процессов, происходящих внутри ВТЗ.

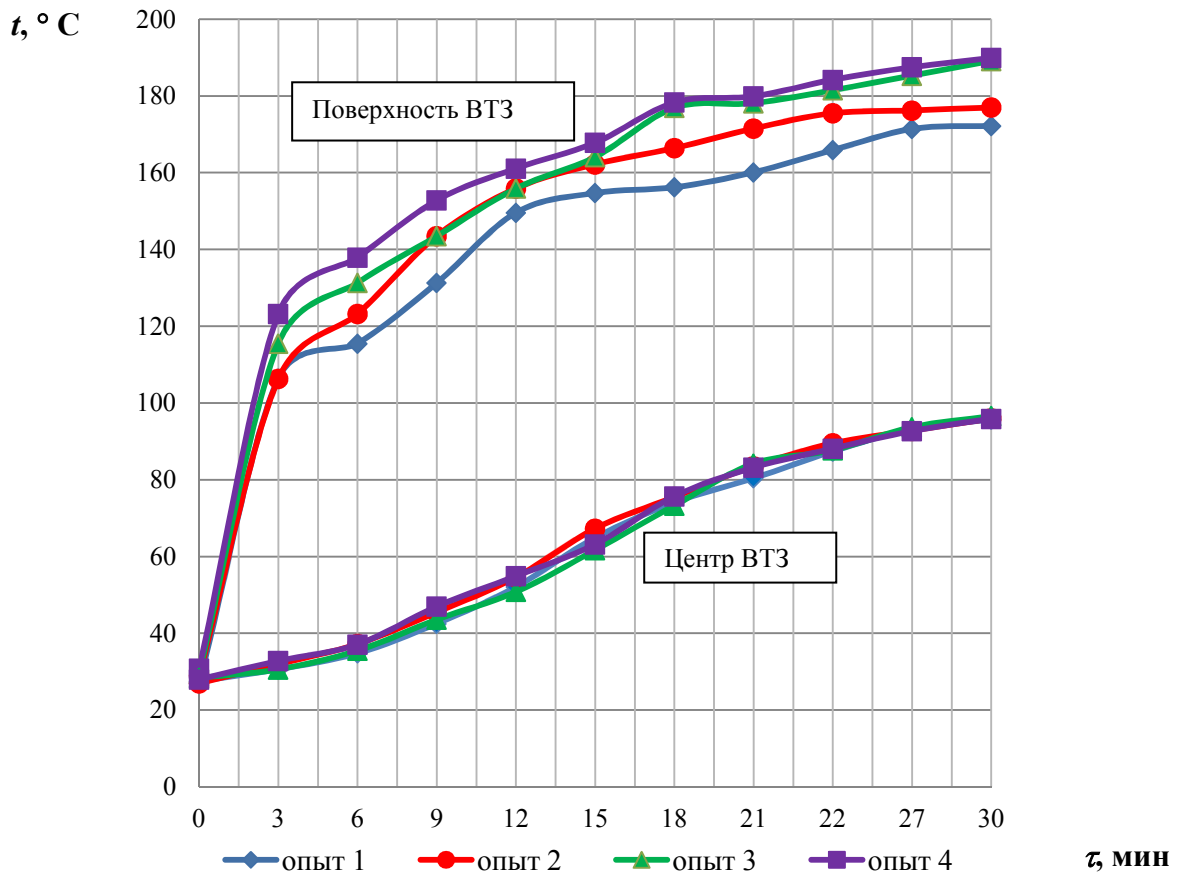


Рисунок 2 – График изменения температур в центре и на поверхности ВТЗ из ржано-пшеничного теста массой 900 г при выпечке без увлажнения греющей среды при разных значениях температуры греющей среды

Анализируя карту температурных полей поверхностных слоев ВТЗ (таблица 1), следует отметить, что температура 160 °С в поверхностном слое ВТЗ достигается в разное время выпечки и зависит от температуры в пекарной камере. Чем выше температура в пекарной камере, тем раньше достигается температура 160 °С в поверхностных слоях, с этого же момента наблюдается уменьшение величины $dt/d\tau$.

