

Máquina tortilladora para pruebas de laboratorio

Julio César Araiza Ortiz

Instituto Tecnológico de Celaya
cesar-255@hotmail.com

Cutberto Serrano González

Instituto Tecnológico de Celaya
sonyc_99@hotmail.com

Juan José Martínez Nolasco

Instituto Tecnológico de Celaya
juan.martinez@itcelaya.edu.mx

Arnoldo Maeda Sánchez

Instituto Tecnológico de Celaya
arnoldo.maeda@itcelaya.edu.mx

Resumen

Se presenta el diseño de una máquina tortilladora compacta de comales giratorios con eje vertical. La cocción de la tortilla es llevada a cabo en tres etapas, mediante un limitador de flujo de gas se controla la temperatura de la flama en cada una y el control del tiempo de cocción mediante la velocidad de giro del eje central; variando los parámetros dependiendo el grosor de la tortilla y el tipo de harina empleada.

Palabra(s) Clave(s): Compacta, control, temperatura, tortilladora, velocidad,

1. Introducción

La industria alimentaria ha evolucionado hoy en día, particularmente lo que se refiere a la producción de alimentos de origen natural elaborados a partir de elementos orgánicos que ofrecen mayores ventajas nutrimentales a los consumidores. Tal es el caso de las tortillas, que elaboradas de maíz se estima un consumo per cápita es de aproximadamente 120 kg. Por ello, es una de las más importantes industrias del país, siendo un alimento básico en la dieta diaria de la población. Las ventas anuales de la industria de la tortilla son de cuatro billones de dólares. Generalmente las tortillas son consumidas el mismo día de su producción [1,8].

Si bien este sector tiene un mercado con preferencias muy variadas, tanto por aspectos culturales como también en cuanto a su sabor, formulación y cocimiento; otros granos que pueden ser utilizados para la elaboración de tortillas, no cuentan con amplios estudios de sus características sensoriales que les permita introducirse al mercado de forma competitiva y con la aceptación de los consumidores.

Por lo anterior, resulta necesario contar con equipo de laboratorio que permita llevar a cabo esta tarea de caracterización, en aras de establecer las formulaciones de masa, así como temperaturas y tiempos de cocimiento que brinden una posibilidad viable de producir y ofrecer productos alternativos en las tortillerías; es decir, que no sólo expandan tortillas de tipos y sabores variados sin caer en la necesidad de invertir en maquinaria especializada.

Así mismo, con el crecimiento de la población y su desplazamiento, del medio rural a la zona urbana, aumentó la demanda de producción de tortillas y requirió que ésta se agilizará con máquinas que cubrieran las necesidades del mercado. La tecnología de las máquinas tortilladoras fue netamente mexicana, por lo que, aunque no fuera conscientemente, se tomó en cuenta la ergonomía, al considerarse las características antropométricas de los mexicanos para construir dichas máquinas.

Por otra parte, las máquinas de producción de alimentos deben poseer los requisitos de ciertas normas de salubridad como la norma oficial mexicana NOM-19-ENER-2009 que

presenta las especificaciones en cuanto la eficiencia térmica y eléctrica, así como los límites, métodos de prueba y el marcado [18].

La temperatura y el esfuerzo aplicado a los comales influyen en las características del comportamiento bajo fluencia en caliente, tal como se aprecia en la figura 1 (a) se muestra una familia de curvas en un ensayo a temperatura constante y a diversos esfuerzos; en (b) se mantiene constante el esfuerzo y se varía la temperatura. A temperaturas sustancialmente inferiores a $0,4T_M$ (T_M temperatura de fusión) [10] y después de la deformación inicial, la deformación es virtualmente independiente del tiempo. [16].

