



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: "Estudio del proceso de horneado con microondas y su efecto sobre la calidad física y funcional del fruto de tres variedades de manzana (<i>Pyrus malus</i> L.)"
UBICACIÓN	Provincia: Pichincha, Cantón: Mejía Estación Experimental Santa Catalina.
AUTOR	Egda. Tatiana Paredes Pardo .
COAUTORES	Ing. Nelly Lara.
COLABORADORES	Pianta Hortifrutícola Ambato (PLANHOFA)
FECHA DE INICIACIÓN	Junio, 2011.
FECHA DE TERMINACIÓN	Junio 30, 2012.
PRESUPUESTO	USD 6083,79
FUENTE DE FINANCIAMIENTO	INIAP USD: 2465,84 (35,99 %) TESISTA USD: 4385,40 (64,01%)

1. ANTECEDENTES

La manzana, *Pyrus malus L.*, es una especie de fruta dulce, cuyo consumo es muy difundido alrededor del mundo por su valor alimenticio y la variedad de productos que se pueden realizar a partir de la misma (Seipel *et al.*, 2009; INFOAGRO, 2003; Cerda *et al.*, 1999).

La manzana posee características importantes desde el punto de vista dietético y funcional. Es reconocida por ser un alimento estimulante de la función intestinal debido a su elevado contenido de pectina, fibra y ácido málico; además se considera antioxidante debido a que posee gran cantidad de flavonoides. Recientes investigaciones han indicado que las manzanas contienen niveles elevados de compuestos biológicamente activos que pueden ayudar a proporcionar protección al cáncer, entre estos tenemos a los compuestos fenólicos (Seipel *et al.*, 2009; INFOAGRO, 2003).

Los fenoles, también, son los responsables del cambio de color en la pulpa en presencia de ciertas enzimas, cuando la fruta es sometida a algún daño físico como el corte, cocción parcial o frío excesivo. Este cambio de color se conoce como pardeamiento enzimático. Para que esta reacción ocurra, además de la presencia de los compuestos fenólicos, son necesarios el oxígeno y las enzimas polifenoloxidasas. Para evitar este pardeamiento indeseable, con frecuencia, se aplica tratamientos térmicos para inactivar estas enzimas (Seipel *et al.*, 2009; Miller, 2010).

Su contenido de sodio es bajo y la cantidad de vitamina C es moderada (Seipel *et al.*, 2009). Posee carotenoides y antocianinas (Guadarrama, 2001). Esta fruta presenta alto contenido de potasio, factor que, favorece a la transmisión de los impulsos nerviosos y al tratamiento de enfermedades cardiovasculares (Eroski, 2009).

La manzana es una fruta ampliamente consumida, según la FAO, en el Ecuador el consumo per cápita en el año 2007 se ubicaba en 4,72 kg/habitante/año (FAO, 2007).

La producción de manzanas a nivel nacional ha declinado desde la década de los 90, debido principalmente, al deficiente manejo de controles fitosanitarios, podas y fertilización (Guayanlema, 2009; INPC, 2010). No obstante según el Consejo Provincial de la provincia de Tungurahua, la producción de manzanas desde el año 2002, sigue una tendencia creciente (Consejo Provincial de Tungurahua, 2010). En el país, el área cultivada de manzana es 937,84 ha, de las cuales el 88% se concentra en Tungurahua y el resto en Chimborazo y Azuay (MAGAP-SIGAGRO, 2010; INEC, 2008). Cabe puntualizar que la producción nacional de manzana no satisface la demanda en el Ecuador; razón por la cual para el año 2010, se importó 50,618.56 TM. El 99,21% de las importaciones de esta fruta provienen de Chile (Banco Central del Ecuador, 2010).

Las principales variedades de manzana cultivadas en el Ecuador son Emilia y Jon-a, especies conocidas como “especiales para el horneado” y usadas para la elaboración de postres (INPC, 2010).

Los agricultores que cultivan manzanas, principalmente de estas variedades tradicionales, dedican su producción en un 5,18% para autoconsumo y en un 94,82% para la venta (INEC, 2008).

