



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

FECHA DE PRESENTACIÓN	Junio 2011
ESTACIÓN EXPERIMENTAL	Santa Catalina
DEPARTAMENTO/PROGRAMA	Departamento de Nutrición y Calidad
PROYECTO	Código: 2100527033 Título: "Fortalecimiento del Departamento de Nutrición y Calidad."
RESULTADO	Número: 3 Título: "Investigar, desarrollar y optimizar procesos tecnológicos, agroindustriales para la obtención de productos viables a diferente escala de procesadores en respuesta a la demanda del mercado actual y futuro."
ACTIVIDAD	Número: 3 Título: "Evaluación del proceso de tostado en microondas del grano de maíz de endospermo harinoso".
UBICACIÓN	Provincia: Pichincha, Cantón: Mejía Estación Experimental Santa Catalina.
AUTOR	Egdo. Eduardo Yépez.
COAUTORES	Ing. Nelly Lara.
COLABORADORES	Programa de Maíz.
FECHA DE INICIACIÓN	Junio 2011.
FECHA DE TERMINACIÓN	Diciembre 2011.
PRESUPUESTO	USD 3880,99
FUENTE DE FINANCIAMIENTO	INIAP USD: 1322,84 (34,09%) TESISTA USD: 2558,15 (65,91%)

1. ANTECEDENTES

La importancia del maíz en la nutrición de millones de personas de todo el mundo es ampliamente reconocida. Debido al consumo relativamente elevado en los países en desarrollo, no se lo puede considerar únicamente como una fuente de energía sino que también administra cantidades notables de proteína (Yáñez *et al.*, 2003)

En nuestro país este cereal es utilizado para la elaboración de productos como: tostado, canguil, mote, harina, bebidas, o en estado tierno como choclo, en donde si bien el aporte proteico es significativo, es necesario compensarlo con la inclusión en la dieta con proteínas provenientes de leguminosas como: fréjol, chocho, habas, siendo la combinación más adecuada (tostado – chocho), alimento generalizado de los campesinos e indígenas de los sectores rurales de sierra ecuatoriana (Yáñez *et al.*, 2003).

En lo referente a su valor nutricional y alimenticio, el maíz, como ya se mencionó es una fuente importante de proteína y carbohidratos, contiene algunas sales minerales como el potasio, magnesio y fósforo; además de vitaminas liposolubles e hidrosolubles y fibra. Los valores promedios de la composición química del grano de maíz suave harinoso en porcentaje son: agua 12,5; proteínas 9,2; lípidos 3,8; almidón 62,6; otros carbohidratos 8,2; fibra bruta 2,15; minerales 0,3 (Vaca, 2002; Yáñez *et al.*, 2003).

Respecto a la producción de maíz suave amarillo seco, los datos de la Tabla 1, muestran la superficie y producción cosechadas en la región sierra en el año 2009 (Sigagro, 2009).

Tabla 1.- Producción de Maíz Suave Amarillo en la región sierra para el año 2009.

Cultivo	Condición del cultivo	Superficie cosechada (Has)	Producción cosechada (Tm).
Maíz suave seco	Sólo	25.489,00	18.022,00
Maíz suave seco	Asociado	54.997,00	25.558,00

El grano de maíz al igual que otros cereales a lo largo del tiempo, ha sido procesado para obtener productos para el consumo, sin embargo, hoy en día hay productos procesados los cuales con tan solo uno o dos pasos están listos para ser consumidos, como es el caso de canguil para microondas. Además, los productos procesados en la actualidad van en aumento tanto por la dinámica del ritmo de vida, el crecimiento de la población urbana, y por la incorporación de la mujer en el campo laboral, los alimentos de fácil preparación permiten la expansión de las industrias de comidas rápidas, snacks, productos precocidos, congelados y aperitivos en los que se incluyen: frutos secos, galletas, productos de confitería, extruidos, entre otros (Pérez, 2009).

