

УДК 663

## ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПЕЧКИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМ НАГРЕВОМ

### DIELECTRIC HEATING BAKING TECHNOLOGY

Н. Т. Уездный, И. Г. Ершова

N. T. Uezdny, I. G. Ershova

*ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Чебоксары*

**Аннотация.** Представлена технология выпечки хлебобулочных изделий с использованием энергии электромагнитных излучений сверхвысокочастотного диапазона и конструктивное исполнение установки для ее реализации.

**Abstract.** The article provides the technology for baking by means of energy of microwave electromagnetic radiation and the design for the unit.

**Ключевые слова:** *сверхвысокочастотная установка, эндогенный нагрев, хлебобулочные изделия, технологическая линия.*

**Keywords:** *microwave unit, endogenous heating, bakery products, technological line.*

**Актуальность исследуемой проблемы.** Объем рынка хлебобулочных изделий и продаж продукции с каждым годом растет на 30...35 % в стоимостном выражении. В 2013 году ожидается двукратное увеличение рынка [2].

В настоящее время приоритетным направлением технической политики агропромышленного комплекса является разработка системы перспективных мер по насыщению товаропроизводителей высококачественной и надежной техникой. Поэтому для снижения энергетических затрат на производство хлебобулочных изделий необходимо внедрять прогрессивные технологии и технические средства с использованием нетрадиционных источников энергии, в том числе со сверхвысокочастотным (СВЧ) энергоподводом.

**Материал и методика исследований.** В теоретических исследованиях применены основы теории электромагнитного поля, теории процесса диэлектрического нагрева. Экспериментальные исследования в лабораторных и производственных условиях проводились в соответствии с разработанными частными методиками и базируются на разработке эффективных технологических процессов и установки для термообработки тестовых заготовок. Качество продукта оценивали по органолептическим, микробиологическим и физико-химическим показателям.

Объектом исследования являются СВЧ-установка и метод технологического воздействия на тестовые заготовки для выпечки хлебобулочных изделий.

Предметом исследования является выявление закономерностей процесса эндогенного нагрева тестовых заготовок, находящихся в движущихся резонаторных камерах СВЧ-установки.

Целью настоящей работы является разработка и обоснование параметров установки для выпечки хлебобулочных изделий диэлектрическим нагревом.

Разработана операционно-технологическая схема выпечки хлебобулочных изделий, и представлено соответствующее конструктивное исполнение установки с СВЧ-энергоподводом (заявка на изобретение № 2013105921 от 12.02.2013 г.).

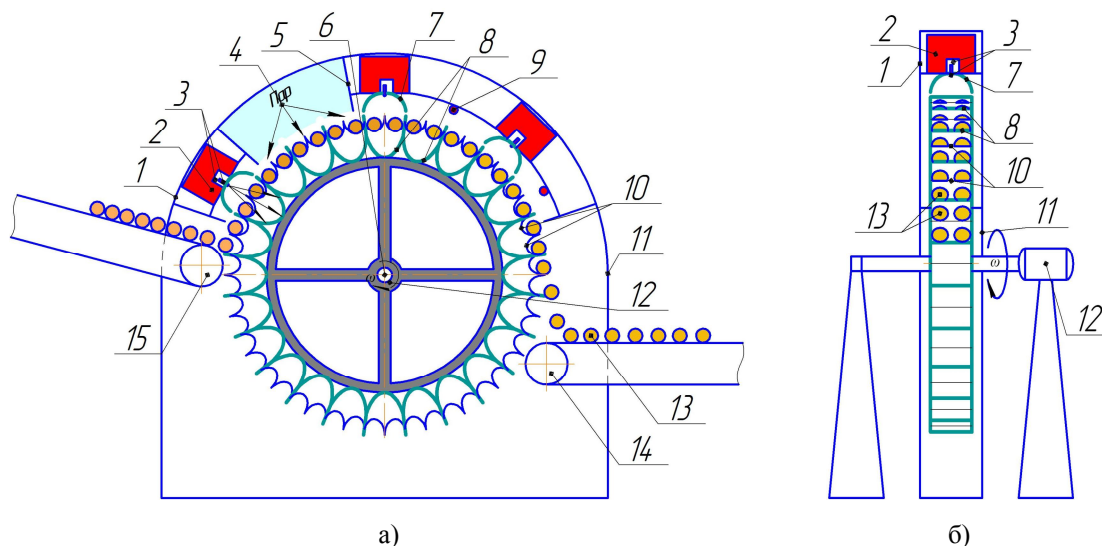
Известен способ производства бараночных изделий с использованием СВЧ-энергии (патент 2422018 от 27.06.2011 г., бюл. № 18) [1]. Недостатком данного способа является то, что при нахождении СВЧ-генератора во влажной среде резко ухудшается его надежность эксплуатации, а тестовые заготовки подвергаются тепловой обработке только за счет краевого эффекта электромагнитных излучений (ЭМИ), так как транспортируются они не через резонаторную камеру, где сконцентрирован максимальный поток мощности ЭМИ. Следовательно, термический КПД очень низкий, а энергетические затраты на термообработку достаточно высокие.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Технической задачей является разработка установки с использованием СВЧ-энергии, обеспечивающей интенсификацию процесса термообработки тестовых заготовок для создания пористой структуры и улучшения качества хлебобулочных изделий при сниженных энергетических затратах.