Desde el punto de vista comercial, los criterios más importantes de evaluación de la calidad de las manzanas se basan en la firmeza, coloración y tamaño del fruto; ya que los consumidores escogen estas características dependiendo de sus preferencias. Pero debe tenerse en cuenta que cada variedad de manzana posee características

particulares relacionadas con su composición físico-química (Seipel *et al.*, 2009). Otro factor importante desde este punto de vista comercial, es el grado de madurez; la madurez de la fruta se produce cuando comienzan a ocurrir una serie de modificaciones físico-químicas, que se manifiestan a través de la degradación de almidón, pérdida de humedad y menor firmeza de pulpa. Determinar la madurez óptima para el procesamiento de la fruta es de vital importancia, ya que de esta manera se garantiza la calidad durante los tratamientos térmicos (Centro de Pomáceas de la Universidad de Talca, 2010).

Diferentes procesos térmicos son utilizados para la obtención de alimentos inocuos para el consumo humano; con efectos positivos como la inactivación de enzimas, la destrucción de la carga microbiana y destrucción de componentes antinutricionales; y con aspectos negativos como, la degradación de algunos componentes como las vitaminas (Escalante, 2009). En la actualidad, las nuevas tecnologías, como el tratamiento con microondas, buscan atenuar los efectos negativos del tratamiento térmico convencional (Lemmens *et al.*, 2008; Picouet *et al.*, 2009).

El tratamiento térmico por medio de microondas se conoce desde 1940, pero su utilización a nivel doméstico se dio a partir de los años 60. Las ventajas de esta técnica en comparación con tratamientos tradicionales son velocidad, limpieza, ausencia de contacto con superficies calientes y reducción de costos, además debido a la importancia mínima de los coeficientes de calor, se pueden calentar trozos de alimento más grandes en menor tiempo (Richardson, 2005). En el horno microondas se logra un calentamiento rápido que produce una costra impermeable que retiene la humedad e impide la eliminación de componentes aromáticos y contribuye a que la degradación de nutrientes sea menor que con un tratamiento convencional (Pérez, 2008).

La tecnología de microondas se genera a partir de la transformación de la energía eléctrica en un campo electromagnético, el mismo, que cambia de dirección millones de veces por segundo, al aplicar dicha tecnología a los alimentos. De esta forma los componentes polares e ionizables de los alimentos como agua y sales minerales, se reorientan en dirección al campo electromagnético, de esta manera se producen fricciones y choques entre las moléculas lo cual da como resultado un aumento de temperatura desde el interior del producto (Eroski, 2009; Richardson, 2005).

El objeto del horneado de la manzana en microondas, en cuanto a las propiedades físicas, es la modificación de la textura para obtener características atrayentes dirigidas hacia consumidores con regímenes especiales como niños pequeños, adultos mayores y personas con trastornos que requieran consumir dietas blandas. Según Rosenthal (2001) la pérdida de turgencia, producto del cambio en la estructura celular, se debe al procesado del alimento. Esta modificación a nivel celular da como resultado una textura que puede ser descrita como blanda o pastosa.

Según el Codex Alimentarius, se pueden definir los alimentos para regímenes especiales como aquellos que han sido preparados o elaborados especialmente para satisfacer necesidades alimentarias determinadas por condiciones físicas o fisiológicas particulares y enfermedades o trastornos específicos. La composición de dichos alimentos deberá ser igual a la de los alimentos ordinarios, pero de naturaleza semejante (Castañedo, 1998).

De acuerdo con la proyección poblacional para el 2010, efectuada por el INEC, el segmento total de adultos mayores de 64 años corresponde al 6.3% y el segmento total de niños de 1 a 9 años equivale al 18,16% (INEC, 2003). En total estos dos segmentos representan el 24,47% de la población ecuatoriana. De la proyección del INEC, las

personas con regímenes especiales en el Ecuador, suman aproximadamente la cuarta parte de la población nacional y a ellos, estaría orientada la manzana horneada en microondas. Adicionalmente, se puede indicar que el número de enfermos que consumen dietas blandas a nivel hospitalario nacional es 156922 personas. Este número representa 1,10% de la población nacional (Sistema Común de Información, MSP, 2010).

2. JUSTIFICACIÓN

La tendencia actual de consumo de alimentos con calidad funcional (bio-componentes) y la necesidad de desarrollar productos atractivos para personas con regímenes especiales, justifica el estudio de las características físicas y funcionales de productos sometidos a nuevas tecnologías térmicas para obtener alimentos con textura blanda.