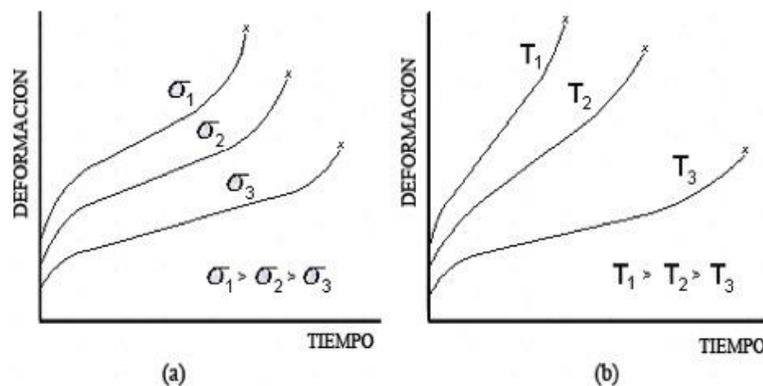


Fig. 1. Análisis deformación-tiempo.

Las tortillas son cocidas a temperaturas que varían de 280 a 302° C, en hornos en los cuales el tiempo de residencia es de 20 a 40 s, a una presión de 1 atmósfera. Cada lado de la tortilla es cocido dos veces por un periodo aproximado de 15 s. Durante el horneado, se producen pérdidas de humedad del 10 al 12%, para producir tortillas con 38 a 46 % de humedad [19].

Tan sólo de 1903 a 1910 se registraron 78 patentes de nixtamal y 100 patentes de herramientas, aditamentos, refacciones, diseños y métodos para fabricar máquinas tortilladoras [4, 5, 6,13]. Y actualmente existen varias empresas dedicadas a la fabricación de tortillas como Promomac, Lenin, Celorio, entre otras. [9, 10, 11].

El Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Celaya cuenta en sus laboratorios de Ingeniería Bioquímica uno destinado a la realización de pruebas sensoriales, y una de las proyecciones del mismo es ampliar su capacidad al mercado de las tortillas, tanto para el desarrollo de nuevas formulaciones, como para brindar la asesoría técnica a tan importante sector. Como el estudio que presenta Vázquez Carillo [7] o el programa de apoyo para la producción de tortillas de harina de sorgo blanco como la SAGARPA y empresas como MINSAL y BIMBO [15].

2. Desarrollo

Para definir el concepto de la máquina se apegaron los trabajos al proceso de diseño tradicional, por lo que se investigó sobre el estado del arte para generar una lluvia de ideas, valorarlas y establecer las características que cubrían los requerimientos de la misma.

Dentro de las necesidades que se establecieron para el desarrollo del diseño, se incluyó el control tanto de la temperatura, como de la velocidad para determinar el tiempo de cocimiento; de igual forma, se consideró el espacio que podría ocupar ésta, sin que ello representara un sacrificio importante del área disponible en el laboratorio. De esta forma se concluyó que la configuración más indicada era la de tipo horno vertical con comales giratorios.

Todas las máquinas que procesan alimentos deben cumplir requisitos de salubridad para que no se vean afectadas las propiedades de éstos debido al contacto directo con los elementos mecánicos y les contamine.

De igual forma se tiene que vigilar el costo de la misma, por lo que se emplearon elementos comerciales, de fácil acceso; por lo que se decidió que se utilizaron comales comerciales (ver Fig. 2) y un eje macizo de acero inoxidable.



Fig. 2. Comal de acero inoxidable.

Para sujetar los comales con el eje se utilizaron bridas (ver Fig. 3), las cuales se maquinaron para adecuar sus dimensiones y la forma de unir las con el comal.



Fig. 3. Brida para fijación del comal.

Para evitar la deformación de los comales se colocaron 16 soleras distribuidas uniformemente bajo los comales y para que no se peguen las tortillas se les aplica un antiadherente especial.

La sujeción del eje con la estructura se hizo mediante dos chumaceras con opresor. Para la fuente de calor se utilizaron quemadores hexagonales (ver Fig. 4) con dos tomas de gas cada uno, asegurando de esta forma que la flama obtenida fuera lo más uniforme posible.



Fig. 4. Quemador hexagonal.

El cabezal que se utilizó fue de la empresa González (ver Fig. 5) el cual contiene un cortador de 15 centímetros de diámetro, el necesario para la medida de la tortilla estándar a elaborar.



Fig. 5. Cabezal.

La banda al igual que el comal, también es hecha de acero inoxidable con dimensiones .30 x .20 m, justo para que desplace la tortilla del cabezal al primer comal.