Таким образом, можно предположить, что оптимально основные процессы, связанные с формированием мякиша хлеба и приобретения им характерных упруго-эластичных свойств, должны начинаться раньше, чем начнет образовываться плотный слой корки на поверхности ВТЗ. В исследованиях подобная ситуация наблюдается при температуре в пекарной камере 200–210 °С. Причем при температуре 200 °С в пекарной камере наибольшее значение величины $dt/d\tau$ в центре ВТЗ наступает на 15-й минуте выпечки, а температура поверхности достигает более 160 °С на 21-й минуте выпечки. Т.е. разница во времени составляет около 6 минут. Именно за это время происходит интенсивное перемещение влаги во внутренних слоях ВТЗ и формирование мякиша. Происходит как химическое перемещение влаги (переход из свободного в связанное состояние), так и физическое – за счет испарения. При достижении температуры 160 °С в поверхностных слоях эти процессы постепенно замедляются.

При температурах в пекарной камере 220 и 230 °С температура в поверхностных слоях достигает 160 °С раньше, чем происходит достижение максимального значения величины $dt/d\tau$ во внутренних слоях. Следовательно, при данных температурах процессы, связанные с

образованием мякиша, будут происходить медленнее. Таким образом, можно предположить, что образовавшаяся корка снижает скорость тепло- и массообменных процессов в ВТЗ, что замедляет прогрев мякиша и способствует увеличению упека и толщины корки.

На рисунке 3 представлена диаграмма упека изделий, выпеченных при различных температурах в пекарной камере, из которого видно, что при увеличении температуры в пекарной камере упек увеличивается.

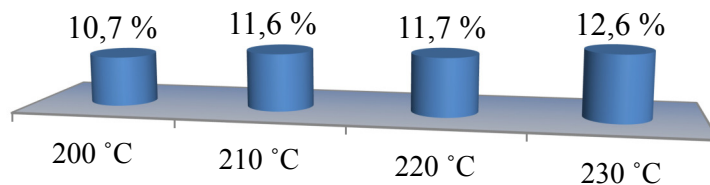


Рисунок 3 – Диаграмма упека изделий, выпеченных при различных температурных режимах без увлажнения греющей среды

Толщины верхней и нижней корки ВТЗ увеличиваются с увеличением температуры в пекарной камере. Толщина верхней корки увеличивается с 2,5 мм у хлеба, выпеченного при температуре 200 °С до 3,5 мм у хлеба, выпеченного при температурах 220–230 °С.

Был проведен анализ показателей качества хлеба, полученного в процессе выпечки при разных температурных режимах. На такие показатели качества, как состояние поверхности корки, структура пористости, разжевываемость, вкус и запах хлеба изменение температуры в пекарной камере в исследуемых пределах существенного влияния не оказало. Однако наиболее существенные изменения фиксировались при оценке окраски корки и формоустойчивости. Окраска корки в результате интенсивного процесса меланоидинообразования на ее поверхности в процессе выпечки при температуре 230 °С становилась интенсивно коричневой, а толщина корки увеличивалась. Анализ органолептических показателей качества показал, что при выпечке хлеба в неувлажненной пекарной камере поверхность корки характеризовалась как матовая, т.е. без глянца, что значительно ухудшает потребительские характеристики изделия. Из теории выпечки известно, что глянец поверхности корки можно достичь путем увлажнения греющей среды пекарной камеры.

Таким образом, проведя первую серию выпечек (в неувлажненной пекарной камере) при различных температурах, можно сделать следующие выводы:

- выпечку ржано-пшеничных изделий в ротационных печах следует проводить при температуре 200 °С, что делает процесс менее энергоемким и более эффективным с точки зрения перехода теста в хлебный мякиш;
- выпечка в неувлажненной пекарной камере при температурах выше 200 °С приводит к увеличению технологических затрат на упек, то есть снижает выход готовой продукции;
- выпечка в неувлажненной пекарной камере при постоянной температуре теплоносителя не способствует образованию глянца на поверхности изделий, что снижает потребительские характеристики готовой продукции.

Учитывая вышеизложенное, на следующем этапе исследований нами изучалось влияние степени увлажнения в пекарной камере.

На втором этапе работы было исследовано влияние влажностных режимов, созданных в процессе выпечки, на качество готовых изделий и величину упека. Исследования проводили при температуре 200 °С, и в пекарной камере на протяжении всего времени выпечки поддерживалась относительная влажность греющей среды (φ): 45 % – в опыте 1; 60 % – в опыте 2; 70 % – в опыте 3. Пролжительность выпечки определяли по достижению температуры в центре мякиша ВТЗ 94–96 °С.