Bajo este contexto, el presente proyecto pretende, modificar las características físicas de la manzana, principalmente, la textura, mediante el horneado con microondas, para conferir a la fruta una consistencia pastosa, con menor pérdida de su calidad funcional y destinada a personas con regímenes especiales de alimentación como niños pequeños, adultos mayores y enfermos con trastornos específicos, cuyas capacidades fisiológicas dificultan la ingestión de la manzana fresca y que representan en términos generales la cuarta parte de la población ecuatoriana.

En el tema de la calidad funcional, el presente estudio busca también un punto de comparación entre el horneado mediante microondas y el horneado convencional para verificar los enunciados científicos respecto a la aplicación de microondas, ya que con estas nuevas tecnologías se utiliza menor tiempo y por ende se considera, menores pérdidas de componentes beneficiosos para la salud.

El desarrollo de un producto atractivo para segmentos de mercado con regímenes especiales y personas que deseen cambiar ocasionalmente sus hábitos de consumo, mediante el uso de variedades producidas a nivel nacional, permitirá revalorizar el uso de la manzana producida en el Ecuador; dando a los productores una alternativa innovadora de valor agregado la cual favorezca a la comercialización de la manzana nacional y con ello mejoren sus réditos económicos.

3. OBJETIVOS

3.1. GENERAL

Evaluar el efecto del horneado con microondas sobre la calidad física y funcional de tres variedades de manzana.

3.2. ESPECÍFICOS

- Caracterizar la composición física y funcional inicial de las variedades de manzana Emilia, Jon-a y Royal gala.
- Luego del proceso de horneado con microondas, evaluar la composición física y funcional de las variedades de manzana Emilia, Jon-a y Royal gala.
- Comparar el efecto del horneado convencional y el horneado con microondas sobre las variedades de manzana Emilia, Jon-a y Royal gala.

4. HIPÓTESIS

Ho: La aplicación de microondas no tiene efecto alguno sobre las características físicas y funcionales de la manzana.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. MATERIALES

5.1.1. Materia Prima

La materia prima está compuesta por tres variedades de manzana, dos de procedencia nacional (Emilia y Jon-a) y una importada (Royal gala).

Se adquirirán 300 unidades de manzana por cada variedad de un peso entre 150 y 200g. Las frutas deberán estar en buen estado, sin golpes ni magulladuras. El estado de madurez deberá ser el comercial.

5.1.2. Materiales

- Implementos de uso común en el laboratorio.
- Celdas para lectura en espectrofotómetro.

5.1.3. Equipos

- Texturómetro TA-XT2i, Stable Micro System
- Horno microondas Panasonic Modelo: NN-SA968, Potencia máxima 1200W
- Balanza analítica Boeco germany, Modelo:0200111M
- Balanza de precisión Shimadzu, Modelo Libror EB-3200 H
- Plancha digital de agitación magnética PMC
- Potenciómetro OAKTON
- Brixómetro 0-53%, marca Atago
- Espectrofotómetro Shimadzu UV-160
- Paquímetro Mitutoyo Modelo MIP/E-104
- Centrífuga International Equipment, Modelo K115

5.2. METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos establecidos, la adquisición de la materia prima se realizará en dos lotes de 150 manzanas para cada variedad. En cada lote, se evaluará la madurez adecuada para proseguir con el proceso de horneado mediante microondas. Los parámetros de madurez y los rangos dentro de los cuales debe estar la fruta comercial se encuentran detallados en la Tabla 1.

Tabla 1. Índices de madurez de manzana apta para horneado con microondas

	INDICES DE MADUREZ					
	Sólidos solubles (° Brix)	Acidez (% ácido málico)	pH	Humedad (%)	Contenido de almidón*	Pectina (% pectato de calcio)
RANGO	9,5 - 17	0,25 – 1,2	3 – 4,2	80 - 90	3 - 5	0,15 – 1,3

*Escala numérica del test de yodo(Anexo 1) (Feippe, 2002)

Fuentes: Bourles *et al.*, 2009; Camacho, 2008; Centro de Pomáceas de la Universidad de Talca, 2010, Food lexicon, 2006, INFOAGRO, 2003; Lees, 1969

Los ensayos se realizarán a escala laboratorio en el Departamento de Nutrición y Calidad (DNC) de la Estación Experimental Santa Catalina, INIAP.