Указанный технический результат достигается тем, что СВЧ-установка для термообработки хлебобулочных изделий содержит внутри экранного цилиндрического корпуса ротор, на всей боковой поверхности которого установлены полуцилиндрические резонаторные камеры с диэлектрическими люльками. Причем над верхней половиной ротора установлены генераторные блоки с излучателями, содержащие жестко закрепленные полуцилиндрические резонаторные камеры, при этом излучатели направлены со стороны их боковой поверхности. При вращении ротора за счет мотора-редуктора полуцилиндрические резонаторные камеры образуют цилиндрические. Между первым и вторым генераторными блоками имеются экранирующие перегородки, внутри которых установлена система подачи пара, а между последующими генераторными блоками установлены лампы-гриль. На боковой поверхности цилиндрического экранного корпуса с противоположной стороны имеются отверстия для монтажа подающего и приемного транспортеров.

СВЧ-установка для термообработки хлебобулочных изделий содержит следующие элементы (рис. 1): цилиндрический экранный корпус 1, генераторный блок 2 с магнетроном 3, систему подачи острого пара 4, изолированную экранными перегородками 5, ротор 6, резонаторные камеры из двух полуцилиндров 7 и 8, лампы-гриль 9, диэлектрические люльки 10. Внутри цилиндрического экранного корпуса 1 расположены генераторные блоки 2 с магнетроном 3. Цилиндрический экранный корпус 1 расположен так, что его ось находится параллельно горизонтальной плоскости. Между двумя генераторными блоками 2 имеются перегородки 5, ограждающие систему обеспечения подачи острого пара 4 для ошпарки тестовой заготовки. Под каждый генераторный блок жестко закреплены верхние полуцилиндрические резонаторные камеры 7 так, что излучатель 3 направлен со стороны боковой поверхности вовнутрь полуцилиндра. Внутри экранного корпуса 1 концентрически расположен ротор 6, на боковой поверхности которого установлены нижние полуцилиндрические резонаторные камеры 8. Между остальными генераторными блоками 2 расположены лампы-гриль 9. Внутри каждой нижней полуцилиндрической

резонаторной камеры 8 установлены диэлектрические люльки 10. Каждое основание цилиндрического экранного корпуса 11 собрано из полукруга и прямоугольной плоскости на монтажном каркасе, обеспечивающем опору. Ротор 6 вращается за счет мотора-редуктора 12. Подача тестовых заготовок в диэлектрические люльки осуществляется с помощью подающего транспортера 15, а прием готовых хлебобулочных изделий – с помощью приемного транспортера 14.