En cuanto a los productos listos para el consumo «snacks», se puede decir que son alimentos ligeros y se usan entre comidas. Actualmente, existe una gran variedad de

productos y se presentan en muchas formas (Ward *et al.*, 1995; Sampson, 2009). Este tipo de alimento si no es consumido en exceso ayuda a controlar el peso de las personas (Sampson, 2009). Al principio, los snacks fueron hechos para acompañar los sánduches, el yogurt y algunos helados de crema, debido a esto su uso estaba limitado, sin embargo, hoy en día debido a la gran variedad que existe, se los consume solos o acompañados (Sajilata y Singhal, 2004).

La elaboración de tostado de maíz, está basada en la tostación tradicional, que básicamente es el proceso por el cual se usan grasas y aceites como medio de transferencia de calor al producto (Calderón, 2004). Las características de los snacks, están dadas por: el color, textura, sabor y olor. El color es un agente importante que contribuye a la calidad de los snacks, en el caso del maíz tostado, el color es el resultado de la reacción entre los aminoácidos y azúcares reductores por efecto del calor. La textura se puede decir que está dada por la crocancia o ruido típico al momento de la masticación o ruptura del grano. En cuanto al sabor y olor del tostado, es importante que el producto sea muy agradable, ya que es usado comúnmente entre comidas y para cubrir esta demanda de consumo existe una gran variedad de estos productos diferenciados, principalmente, por su sabor y textura (Sotomayor, 1993; Albo, 2005). De acuerdo con el estudio de mercado efectuado por (Camari, 2002), en Quito y Guayaquil, la elaboración del producto tostado se mantiene mayormente a escala familiar y artesanal. En los barrios populares el producto está disponible a través de vendedores ambulantes. En las grandes cadenas de distribución, el producto se ha mantenido a través de dos o tres marcas artesanales.

La innovación tecnológica va en aumento y en la actualidad, se puede preparar alimentos o calentar por medio de hornos de microondas (Kapoor, 2004). Hace algunos años atrás, comenzaron las investigaciones acerca de la cocción en hornos microondas. Estas investigaciones han dado buenos resultados en países desarrollados, donde ya disponen de recetas y de formas para preparar platos especiales en horno microondas. Por esta razón es importante considerar esta corriente tecnológica y contribuir al desarrollo de nuevos productos (Ohlsson y Bengtsson, 2001).

A diferencia de los sistemas de calentamiento convencionales, el calentamiento en hornos microondas se produce cuando: las microondas penetran en los alimentos, se distribuyen en todo el volumen del producto y producen calentamiento debido a la fricción molecular resultante de la rotación dipolar de solventes como el agua y a la migración conductiva de los iones disueltos. Esto se da por la gran interacción del campo electromagnético, el mismo que cambia de dirección en el orden de mil millones de veces por segundo (Oliveira y Franca, 2001). La profundidad de penetración de las microondas depende de la humedad del producto, la que disminuye mientras mas húmedo es el mismo (Singh y Heldman, 2009), por ejemplo la profundidad de penetración en una patata poco húmeda es de 12,3 cm, en una patata de humedad intermedia es de 3 cm y en una papa muy húmeda es 1,7 cm. La distribución de temperaturas en el interior del producto, no es homogénea ni vertical, ni horizontalmente, ya que si se analiza el calentamiento verticalmente, se observa que la parte más externa tiene mayor temperatura que la interna, mientras que horizontalmente, la temperatura disminuye conforme se aleja del centro (Mafart, 1994; Marra *et al.*, 2010). Sin embargo, se está creando nuevos sistemas que tratan de acabar con estos inconvenientes, para mejorar la calidad del producto a obtener (Richardson, 2005), entre estos podemos mencionar el secado forzado (Marra *et al.*, 2010).

En cuanto al proceso de tostado de maíz en microondas, no se dispone de información, por esta razón, dos pruebas preliminares efectuadas han permitido plantear los factores en estudio y variables de interés. Las condiciones evaluadas y los resultados obtenidos son presentados en el Anexo 1. Con base a la prueba 1, se plantea utilizar el grano de maíz con 12% de humedad. Además a este nivel de humedad comúnmente se encuentra en el mercado y el grano es menos vulnerable al gorgojo. Con prueba 2 se considera de importancia evaluar el proceso de tostación a 492 y 650 W a diferentes tiempos.

2. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, la alimentación de muchos ecuatorianos está basada en dietas y productos extranjeros. Sin embargo, hay productos de consumo tradicional que se han mantenido a lo largo de los años. Uno de estos productos es el maíz tostado, un alimento agradable al paladar, económico y que se enmarca en línea de los productos crocantes. Adicionalmente, en la sierra ecuatoriana se cultiva maíz amarillo suave y su producción es la materia prima para desarrollar este producto. Bajo este contexto se plantea la necesidad de revalorizar este producto, con la finalidad de los ecuatorianos dispongan una nueva alternativa tostación para la obtención de este producto tradicional.

Siendo el maíz de endospermo harinoso, un cultivo tradicional se justifican los estudios orientados a fortalecer su uso en la elaboración de tostado para el mercado actual de consumidores. En función a esta oportunidad de mercado, se plantea el siguiente trabajo, con el fin de conocer el efecto de la aplicación de microondas durante el tostado de maíz y las principales variaciones en las propiedades físicas, químicas y sensoriales de grano.

Los resultados obtenidos con el presente proyecto, serán de interés tanto para investigadores y desarrolladores de productos de la industria, así como también para las pequeñas y medianas industrias que al ver las bondades que ofrece este producto para la alimentación, puedan generar ingresos para ellos y el país.

3. OBJETIVOS

3.1. GENERAL

Evaluar el proceso de tostado del grano de maíz de endospermo harinoso con microondas.

3.2. ESPECÍFICOS

- 3.2.1.** Caracterizar las propiedades físicas, químicas y funcionales del grano de maíz de dos tipos de endospermo harinoso.
- 3.2.2.** Estudiar el efecto del proceso con microondas a diferentes niveles de potencia y tiempo sobre la calidad del grano tostado de dos tipos de maíz.

4. HIPÓTESIS

Ho: No es aplicable el proceso de tostado con microondas del grano de maíz de endospermo harinoso.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. MATERIALES

5.1.1. Materia Prima

La materia prima esta compuesta por dos tipos de maíz amarillo harinoso. El primero se obtendrá del Programa de Maíz de la Estación Experimental Santa Catalina (variedad INIAP 122 “Chaucho Mejorado”), el segundo es un material utilizado en la elaboración de tostado tradicional y será adquirido en el mercado local.

5.1.2. Materiales

- Cubetas y bandejas plásticas.
- Platos de porcelana.
- Recipientes de acero inoxidable
- Paletas de plástico
- Embudo
- Tubos de ensayo.
- Gradilla.
- Frascos de plástico
- Moldes metálicos
- Desecadores
- Pinzas
- Platillos de aluminio
- Vasos de precipitación de vidrio
- Zarandas
- Probetas
- Buretas
- Sobres de papel Manila.
- Barras magnéticas.
- Pinza metálica.
- Picetas.
- Base de desecador.
- Fundas plásticas.

5.1.3. Equipos

- Horno microondas
- Centrífuga
- Estufa de precisión
- Balanza de precisión
- Balanza analítica
- Consistómetro Bostwick
- Analizador de textura instrumental de alimentos (TA-XT2i)
- Plancha digital de agitación magnética
- Cronómetro.
- Espectrofotómetro.
- Polarímetro Atago (POLAX – 2L)

- Potenciómetro o medidor de pH
- Paquímetro.
- Cronómetros.
- Medidor de actividad de agua.

5.2. METODOLOGÍA

5.2.1. Características del sitio experimental (INIAP, 2006)

Ubicación:

Provincia:	Pichincha
Cantón:	Mejía
Parroquia:	Cutuglahua
Lugar:	Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Nutrición y Calidad

5.2.2. Factores en Estudio

Factor A: Tiempo de tostación (minutos)

a_0 : 3
 a_1 : 4
 a_2 : 5
 a_3 : 6

Factor B: tipos de maíz.

b_0 : INIAP 122 (Chaucho mejorado).
 b_1 : Comercial (Testigo).