5.2.1. Características del sitio experimental

Ubicación:

Provincia: Pichincha
 Cantón: Mejía
 Parroquia: Cutuglahua
 Lugar: Estación Experimental Santa Catalina

5.2.2. Factores en estudio para el ensayo con microondas

Factor A: Tiempo de horneado en microondas (minutos)

a_0 : 2
 a_1 : 3
 a_2 : 4

Factor B: Variedades de manzana

b_0 : Emilia
 b_1 : Jon-a
 b_2 : Royal gala

5.2.3. Tratamientos

5.2.3.1. Ensayo del horneado con microondas

Se tienen 9 tratamientos que resultan de las combinaciones de los factores en estudio (AxB) con tres niveles del factor A y tres niveles del factor B (Tabla 2). Cada tratamiento será evaluado mediante tres repeticiones.

Tabla 2. Tratamientos del ensayo con microondas

Nº	Tratamientos	Descripción
1	a_0b_0	Tiempo 2 minutos, Variedad Emilia
2	a_0b_1	Tiempo 2 minutos, Variedad Jon-a
3	a_0b_2	Tiempo 2 minutos, Variedad Royal gala
4	a_1b_0	Tiempo 3 minutos, Variedad Emilia
5	a_1b_1	Tiempo 3 minutos, Variedad Jon-a
6	a_1b_2	Tiempo 3 minutos, Variedad Royal gala
7	a_2b_0	Tiempo 4 minutos, Variedad Emilia
8	a_2b_1	Tiempo 4 minutos, Variedad Jon-a
9	a_2b_2	Tiempo 4 minutos, Variedad Royal gala

5.2.3.2. Ensayo del horneado tradicional

Con fines comparativos se plantea tres tratamientos adicionales correspondientes a las tres variedades de manzana sometidas a horneado tradicional a 150°C. Se tendrá 3 tratamientos con 3 repeticiones para un total de 9 pruebas experimentales de horneado tradicional.

5.2.4. Unidad experimental

Por cada tratamiento se utilizará una fruta en un peso comprendido entre 150 g y 200 g, a un tiempo dado dependiendo de la combinación que se muestra en la Tabla 2.

5.2.5. Diseño experimental del ensayo con microondas

Para el ensayo del horneado con microondas, se aplicará el diseño completamente al azar en arreglo factorial AxB con 3 repeticiones dando un total de 27 tratamientos. Cuyo ADEVA se presenta en la tabla 3.

5.2.6. Análisis estadístico

Tabla 3. ADEVA del horneado con microondas

Fuente de Variación	Grados de libertad
Total	26
Factor A (Tiempo)	2
Factor B (Variedad)	2
Interacción Tiempo-Variedad	4
Error experimental	18

5.2.7. Análisis funcional

Con base en el análisis de varianza del diseño planteado y la prueba Tukey, a un nivel de confianza del 95%, se establecerán los tratamientos de horneado en microondas que generen una mejor respuesta frente a las variables de medición de textura de la fruta.

Para el horneado mediante microondas, se aplicará análisis de regresión para la variable de textura obteniéndose curvas de horneado en función del tiempo y las variedades de manzana. Adicionalmente se realizará análisis de varianza y pruebas de comparación de las variables físicas y funcionales de las muestras de manzana cruda y los tratamientos de muestras seleccionadas.

Se utilizará la prueba *t* de student para comparar los resultados de las variables físicas y funcionales del horneado convencional y los tratamientos seleccionados del horneado en microondas.

Se usará el software Statgraphics Plus, versión 5.1.

5.2.8. Variables y métodos de evaluación

Variables

Las características físicas, funcionales y de actividad enzimática se evaluarán con base a:

- Textura
- Humedad
- pH
- °Brix
- Acidez titulable como cantidad de ácido málico
- Contenido de almidón
- Análisis proximal y mineral

- Contenido de ácido ascórbico
- Contenido de pectina
- Polifenoles
- Poder antioxidante
- Flavonoides
- Antocianinas
- Carotenoides
- Peroxidasa
- Polifenoloxidasa