Результаты исследований представлены в таблице 2 и на рисунке 4.

Таблица 2 – Изменение в процессе выпечки параметров «центр мякиша/поверхность» ВТЗ при выпечке с увлажнением греющей среды при температуре 200 °С

Время, τ , мин	Опыт 1		Опыт 2		Опыт 3	
	t , °С	$dt/d\tau$	t , °С	$dt/d\tau$	t , °С	$dt/d\tau$
0	31,1/29,0	0/0	31,1/32,0	0/0	30,4/26,0	0/0
3	32,1/106,6	1,0/77,6	33,0/115,0	1,9/83,0	34,2/105,9	3,8/79,9
6	34,2/133,1	2,1/26,5	35,3/123,8	4,2/8,8	40,5/121,3	6,3/15,4
9	39,3/142,3	5,1/9,2	42,4/133,3	7,1/9,5	47,8/130,9	7,3/9,6
12	47,5/146,2	8,2/3,8	51,2/149,2	8,8/15,9	58,2/138,5	10,4/7,6
15	53,5/154,0	6,0/7,8	62,6/154,4	11,4/5,2	69,2/142,2	11,0/3,7
18	64,5/161,8	11,0/7,8	73,1/156,3	10,5/1,9	77,8/144,4	8,6/2,2
21	74,1/162,9	9,6/1,1	82,8/159,2	9,7/2,9	83,9/148,4	6,1/4,0
24	82,5/164,2	8,4/1,3	90,4/164,8	7,6/5,6	88,7/145,9	4,8/-2,5
27	89,4/166,8	6,9/2,6	94,2/161,0	3,8/-3,8	92,5/142,0	3,8/-3,9
30	93,7/167,0	4,3/0,2	96,2/159,5	2,0/-1,5	96,0/145,2	3,5/-6,8