Factor C: Potencia del horno de microondas (W)

c_0 : Nivel 5 (492 W)
 c_1 : Nivel 7 (650 W)

5.2.3. Tratamientos

Se tienen 16 tratamientos, que resultan de las combinaciones de los factores en estudio ($A \times B \times C$) con 4 niveles el factor A, 2 niveles el factor B y 2 niveles el factor C. Cada tratamiento será evaluado mediante tres repeticiones.

Cuadro 1. Tratamientos en estudio

Nº	Tratamientos	Descripción
1	$a_0b_0c_0$	Tiempo 3 minutos, tipo INIAP 122 y potencia 492 W
2	$a_0b_0c_1$	Tiempo 3 minutos, tipo INIAP 122 y potencia 650 W
3	$a_0b_1c_0$	Tiempo 3 minutos, tipo Comercial y potencia 492 W
4	$a_0b_1c_1$	Tiempo 3 minutos, tipo Comercial y potencia 650 W
5	$a_1b_0c_0$	Tiempo 4 minutos, tipo INIAP 122 y potencia 492 W
6	$a_1b_0c_1$	Tiempo 4 minutos, tipo INIAP 122 y potencia 650 W
7	$a_1b_1c_0$	Tiempo 4 minutos, tipo Comercial y potencia 492 W
8	$a_1b_1c_1$	Tiempo 4 minutos, tipo Comercial y potencia 650 W
9	$a_2b_0c_0$	Tiempo 5 minutos, tipo INIAP 122 y potencia 492 W
10	$a_2b_0c_1$	Tiempo 5 minutos, tipo INIAP 122 y potencia 650 W
11	$a_2b_1c_0$	Tiempo 5 minutos, tipo Comercial y potencia 492 W
12	$a_2b_1c_1$	Tiempo 5 minutos, tipo Comercial y potencia 650 W
13	$a_3b_0c_0$	Tiempo 6 minutos, tipo INIAP 122 y potencia 492W
14	$a_3b_0c_1$	Tiempo 6 minutos, tipo INIAP 122 y potencia 650 W
15	$a_3b_1c_0$	Tiempo 6 minutos, tipo Comercial y potencia 492 W
16	$a_3b_1c_1$	Tiempo 6 minutos, tipo Comercial y potencia 650 W

5.2.4. Unidad Experimental

Por cada tratamiento se utilizará 150 g, a una potencia y tiempo dado dependiendo de la combinación la cual se muestra en el Cuadro 1.

5.2.5. Diseño Experimental

Se aplicará el diseño completamente al azar en arreglo factorial $A \times B \times C$ de 16 tratamientos con 3 repeticiones para un total de 48 pruebas experimentales.

5.2.6. Análisis Estadístico

Fuente de Variación	Grados de libertad
Total	47
Factor A (tiempo)	3
Factor B (tipo)	1
Factor C (potencia)	1
Interacción AB (tiempo, tipo)	3
Interacción AC (tiempo, potencia)	3
Interacción BC (tipo, potencia)	1
Interacción ABC (tiempo, tipo y potencia)	3
Error experimental	32

Se aplicará análisis de regresión para las curvas de tostación en función de la potencia y el tiempo, análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple de Tukey entre muestras. Se usará el software Statgraphics centurión.

5.2.7. Análisis Funcional

Se realizarán las pruebas de separación de medias en aquellos tratamientos que resulten significativos usando el software Statgraphics centurión.

5.2.8. Variables y Métodos de Evaluación

Variables

Grano Crudo

- Peso y medición del grano, mediante los métodos descritos en el manual del Instituto de Investigaciones Tecnológicas de Colombia IITC (1971) y Bechoff (2003).
- Densidad aparente y absoluta, mediante el método citado en Sahin y Summu (2009) y Alvarado (1996).
- Porosidad se obtendrá por relación de la densidad aparente y absoluta Sahin y Summu (2009).
- Análisis proximal y de minerales, se realizarán de acuerdo a los métodos ya estandarizados en el LSAIA (Laboratorio de Servicios de Análisis e Investigaciones en Alimentos) del Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina.
- Contenido de almidón se determinará en el polarímetro marca Atago.
- Contenido de amilosa se determinará por espectrofometría a 590 nm según el método citado en Das *et al.* (2010).
- Contenido de carotenoides se realizará según el método usado en Rodríguez *et al.*, (2004).
- Poder reductor según el método usado en Huang *et al.* (2005).
- Absorción de agua, solubilidad y poder de hinchamiento, mediante los métodos usados en Ruales *et al.* (2000).