El motor utilizado para el movimiento del eje es un motor de 12 VCD para el cual la velocidad es controlada mediante modulación de ancho de pulso, utilizando el circuito

que aparece a continuación (ver Fig. 6); el cual permite variar mediante un potenciómetro la velocidad desde un estado de paro hasta el máximo posible del motor, sin que esto represente un detrimento de la potencia suministrada en cualquier valor de velocidad [17].

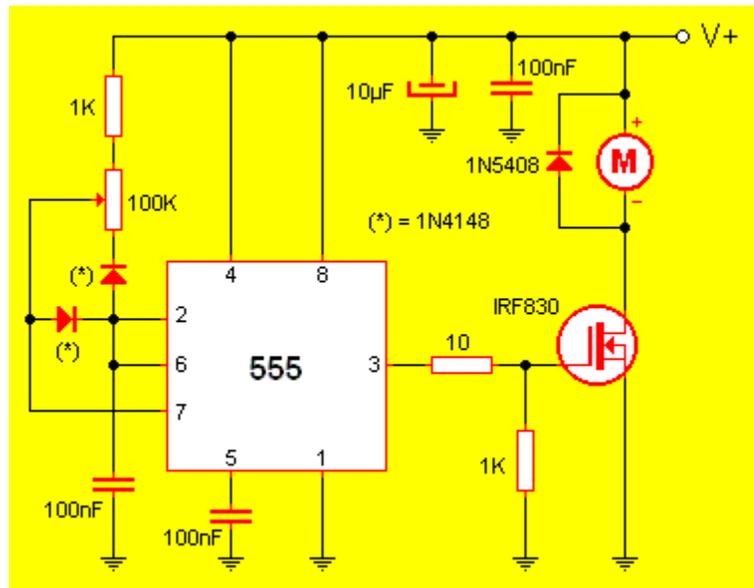


Fig. 6. Circuito de control por PWM para motor de cd.

Cabe mencionar que tanto la parte estructural como el ensamble de la misma se llevó a cabo en el taller de Ingeniería Mecánica, como se puede apreciar en la figura 7. De esta forma, el proceso de elaboración de la tortilla resulta de la siguiente forma:

La tortilla se forma en el cabezal situado en la parte superior de la máquina, la cual se desplaza al comal superior mediante una banda transportadora; una vez depositada y dado el giro de los comales, una vez completada casi en su totalidad una vuelta, ésta es conducida y volteada, a un comal intermedio mediante un desviador. De igual forma, al completar una vuelta nuevamente es desviada y volteada a un tercer comal para completar el tiempo de cocción. Finalmente, al completar el tercer giro, la tortilla finalmente es conducida a un deslizador para depositarse en el contenedor, de dónde se puede tomar.



Fig. 7. Máquina tortilladora de comales giratorios.

3. Resultados

Dado el diseño concebido, se logró construir y poner en marcha el prototipo buscado, empleándose en la mayoría de los casos elementos comerciales. Las pruebas realizadas durante la puesta en marcha mostraron la operabilidad de la misma.

Aun y cuando no se implementó un control automático del equipo, se pudieron realizar corridas con diferentes velocidades de rotación de los comales y temperaturas de cocción.

4. Discusión

Dada la naturaleza de operación de la máquina tortilladora, resulta importante controlar los valores de las temperaturas en los comales, razón por la cual éstos fueron reforzados evitando deformaciones de índole térmico. Aún y cuando el volumen interior no es reducido, resulta importante realizar un análisis de los flujos de aire que se generan para hacer un diseño adecuado del sistema de ventilación que favorezca el cocimiento de las tortillas y evite la acumulación de los gases de combustión, aspecto que no se encontraba inicialmente en el alcance del proyecto.

5. Conclusiones

A través del proceso de diseño tradicional se logró el diseño y construcción de una máquina tortilladora para pruebas sensoriales de tortillas, la cual ocupa un volumen aproximado de dos metros cúbicos, por lo que no representa un sacrificio del espacio disponible en el laboratorio correspondiente. El motor de corriente directa utilizado, representa un acierto para lograr un control adecuado de la velocidad. De igual forma, el tipo de quemador seleccionado permite una temperatura de cocimiento aceptablemente uniforme.