**Рис. 1. СВЧ-установка для выпечки хлебобулочных изделий:**  
 а – вид спереди, при открытом основании экранного корпуса,  
 б – вид сбоку, при открытой боковой поверхности цилиндрического экранного корпуса;  
 1 – цилиндрический экранный корпус, 2 – генераторный блок, 3 – магнетрон с излучателем,  
 4 – система подачи острого пара, 5 – экранные перегородки, 6 – ротор,  
 7 – верхние полуцилиндрические резонаторные камеры,  
 8 – нижние полуцилиндрические резонаторные камеры, 9 – лампы-грель,

Процесс термообработки тестовых заготовок осуществляется следующим образом. С помощью мотор-редуктора 12 включают ротор 6. Далее включают подающий транспортер 15. После формования тестовые заготовки с помощью подающего транспортера поступают в диэлектрические люльки 10. Одновременно включают СВЧ-генераторы 2 с магнетроном 3 и систему подачи острого пара 4. Тестовые заготовки, находящиеся в диэлектрических люльках 10, при вращении ротора 6 попадают в цилиндрические резонаторные камеры 7 и 8, где подвергаются воздействию электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ), эндогенно нагреваются, происходит восстановление и формирование пористой структуры, т. е. *расстойка*. В результате воздействия ЭМП СВЧ происходит интенсивное испарение воды, что приводит к образованию равномерной пористости по всему объему тестовых заготовок. Далее в процессе вращения ротора 6 тестовые заготовки, находящиеся под системой подачи пара 4, подвергаются *ошпарке* насыщенным водяным паром низкого давления. Внутри тестовых заготовок и наиболее полно на поверхности в процессе ошпарки происходят денатурация белковых веществ и

клейстеризация крахмала. Денатурация белков закрепляет в конце ошпарки достигнутый объем заготовки, клейстеризация крахмала на поверхности обеспечивает блестящую поверхность. Бродильная микрофлора теста при эндогенном нагреве напряженностью выше 1 кВ/см погибает. Далее после ошпарки тестовые заготовки опять попадают в резонаторную камеру, где осуществляются эндогенный нагрев более высокой скоростью и частичная выпечка хлебобулочных изделий без пара, так как в процессе ошпарки заготовки уже достаточно увлажнились. Выходя за пределы резонаторной камеры (ЭМП СВЧ), давление и температура по объему продукта выравниваются, а также происходит экзогенный нагрев за счет ламп-гриль 9, способствующий дальнейшему выпеканию. Для увеличения производительности установки предусмотрено чередование нескольких генераторных блоков с грилем 9. Готовые хлебобулочные изделия 13 выгружаются на приемный транспортер 14.

Получены положительные результаты исследований процесса расстойки тестовых заготовок в ЭМП СВЧ. Выявлены основные конструктивные размеры установки, в том числе горизонтально расположенного цилиндрического экранного корпуса шириной 0,4 м, диаметром 2,2 м, цилиндрической резонаторной камеры диаметром 12,24...18 см, длиной 24,5 см. Предварительно обоснованы режимы работы установки производительностью 30...35 кг/ч, потребляемой мощностью 5 кВт, продолжительность полного цикла – 17 мин, выпечки – 12 мин, длина пути – 5 м, полезная длина рабочей камеры – 3,5 м, частота вращения мотора-редуктора – 0,06 об./мин. Критерий оценки исследования: улучшение качества хлебобулочных изделий при сниженных энергетических затратах на выпечку с 0,8 до 0,2 кВт·ч/кг. Конечные результаты – изготовление лабораторного образца производительностью 30...35 кг/ч, потребляемой мощностью 5 кВт и испытание в сельских хлебопекарнях.

**Резюме.** Разработан способ повышения надежности и эффективности функционирования технологического агрегата для выпечки хлебобулочных изделий диэлектрическим нагревом, позволяющий снизить энергетические затраты на процесс до 4 раз.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Патент 2422018 РФ, МПК А21D13/08. Способ производства бараночных изделий с использованием СВЧ энергии / И. Т. Кретов, С. В. Шахов, Р. В. Лазарев ; патентообладатель – ГОУ ВПО «ВГТА». – № 2010110960/13; заявл. 22.03.2010; опубл. 27.06.2011 г. Бюл. № 18. – 9 с.
2. Стешина, О. В. Обзор российского рынка замороженных хлебобулочных изделий [Электронный ресурс] / О. В. Стешина // Russian Food&Drinks Market Magazine. – Режим доступа: <http://www.foodmarket.spb.ru>.