Pruebas experimentales

- Contenido de humedad por secado en estufa a 105°C por 16 horas.
- Actividad de agua mediante un medidor portable (marca DECAGON).
- Porcentajes de grano tostado, grano crudo, quemado y partido por pesada de fracciones.

Grano Tostado seleccionado

- Dureza del grano se la realizará usando el texturómetro TA-XT2i.
- Consistencia Bostwick, mediante el consistómetro Bostwick.
- Grado de gelatinización por el método descrito en Baks *et al.* (2007).
- Índice de absorción de agua, solubilidad y poder de hinchamiento, mediante los métodos usados en Ruales *et al.* (2000).
- Contenido de carotenoides, se realizara según el método usado en Rodríguez *et al.* (2004).
- Poder reductor según el método usado en Huang *et al.* (2005).
- Análisis proximal y de minerales, se realizarán de acuerdo a los métodos ya estandarizados en el LSAIA (Laboratorio de Servicios de Análisis e Investigaciones en Alimentos) del Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina.
- Análisis sensorial de sabor y textura por el método descrito por Anzaldúa y Morales (1994).

5.2.9. Manejo específico del experimento

Acondicionamiento del grano: Primero se realizará una limpieza y clasificación del grano de los dos tipos para obtener material de tamaño uniforme. Se utilizará el separador neumático marca Sortex, modelo MK IV y la zaranda N° 20 de 2.5mm de diámetro. Con base al contenido inicial de agua se ajustará a 12% de humedad del grano; primero se reducirá la humedad del grano por secado en estufa (50 °C, 2 horas) y posteriormente se añadirá el agua requerida.

Caracterización del grano crudo: Se realizarán caracterizaciones físicas, químicas, y funcionales del grano acondicionado de los dos tipos de maíz a evaluar. En cuanto a la caracterización física, se determinará el peso de 1000 granos y se medirán las dimensiones del grano. Se determinarán la densidad aparente y absoluta del grano. La porosidad del grano se calculará con base a la densidad aparente y absoluta. Para la caracterización química se realizarán análisis proximal, de minerales y contenido de β caroteno, contenido de almidón y el contenido de amilosa. Para la caracterización funcional del grano, se determinará el índice de absorción de agua, solubilidad y poder de hinchamiento en harina de grano crudo. Adicionalmente, se analizará el poder reductor.

Proceso de tostado con microondas: Para la tostación con microondas, se pesarán muestras de 150 g de grano previamente acondicionado al 12% de humedad (equivalente al peso de muestras de tostado comercial), se colocarán en sobres de papel de Manila de 17.5 cm de ancho x 24 cm de largo y se cerrarán con el adhesivo propio del sobre. Sobre una base de porcelana de un desecador, se distribuirá el grano de forma homogénea en todo el sobre y se introducirá en el horno microondas de diez niveles de potencia, (Panasonic Modelo: NN-SA968, Potencia máxima 1200W). Se fijarán en el horno microondas los niveles de potencia y tiempo a ensayar. Después de cada minuto, se interrumpirá su funcionamiento con el botón pausa, se agitará el sobre rápidamente para que el maíz se reacomode, se continuará el proceso y con ello se conseguirá la tostación uniforme.

Pruebas experimentales: Se estudiará el efecto de los niveles de potencia seleccionados, los tipos de maíz y tiempo de tostación sobre la calidad del grano tostado. La calidad del grano tostado se analizará mediante las variables de medición.

Selección de las condiciones de procesado con microondas para la tostación de maíz: Mediante el análisis de variancia del diseño que se plantea y la prueba Tukey a un nivel de confianza del 95% se establecerán los tratamientos con mejor respuesta respecto a las variables de medición ya antes mencionadas.