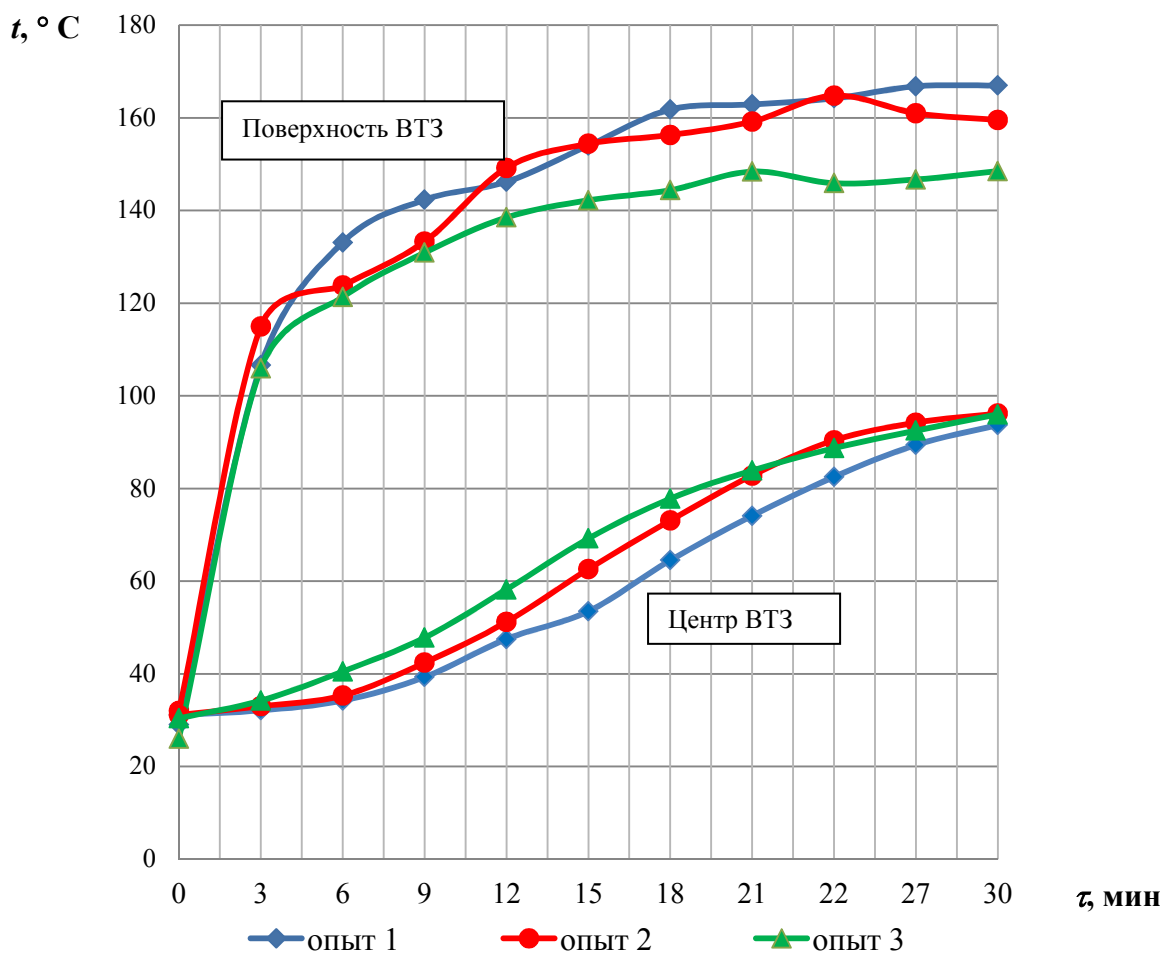


Рисунок 4 – График изменения температур в центре и на поверхности ВТЗ из ржано-пшеничного теста массой 900 г при выпечке с увлажнением греющей среды при температуре 200 °С

Анализируя представленные данные, можно отметить, что при температуре $t = 200$ °С и $\varphi = 60$ % величина $dt/d\tau$ имела наибольшее значение на 15-й минуте, а температура поверхности ВТЗ достигла 160 °С на 24-й минуте, т.е. разница во времени составила 9 минут. За это время в тестовой заготовке активно происходят процессы, связанные с изменениями основ-

ных компонентов муки. Таким образом, можно сделать вывод, что при увеличении относительной влажности в пекарной камере скорость прогрева центра ВТЗ увеличивается, при этом снижается скорость образования корки. Разница во времени, когда центральные слои прогреваются быстрее, чем поверхностные (как было отмечено ранее), способствует интенсификации процессов, связанных с переходом теста в мякиш. Следовательно, режим увлажнения рабочей камеры до относительной влажности 60 % при температуре 200 °С является наиболее оптимальным.

При увлажнении пекарной камеры до $\varphi = 70 \%$ процессы, связанные с формированием мякиша, осуществлялись достаточно интенсивно, но повышенная конденсация влаги на поверхности не способствовала образованию корки, присущей ржано-пшеничным изделиям.

Анализ температурных полей при различных влажностных режимах в пекарной камере хорошо согласуется с показателями, характеризующими качество хлеба, а, следовательно, и процесс выпечки. Исследования показали, что при температуре в пекарной камере 200 °С и увеличении относительной влажности с 45 % до 70 % среды упек изделий уменьшается с 10,4 % до 8,9 %.

Диаграмма балльной оценки качества готовых изделий представлена на рисунке 5 и наглядно отражает влияние относительной влажности теплоносителя на отдельные показатели качества хлеба.