Un aspecto importante, es el hecho de que la mayoría de los elementos utilizados son comerciales, lo cual permite que futuras adecuaciones no sean complicadas por la intercambiabilidad de las partes; motivo por el cual, el costo no se vio comprometido.

Falta implementar un sistema de control automatizado y de medición de los parámetros de operación de la máquina, a fin de facilitar la operación de la misma y obtener directamente los valores de velocidad de giro de los comales y temperatura de los comales.

6. Referencias

- [1] H. E. Martínez Flores, M. Gaytán Martínez, F. Martínez Bustos, “Efecto de algunos conservadores sobre la vida útil de tortillas de maíz”. *Agrociencia*. Volumen 38. Número 3, Mayo-junio 2014. 285.
- [2] M. A. Cruz Márquez, “Diseño de máquinas tortilladoras en México 1880-1920”, IX Congreso Internacional de Ergonomía. México, DF., 26 al 28 de abril de 2007. 1-2.
- [3] J. A. Mendoza Razo, A. A Pérez Villegas, J. Valero Lozano, P. J. García Zugastí, “Diseño de una máquina tortilladora compacta”, 8vo congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica. Cusco 23 al 25 de Octubre de 2007. 1.
- [4] M. G. Ochoa Augusto, “Máquina tortilladora de bandas o comales metálicos continuos calentadas por aire a altas temperaturas”, patente WO 2007100237 A2, 7 Sep 2007, 1 Mar 2007.
- [5] J, C. Lawrence, M. Lawrence, E. C, Lawrence, “Tortilla manufacturing apparatus”, patente US 5918533 A, 6 Jul 1999, 21 Nov 1997.
- [6] T. R. González Borbolla, “Máquina tortilladora cilíndrica de eje horizontal”, patente WO 2012141567 A2, 18 Oct 2012, 12 Abr 2012.
- [7] M. G. Vázquez Carillo, G. Ávila Uribe, A Hernández Montes, J. Castillo Merino, O. Ángulo Guerrero, “Evaluación sensorial de tortillas de maíz recién elaboradas”. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* Vol. 2, Número 1, Ene - Feb 2011. 1.
- [8] E. Cruz Huerta, I. Verdalet Guzmán, Tortillas de maíz: una tradición muy nutritiva, *Revista de divulgación científica y tecnológica de la universidad veracruzana*, Vol XX, Número 3, Sep- Dic 2007, 1.
- [9] Promomac Maquinaria Especializada, www.promomaq.com, Diciembre 2014.
- [10] Manufacturas Lenin, www.tortilladoras-lenin.com, Diciembre 2014.
- [11] Celorio Máquinas Tortilladoras, celoriomexico.com.mx, Diciembre 2014.

- [12] Catálogo de refacciones máquina tortilladora Celorio modelo 70-KS, Selorio, México, 2014.
- [13] J. Guzmán Ludovic, Los inventos que cambiaron al mundo, 1ra edición, Editorial Quarzo, página 17.
- [14] J. A. Saráuz Terán, A. J. Tirira Freire, Diseño y construcción de una máquina para la elaboración de tortillas de harina de trigo para la empresa Taquito´s, Tesis, 20-Jul-2011, Editorial QUITO/EPN/2011.
- [15] Tortillas de sorgo, Laprensa.com/notas.asp, Septiembre 2014.
- [16] Fatiga térmica- efecto de la temperatura, metfusion.wordpress.com/2013/08/20/fatiga-termica/, Septiembre 2014.
- [17] Control de velocidad PWM para motor de CC, www.pablin.com.ar/electron/circuito/varios/pwm-cc/, Noviembre 2014.
- [18] NORMA Oficial Mexicana NOM-019-ENER-2009, Eficiencia térmica y eléctrica de máquinas tortilladoras mecanizadas. Límites, método de prueba y marcado, primera sección, Jueves 2 de Julio de 2009. Septiembre 2014.
- [19] Proceso para la elaboración de tortilla de maíz, tesis, uson.mx/digital/tesis/docs/1271/Capitulo2.pdf, septiembre 2014.
- [20] Manual Técnico de Cobre, Industrias Nacobre, S. A. de C. V. América Latina.