Caracterización de muestras seleccionadas de grano tostado: En las muestras de los mejores tratamientos seleccionados se realizarán las siguientes determinaciones: a) dureza del grano tostado en el texturómetro TA-XT2i, b) consistencia Bostwick, c) grado de gelatinización., d) índice de absorción de agua, solubilidad y poder de hinchamiento en harina de grano tostado, e) carotenoides , f) poder reductor, g) análisis sensorial de sabor y textura . Además se realizarán análisis proximal y de minerales.

6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad Mes	1	2	3	4	5	6	7
Revisión Bibliográfica	x	x	x	x	x	x	x
Pruebas experimentales*, 1 ^{era} repetición	x	x					
Pruebas experimentales*, 2 ^{da} repetición			x	x			
Pruebas experimentales*, 3 ^{era} repetición					x	x	
Tabulación de datos y análisis de resultados	x	x	x	x	x		
Escritura de tesis				x	x	x	x

* Las pruebas experimentales consisten en: Caracterización del grano crudo, tostación de maíz con humedad del 12%, a diferentes tiempos con diferentes niveles de potencia del horno y caracterización muestras seleccionadas de grano tostado.

7. PRESUPUESTO

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Salario Tesista	Mes	7	365,45	2558,15
Materia Prima				
Muestra Maíz INIAP - 122	Kg	11	2,50	27,50
Maíz Comercial	Kg	11	1,20	13,20
Materiales				
Horno Microondas	Unidad	1	188,33	188,33
Paquímetro (caliper)	Unidad	1	240,00	240,00
Paquete de Sobre papel Manila	Unidad	4	5,00	20,00
Materiales de Edición y Difusión				
Cartucho Negro y Color	Unidad	3	65,00	195,00
Cartucho Color	Unidad	2	23,00	46,00
CD-W	Unidad	5	2,20	11,00
Papel	hojas	1300	0,03	39,00
Anillado	Unidad	6	3,00	18,00
Empastado de Tesis	Unidad	5	68,00	340,00
Subtotal				3696,18
Imprevistos (5%)				184,81
Total				3880,99

Financiamiento		
	%	USD
INIAP	34,09	1322,84
Tesista	65,91	2558,15
Total	100	3880,99

8. BIBLIOGRAFÍA

Albo, M. 2005. Alforja. Revista de la distribución y producción. Editorial Reed Business Information Spain. Saragosa, España, p, 68.

Anzaldúa; Morales, A. 1994. "La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica" Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza España, pp. 24-44, 67-121, 150-151.

Alvarado, J. 1996. Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos, Radio Comunicaciones División de Artes Gráficas, Quito, Ecuador, pp. 109, 110.

Baks, T; Ngene, I; Soest, J; Janssen, A; Boom, R. 2007. Comparison of Methods to Determinate the Degree of Gelatinization for both high and low Starch Concentrations. Carbohydrate Polymers, 67 (4): 481-490.

Bechoff, A. 2003. Mesure De La Dureté Du Maïs Frite Équatorien: Mise Au Point D'un Test Instrumental Et Corrélation Á L'Analyse Sensorielle; These de Master of Science, Montpellier Francia. En Génie Agroalimentaire Méditerranéen et Tropical. pp. 13, 30.

Calderón, D. 2004. Optimización del Proceso de Obtención de un Snack en Base de Maíz (Zea Mays) Tostado, Tesis Ingeniería Química. Quito Ecuador, Escuela Politécnica Nacional. pp. 6, 26-31.

Camari. 2002. Informe del Estudio de Mercado – Fase 1, Proyecto: Investigación y Desarrollo de Nuevas Alternativas Alimenticias Para Consumo Humano. Basadas en Maíz, Banano, Plátano y Quinoa. Pp 23-26.

Das, A; Singh, G; Singh, S; Riar, C. 2010. Effect of Acetylation and dual Modification on Physico-Chemical. Rheological and Morphological characteristics of Sweet Potato (Ipomoea Batatas) Starch. Carbohydrate Polymers, 80 (3): 725-732.

Huang, Y; Chang, Y; Shao, Y. 2005. Effect of Genotype and Treatment on the Antioxidant Activity of Sweet Potato in Taiwan. Food Chemistry. 98 (3): 529-538.