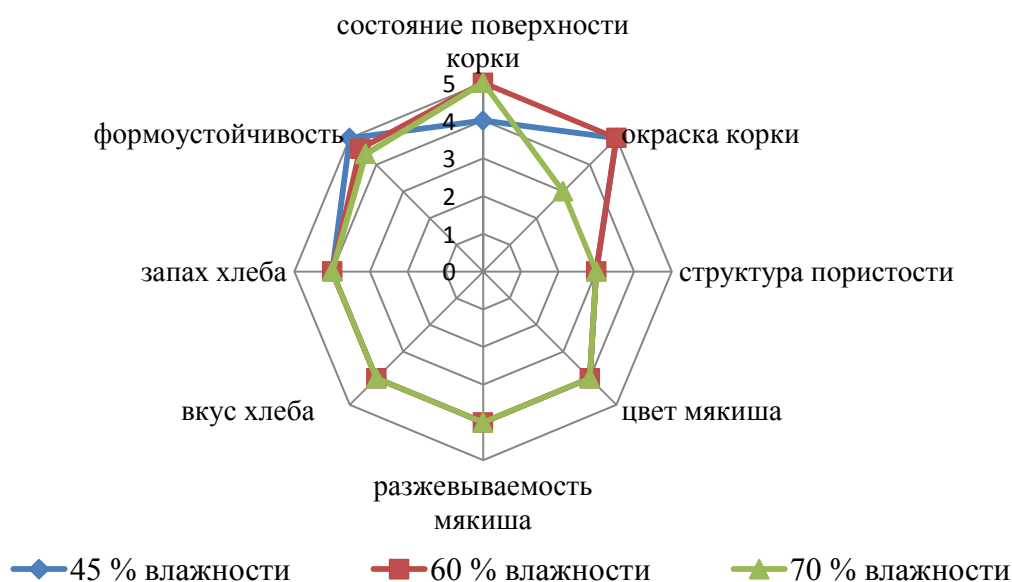


Рисунок 5 – Диаграмма балльной оценки качества готовых изделий, выпеченных при температуре 200 °С и различной относительной влажности греющей среды

Таким образом, наибольшее влияние изменение температуры и относительной влажности в пекарной камере оказывает на окраску корки, состояние поверхности и формоустойчивость изделия. На такие показатели качества, как цвет, разжевываемость, структура пористости мякиша, вкус и аромат изменение температуры и относительной влажности в пекарной камере в данной серии выпечек большого влияния не оказывает. Также следует отметить, что с увеличением влажности в пекарной камере толщина верхней корки уменьшается с 3 мм до 1,5 мм.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что наилучшими параметрами рабочей камеры при выпечке ВТЗ круглой формы из ржано-пшеничного теста массой 900 г с постоянным пароувлажнением рабочего объема являются $t = 200 \text{ }^\circ\text{C}$ и $\varphi = 60 \%$, время выпечки 30 минут, при этом обеспечивается получение хлеба, соответствующего требованиям качества согласно СТБ 639-95.

С целью снижения удельных энергозатрат за счет сокращения расхода пара на третьем этапе работы нами была определена оптимальная продолжительность пароувлажнения пе-

карной камеры в начальный и конечный периоды выпечки.

Для проведения данной выпечки был спланирован эксперимент с помощью пакета программ «Statgraphics Plus». В качестве переменных факторов были выбраны начальное и конечное время увлажнения пекарной камеры, минимальное время увлажнения – 1 минута, максимальное – 5 минут.

Анализируя полученные экспериментальные данные, можно отметить, что величина $dt/d\tau$ при продолжительности начального увлажнения 1 мин и конечного – 1, 3, 5 минут достигла наибольшего значения на 15-й минуте. На этой же минуте температура поверхности ВТЗ при данных параметрах выпечки составила примерно 160–165 °С. Аналогично изменялась температура ВТЗ и при продолжительности начального увлажнения 3 мин и конечного – 1 мин: величина $dt/d\tau$ в центре ВТЗ имела наибольшее значение на 15-й минуте выпечки, и на этой же минуте температура поверхности ВТЗ составила примерно 165 °С. Необходимо отметить, что при продолжительности начального увлажнения 3 минуты и конечного 3 и 5 минут максимальное значение величины $dt/d\tau$ наблюдалось на 15-й минуте, в то время как формирование корки завершилось на 18-й минуте. Таким образом, можно сказать, что данные режимы выпечки ржано-пшеничных изделий являются оптимальными, а во втором случае – более эффективными.

Получено, что при продолжительности начального увлажнения 5 минут и конечного 1 минута максимальное значение величины $dt/d\tau$ в центре ВТЗ достигло на 12-й минуте, при этом температура поверхности ВТЗ достигла 161 °С на 15-й минуте. При увлажнении пекарной камеры в конце выпечки 3 и 5 минут величина $dt/d\tau$ имела наибольшее значение на 15-й минуте, а температура поверхности ВТЗ 160 °С и 166 °С достигла на 15-й и 18-й минуте выпечки соответственно. Таким образом, данные режимы выпечки также являются оптимальными.

Согласно теории выпечки, конденсация пара на поверхности ВТЗ может продолжаться до момента, пока температура поверхности не достигнет температуры точки росы. Время конденсации составляет 1,5–3 мин, после чего начинается испарение влаги с поверхности изделий. За это время тонкая пленка клейстеризованного крахмала с растворенными декстринами заполняет поры и выравнивает шероховатости на поверхности, создавая гладкую, эластичную, гляцевитую поверхность ВТЗ [6]. Результаты проведенных исследований хорошо согласуются с теорией, изложенной И. И. Маклюковым.