Métodos de evaluación

- Textura se medirá mediante la utilización del texturómetro TA-XT2i obteniéndose una curva típica del análisis del perfil de textura (Lemmens *et al.*, 2008).
- Porcentaje de humedad se realizará según el procedimiento ISO 1442:1997 (Picouet *et al.*, 2009).
- pH se determinará con la utilización del potenciómetro OAKTON.
- ° Brix se determinará con el uso de un brixómetro de 0-53%, marca Atago.
- Acidez titulable, como cantidad de ácido málico se determinará por el método oficial de la AOAC 1990, Parte 942.15 (Picouet *et al.*, 2009).
- Contenido de almidón se analizará mediante el test de yodo ¹ (OECD, 1998).
- Análisis proximal y mineral se realizarán de acuerdo con los métodos estandarizados en el LSAIA (Laboratorio de Servicios de Análisis e Investigaciones en Alimentos) del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP (Santa Catalina).
- Contenido de ácido ascórbico se determinará por el método reflectométrico 25 - 450 mg/l Reflectoquant® de Merck.
- Porcentaje de pectina se determinará por el método descrito en Untiveros, 2003.
- Polifenoles se medirá mediante el método descrito por Picouet *et al.*, 2009.
- Poder antioxidante, flavonoides y antocianinas se empleará la metodología descrita en Huang *et al.*, 2005.
- Carotenoides se utilizará el método de Rodríguez *et al.*, 2004.
- Peroxidasa se realizará de acuerdo con los métodos utilizados en Salcedo, 2003 y Lemmens *et al.*, 2008
- Polifenoloxidasa se determinará por medio del método descrito en Herrera, 2007.

¹ Metodología detallada en anexos

5.2.9. Manejo específico del experimento

Caracterización de la fruta: En una muestra de 15 manzanas por lote se verificará que los parámetros de madurez considerados estén dentro de los rangos indicados en la Tabla 1.

Después de comprobar el estado de madurez de las frutas se determinarán su composición funcional y sus características físicas mediante la medición de: textura, ácido ascórbico, pectina, polifenoles, poder antioxidante, flavonoides, antocianinas, carotenoides, peroxidasa y polifenoloxidasa. Adicionalmente, se realizará un análisis proximal y mineral.

Horneado con microondas: Las muestras para el horneado con microondas serán manzanas enteras y con cáscara. La fruta será lavada, secada con papel absorbente y colocada en una cápsula de porcelana, previamente pesada y tarada para el horneado con microondas a diferentes tiempos y a la máxima potencia (1200 W).

Pruebas experimentales: De acuerdo con los factores en estudio, en forma individual, cada fruta será sometida a los tratamientos ya indicados, siendo importante mencionar

que los niveles de tiempo considerados para la aplicación de microondas, definidos mediante pruebas preliminares con dos variedades de manzana fueron detallados en el Anexo 2. Después de someter a la manzana al horneado con microondas se medirá textura, ° Brix, humedad, pH, acidez titulable, como contenido de ácido málico y cantidad de líquido eliminado.

Se realizará, además, el horneado de la manzana por el procedimiento tradicional.

Caracterización de muestras de tratamientos seleccionados de manzana horneada: En las muestras de los tratamientos con microondas seleccionados como mejores y en muestras horneadas con el método tradicional, se realizarán las siguientes determinaciones: análisis proximal y mineral, medición del contenido de ácido ascórbico, medición del contenido de pectina, polifenoles, poder antioxidante, flavonoides, antocianinas, carotenoides, peroxidasa y polifenoloxidasas.

6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad	Mes												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Revisión Bibliográfica	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pruebas preliminares	x												
Caracterización de la materia prima		x	x	x	x								
Horneado con microondas		x	x	x	x								
Caracterización de tratamientos seleccionados						x	x	x					
Tabulación y análisis de Resultados		x	x	x	x	x	x	x	x	x			
Escritura y revisión de la tesis											x	x	

7. PRESUPUESTO

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Salario Tesista	Mes	12	365,45	4385,4
Materia Prima				
Manzana	kg	180	1,39	250,2
Análisis de laboratorio				
Análisis proximal	Muestra	16	23,22	371,52
Análisis de minerales totales	Muestra	16	20,09	321,44
Vitamina C - Ácido ascórbico	Muestra	16	4,5	72
Materiales				
Horno Microondas	Unidad	1	188,33	188,33
Paquímetro	Unidad	1	240	240
Fundas para empacado al vacío	Unidad	30	1,37	41,1
Materiales de Edición y Difusión				
Cartucho Negro y Color	Unidad	3	65	195
Cartucho Color	Unidad	2	23	46
CD-W	Unidad	5	2,2	11
Papel	Hojas	1500	0,03	45
Anillado	Unidad	6	3	18
Empastado de Tesis	Unidad	5	68	340
Subtotal				6524,99
Imprevistos (5%)				326,25
Total				6851,24