IITC (Instituto de Investigaciones Tecnológicas de Colombia). 1971. Caracterización Tecnológica de Maíz Comercial Colombiano, Manual Multinacional de Tecnología de Alimentos, Bogotá, pp. 7, 10,11.

INIAP. 2006. Estación Santa Catalina. (En línea). Consultado 20 abril 2011. Disponible en <http://www.iniap-ecuador.gov.ec/eestacatalina/index.php>

Kapoor, S. 2004. Microwave Cooking Made Easy, Popular Prakashan PVT. LTD, Bombay, India, p.12.

LSAIA (Laboratorio de Servicios de Análisis e Investigaciones en Alimentos) del Departamento de Nutrición y Calidad de Estación Experimental Santa Catalina . 2011. Métodos estandarizados para análisis proximal y de minerales, Cutuglahua, pp. 1- 10.

Mafart P. 1994. Ingeniería Industrial Alimentaria. Editorial ACRIBIA, S.A., Zaragoza España, pp. 65 – 73.

Marra, F; De Bonis, M; Ruocco, G. 2010. "Combined microwaves and convection heating: A conjugate approach" *Journal of Food Engineering* 97 (2), 31 - 39.

Ohlsson, T; Bengtsson, N. 2001. Microwave Technology and Food, *Advances in Food and Nutrition Research*, 43 (1): 65-140.

Oliveira, M; Franca, A. 2001. Microwave Heating of Foodstuffs, *Journal of Food Engineering*, 53 (4): 347-359.

Pérez, A. 2009. Determinación de las Condiciones Técnicas Para la Elaboración de un Snack de Maíz Enriquecido con Soya a Escala Industrial. Tesis ingeniería Agroindustrial. Escuela Politécnica Nacional. Quito Ecuador, 11p.

Richardson, P. 2005. Tecnologías térmicas para el procesado de alimentos. Editorial ACRIBIA, S.A., Zaragoza España, p. 190.

Rodríguez, Amaya; Kimura. 2004. Determinación de Carotenoides en papa Liofilizada Laboratorio de Nutrición y Calidad (CIP – Perú), pp. 1-3.

Ruales, J; Carpio, C; Santacruz, P; Bravo, J. 2000. Métodos de Caracterización de Carbohidratos. Gráficas GUIMAR, Quito, Ecuador, pp. 55,56.

Sahin, S; Summu, S. 2009. Propiedades Físicas de los Alimentos. Editorial ACRIBIA, S.A, Zaragoza, España, p. 26.

Sajilata, M; Singhal, S. 2004. Specialty Starches for Snack Foods, *Carbohydrate Polymers*, 59 (2): 131- 151.

Sampson, S. 2009. 100- Calorie Snack Cookbook, Editorial Clearance Center Inc, Estados Unidos de Norte América, p, 8.

SIGAGRO. 2009. Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria. (En línea). Consultado 14 junio 2011. Disponible en http://sigagro.flunal.com/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=165

Singh, R; Heldman, D. 2009. Introducción a la Ingeniería de Alimentos, Editorial ACRIBIA, S.A., Zaragoza España, p. 262.

Sotomayor, A. 1993. Determinación de los Parámetros Óptimos para la Obtención del Maíz Blanco (*Zea Mays L.*) Entero Frito – Salado. Tesis ingeniería Alimentarias, Lima Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. pp. 42 – 53.

Vaca, R. 2002. Evaluación del efecto de la endogamia en una población mejorada de Maíz (*Zea Mays L.*) Para la sierra ecuatoriana en dos ambientes. Tesis Ingeniero Agrónomo, Sangolquí Ecuador, Escuela Politécnica del Ejército, p. 21.

Yáñez, C; Zambrano, J; Caicedo, M; Sánchez, V; Heredia, J. 2003. Catálogo de Recursos Genéticos de Maíces de Altura Ecuatorianos. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina (EESC), Programa de Maíz (PM), Editorial Tecnigrava., Quito Ecuador. pp 125 – 127.