Для более объективного и обоснованного выбора наиболее оптимальных режимов выпечки нами была проведена оценка показателей качества готовых изделий.

В таблице 3 представлены показатели качества готовых изделий для данной серии выпечек.

Таблица 3 – Показатели качества готовых изделий

№ опыта	Начальное увлажнение, мин	Конечное увлажнение, мин	Удельный объем, см ³ /100 г	Формоустойчивость	Упек, %
1	1	1	220,57	0,42	10,72
2	3	1	228,50	0,42	10,17
3	5	1	238,00	0,44	9,90
4	1	3	219,70	0,43	10,65
5	3	3	221,70	0,43	10,23
6	5	3	228,60	0,45	9,77
7	1	5	221,50	0,41	10,36
8	3	5	228,67	0,43	9,92
9	5	5	233,30	0,46	9,62

Обобщив результаты проведенных экспериментов можно сделать следующий вывод: наиболее оптимальная продолжительность начального и конечного пароувлажнения пекарной камеры составляет 3–5 минут.

Заключение

На основании проведенных экспериментальных исследований для достижения наилучших показателей качества ржано-пшеничных изделий рекомендуются следующие технологические режимы их выпечки в пароконвекционных аппаратах:

1) рекомендуемые параметры выпечки: температура в рабочей камере аппарата 200 °С, относительная влажность воздуха 60 %, время выпечки зависит от массы и формы выпекаемой тестовой заготовки (упек 9,5 %, толщина верхней корки – 2 мм);

2) целесообразно регулировать параметры паровоздушной среды в рабочей камере аппарата в I и III периодах выпечки;

3) для достижения наилучших показателей качества ржано-пшеничных изделий и снижения удельных энергетических затрат рекомендуются следующие режимы выпечки:

– I период – относительная влажность воздуха 60 %, температура воздуха в пекарной камере 200 °С, продолжительность периода 3 – 5 минут;

– II период – температура воздуха в пекарной камере 200 °С без его увлажнения, продолжительность периода зависит от массы и формы выпекаемой тестовой заготовки.

– III период – относительная влажность воздуха 60 %, температура воздуха в пекарной камере 200 °С, продолжительность периода 3 – 5 минут.

Проведенные экономические расчеты показали, что при использовании ротационных печей для выпечки ржано-пшеничных подовых сортов хлеба себестоимость снижается на 2,7 % по сравнению с себестоимостью хлеба, выпеченного в традиционных тоннельных и тупиковых печах.

Литература

- 1 Ауэрман, Л.Я. Технология хлебопекарного производства: учебник / Л.Я. Ауэрман; под ред. Л.И. Пучковой. – 9-е из., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: Профессия, 2002. – 416 с.
- 2 Пашук, З.Н. Технология производства хлебобулочных изделий: справочник / З.Н. Пашук, Т.К. Апет, И.И. Апет. – СПб.: ГИОРД, 2009. – 400 с.
- 3 Пашенко, Л.П. Технология хлебобулочных изделий / Л.П. Пашенко, И.М. Жаркова. – М.: КолосС, 2008. – 389 с.
- 4 Брызун, В.А. Теплотехнические аспекты эффективной выпечки пшеничных хлебобулочных изделий / В.А. Брызун, В.И. Маклюков, М.Ф. Бочарников. – Москва: Пищепромиздат, 2004. – 272 с.
- 5 Брызун, В.А. Новое о закономерностях выпечки хлебобулочных изделий / В.А. Брызун, В.И. Маклюков, М.Ф. Аднодворцев // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2007. – № 5. – С. 4–7.
- 6 Маклюков, И.И. Промышленные печи хлебопекарного и кондитерского производства. / И.И. Маклюков, В.И. Маклюков. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 272 с.
- 7 Кирик, А.В. Тепловая обработка подовых хлебобулочных изделий в движущейся паровоздушной среде в аппаратах периодического действия: дис. канд. техн. наук: 05.18.12 / А.В. Кирик; научн. рук. А.В. Иванов, Могилевский гос. университет продовольствия. – Могилев: МГУП, 2013. – 211 с.
- 8 Пучкова, Л.И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства. / Л.И. Пучкова. – 4-е изд. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 264 с.

Поступила в редакцию 30.10.2017