Financiamiento		
	%	USD
INIAP	35,99%	2465,84
Tesista	64,01%	4385,40
Total	100,00%	6851,24

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Banco Central del Ecuador. 2010. Consulta de totales por Nandina – País (en línea). Consultado 13 jun. 2011. Disponible en: http://www.portal.bce.fin.ec/vto_bueno/seguridad/ComercioExteriorEst.jsp.
2. Bourles, E; Mehinagic, E; Courthaudon, J; Jourjon, F. 2009. Impact of Vacuum Cooking Process on the Texture Degradation of Selected Apple Cultivars. *Food Engineering and Physical Properties*, 74 (9): p. E512.
3. Camacho, G. 2008. Control de calidad de las frutas. (en línea). Consultado 27 mar. 2011. Disponible en: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/html/contenido.html>.
4. Castañedo, R. 1998. Algunas notas sobre la evaluación clínica de alimentos para regímenes especiales. Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos. *Revista cubana de Alimentos Nutritivos*. 12 (2): 120-4
5. Centro de Pomáceas de la Universidad de Talca. 2010. Análisis Postcosecha Temporada 2009/2010. *Pomáceas*, 10 (6): 1.
6. Cerda, J; Mendoza, M; Santiago, J; Nieto, F; Cortez, S. 1999. Combate químico de malezas en manzano (*Pyrus malus* L.): coadyuvantes. *Agronomía Mesoamericana*, 10 (1): 7.
7. Consejo Provincial de Tungurahua. 2010. El resumen estadístico agropecuario. (en línea). Consultado 13 jun. 2011. Disponible en: http://www.tungurahua.gob.ec/agropecuaria/index.php?option=com_content&view=article&id=56:articulo4&catid=35:principal-base&Itemid=63
8. Eroski consumer. 2009. Tratamiento de alimentos con microondas. (en línea). Consultado 27 mar. 2011. Disponible en: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2006/04/05/23073.php>.
9. Escalante, E. 2009. Evaluación de efecto térmico sobre los atributos de calidad del puré de manzana. Proyecto de Titulación presentado como requisito parcial para la obtención del título de Ingeniero en Ciencia de Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, México. 76 p.
10. Food and Agricultural Organization (FAO). 2007. Cultivos Primarios Equivalentes. Cantidad de suministro de alimentos. (en línea). Consultado 14 jun. 2011. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/609/DesktopDefault.aspx?PageID=609#ancor>.

11. Feippe, A. 2002. Evaluación de la madurez de manzana sobre la base del contenido y degradación de almidón (Test de yodo). (en línea). Consultado 27 mar. 2011. Disponible en: http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/lb/pol/2003/madurez_yodo.pdf.
12. Food lexicon. 2006. Valor del pH. (en línea). Consultado 27 mar. 2011. Disponible en: <http://es.foodlexicon.org/p0000800.php>.
13. Guadarrama, A. 2001. Fisiología postcosecha de frutos. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. p. 52, 53
14. Guayanlema, L. 2009. El cultivo de la manzana en Bayushig. (en línea). Consultado 15 mar. 2011. Disponible en: <http://ec.lirondo.com/Chimborazo/San-Antonio-de-Bayushig/Historias/manzana--emilia-de-Bayushig/23792/1>.
15. Herrera, C. 2007. Efecto de altas presiones dinámicas sobre la actividad de la polifenoloxidasas en jugo de manzana. Tesis Licenciatura. Ingeniería de Alimentos. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos. Escuela de Ingeniería y Ciencias. Universidad de las Américas Puebla.
16. 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.
17. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). 2003. Ecuador: Proyección de población por Provincias, según grupos de edad. Estimaciones y Proyecciones de Población para el período 1950-2025. Ecuador.
18. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). 2008. Perfil Agropecuario Provincial del Ecuador 2008. Ecuador.
19. Información Técnica Agrícola (INFOAGRO). 2003. El cultivo de la manzana. (en línea). Consultado 21 feb. 2011. Disponible en: http://infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/manzana.htm.
20. Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC). Ministerio Coordinador de Patrimonio Cultural. 2010. Proceso de producción de las manzanas, en Matus Penipe. (en línea). Consultado 21 feb. 2011. Disponible en: <http://www.inpc.gov.ec/downloads/uploads/ZONA%203%20RIOBAMBA%20%28080310%29/INMATERIAL/6%20CHIMBORAZO/06%2009%20PENIPE/06%2009%2052%20MATUS/IM06095200008002586.htm>.
21. Lees, R; Barrado, A. 1969. Manual de Análisis de Alimentos. Zaragoza, España. p. 98, 99, 101 - 104, 112 - 114, 121 - 124, 137, 173,174, 182, 190, 191, 206, 207, 225.
22. Lemmens, L; Tibäck, E; Svelander, C; Smout, C; Ahrné, L; Langton, M; Alminger, M; Van Loey, A; Hendrickx, M. 2008. Thermal pretreatments of carrot pieces using different heating techniques: Effect on quality related aspects. Elsevier Ltd. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. Göteborg, Suecia. p. 522-529.
23. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) – Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria (SIGAGRO). 2010. Superficie por categorías del uso del suelo. Serie histórica 2000 – 2009. Ecuador