Ward, C; Resurrección, A; McWatters. 1995. A Systematic Approach to Prediction of Sanck Chip Acceptability Utilizing Discriminant Functions Based on Instrumental Measurement, *Journal of Sensory Studies*, 10, (2): 181–201.

ANEXO 1

Prueba preliminar 1

Para la prueba 1 los valores de humedad, tiempo, potencia que se escogieron se muestran en la tabla, dependiendo de los resultados se quedara con esta prueba o se realizará una segunda modificando los datos.

Tabla 1. Valores de humedad, tiempo y potencia

Valores	Humedad (%)	Tiempo (min)	Potencia (W)
1	12	3	961
2	14	3,5	
3	16	4	
4		4,5	

Realizado por el Tesista

Resultados Prueba Preliminar 1

Tabal 1.- Análisis de Varianza para % Tostado - Suma de Cuadrados Tipo I

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo	1105,22	3	368,407	0,58	0,6387
B:Humedad	738,496	2	369,248	0,58	0,5720
RESIDUOS	11531,1	18	640,617		
TOTAL (CORREGIDO)	13374,8	23			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de % Tostado en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo I, la contribución de cada factor se mide eliminando el efecto de los factores que le anteceden en la tabla. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que ningún valor-P es menor que 0,05, ninguno de los factores tiene un efecto estadísticamente significativo sobre % Tostado con un 95,0% de nivel de confianza. Como podemos observar los resultados no dan un efecto significativo tanto para el tiempo como para la humedad, lo que quiere decir que da los mismo trabajar con 12, 14, 16 % en cuanto a la humedad, de esto surge la necesidad de realizar una nueva prueba preliminar para tener una mejor idea de la tostación.

Prueba Preliminar 2

Con base a los resultados obtenidos en la prueba preliminar 1, se llegó a la conclusión de realizar una nueva prueba preliminar. Para la humedad del grano se escogió 12% porque esta es la que comúnmente se encuentra en el mercado y a esta humedad el grano es menos vulnerable al gorgojo. En cuanto al tiempo se escogió 6 minutos y para la potencia se usaran los niveles (1, 3, 4, 5, 6, 7 y 8), cada nivel en watts es (76, 244, 377, 492, 527, 650, 726) respectivamente. El tiempo de 6 minutos es un tiempo máximo y queremos ver que pasa a ese tiempo con los diferentes niveles de potencia. Esta prueba preliminar tiene como objetivo ver los valores de potencia que den mejor resultado para la tostación del grano. La prueba se realizó con el grano de tipo comercial. La variable que se evaluó fue porcentaje de grano tostado.

Resultados Prueba Preliminar 2

Tabla 2.- Pruebas de Múltiple Rangos para % de grano tostado por potencia

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Potencia	Casos	Media (% Tostado)
1	3	0,0 a
4	3	0,0 a
3	3	0,0 a
8	3	20,04 b
6	3	20,28 b
7	3	29,22 b
5	3	58,38 c

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Los datos que tiene diferente letra en la columna de Media son las que tienen entre sí diferencia significativa. Y el valor de la columna de medias nos indica que nivel de potencia dio los mejores resultados en cuanto a grano tostado se refiere. Bajo este contexto podemos ver que no hay diferencia significativa entre los niveles 1, 3 y 4 y tampoco hay grano tostado, en cuanto a los niveles 6, 7 y 8 tampoco se ve que hay diferencia significativa razón por la cual da lo mismo trabajar con cualquiera de estos niveles, sin embargo al ver el valor de la columna de medias podemos ver que el nivel 7 tiene mayor porcentaje de grano tostado. En cuanto al nivel 5 vemos que tiene diferencia significativa con todos los demás niveles y el porcentaje de maíz tostado es el más alto.

Por lo antes mencionado los niveles de potencia que se escogieron fueron 5 y 7 que son (492 y 650) W.

De estas dos pruebas preliminares se sacó como resultado: Humedad del grano 12%, Niveles de potencia del horno microondas (5 y 7) que en watts son (492 y 650) respectivamente, y para el tiempo (3, 4, 5 y 6) minutos. Estos valores se tomaron para la parte de procesado con microondas de la tesis.