24. Miller, D. 2010. Química de los alimentos. Manual de laboratorio. Limusa Wiley. Ithaca, New York, USA. p. 63 – 64.
25. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). 1998. Régimen de la OCDE para la aplicación de normas internacionales relacionadas con frutas y hortalizas. (en línea). Consultado 27 mar. 2011. Disponible en: <http://www.oecd.org/dataoecd/53/58/32022743.pdf>.
26. Pérez, J. 2008. Procesos Industriales en los alimentos. Universidad Autónoma de México. México D.F., México. p. 11-16
27. Picouet, P; Landl, A; Abadias, M; Castellari, M; Viñas, I. 2009. Minimal processing of a Granny Smith Apple purée by microwave heating. Elsevier Ltd. Innovative Food Science and Emerging Technologies. Catalonia, España. p. 545 – 550.
28. Richardson, P. 2005. Thermal Technologies in food processing. 1ra edición. Editorial Woodhead Publishing Ltd. Y Abington Hall. Cambridge, Inglaterra. p. 189 – 191
29. Rodríguez, D; Kimura, M. 2004. Determinación de Carotenoides en papa Liofilizada. Laboratorio de Nutrición y Calidad (CIP – Perú). p. 1-3.
30. Rosenthal, A. 2001. Food Texture. Measurement and Perception. Editorial Aspen Publishers. Maryland, U.S.A. p. 251 – 269.
31. Salcedo, A. 2003. Estudio del efecto de la precocción y adición de inhibidores para controlar el pardeamiento del banano durante la elaboración de harina precocida. Tesis previa la obtención del título de Ingeniero en Industrias Agropecuarias. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador. p. 151 - 177.
32. Sistema Común de Información. Ministerio de Salud Pública. 2010. Raciones alimenticias dadas en servicios de hospitalización por Provincia. Ecuador 2010. p. AIQ01 – AIQ02
33. Seipel, M; Pirovani, M; Güemes, D; Gariglio, N; Piagentini, A. 2009. Características Físicoquímicas de los frutos de tres variedades de manzanas cultivadas en la Región Centro-Este de la Provincia de Santa Fe, Revista FAVE, 8 (1): 27.
34. Untiveros, G. 2003. Obtención y Caracterización de pectinas de alto y bajo metoxilo de la manzana variedad Pachacamac. Sociedad Química de Perú. 69 (3): 155.

ANEXOS

ANEXO 1. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ALMIDÓN EN MANZANAS UTILIZANDO UNA SOLUCIÓN DE YODO

Fuente: OECD. 1998. Régimen de la OCDE para la aplicación de normas internacionales relacionadas con frutas y hortalizas. (en línea). Consultado 27 mar. 2011. Disponible en: <http://www.oecd.org/dataoecd/53/58/32022743.pdf>.

Principio:

Durante el desarrollo de la pulpa de un fruto, los nutrientes se depositan en forma de almidón que, durante el proceso de maduración se transforma en azúcares. El avance del proceso de maduración lleva a la disminución de los niveles de almidón.

Para determinar la cantidad de almidón en la pulpa de un fruto se coloca sobre la misma una solución de yodo, la cual toma un color azul-negro al entrar en contacto con el almidón.

Esta prueba es especialmente adecuada para frutas como las manzanas. Conforme madura una fruta, una cantidad creciente de almidón se convierte en azúcar y la zona azul-negra es menos notoria. La maduración generalmente sucede desde el corazón de la fruta hacia su piel. Si se le trata con yodo, un fruto en proceso de maduración mostrará, en general, un anillo blanco creciente alrededor del corazón.

Reactivos:

- Solución de yodo

La solución de yodo se prepara disolviendo 10 gramos de yoduro de potasio en 30 ml de agua destilada para luego añadir 3g de yodo. Una vez disuelto el yodo, se aumenta la mezcla hasta llegar a un litro añadiendo agua destilada a una temperatura de entre 10° y 30° C. Esta solución puede almacenarse hasta por seis meses en un lugar oscuro y fresco (entre 4° y 7 ° C de temperatura).

Toma de muestras:

De manera aleatoria, fórmese una muestra de diez frutas de cada tamaño de distintos lugares del lote seleccionado para su inspección y que se suponga que sea representativa de este lote. Las frutas deben estar libres de defectos como daños por el sol, plagas o enfermedades, que podrían haber afectado el proceso normal de maduración.

Preparación de la muestra:

Utilizando un cuchillo afilado, se corta cada fruta por la mitad. Es muy importante que las superficies tengan un corte limpio, sin que se ocasione daño adicional a la pulpa o la piel de la fruta.

Este tipo de daño adicional puede causar la liberación de almidones suplementarios a partir de las células dañadas, lo que llevaría a la obtención de resultados imprecisos.

Procedimiento:

Las dos superficies recién cortadas se cubren de manera uniforme con solución de yodo.

Esta solución puede aplicarse utilizando un gotero o una pipeta.

Medición:

Se dejan reposar los dos cortes durante un minuto antes de registrar los resultados. Se toma una fotografía y luego se compara con la figura adjunta para asignar los valores correspondientes.

La cantidad de coloración negro-azulada que se presente en una muestra se puede relacionar directamente con la madurez de la fruta.

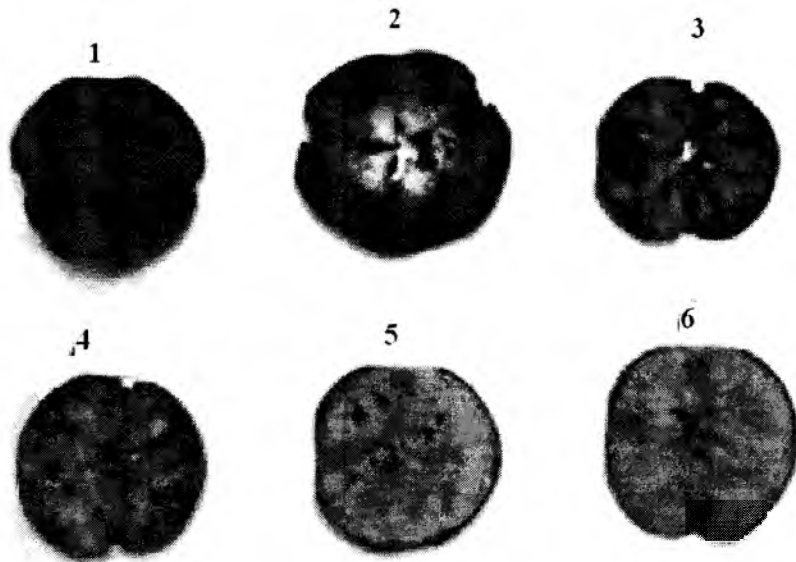


Figura 1. Escala numérica del grado de madurez de manzanas referida a la reacción del almidón con la solución de yodo (Feippe, 2002).

ANEXO 2. PRUEBAS PRELIMINARES Y DEFINICIÓN DE LOS TIEMPOS DE HORNEADO CON MICROONDAS

Se realizaron pruebas preliminares horneando dos de las tres variedades a estudiarse. Se sometió a horneado con microondas, a diferentes manzanas, con tiempos comprendidos desde 30 segundos hasta 6 minutos, con 30 segundos de diferencia entre tiempos y los resultados obtenidos en base a la textura tomada con una cuchara fueron:

Variedad Jon-a

Tiempo	Resultado
30 segundos	Fruta sin cambio de textura
1 minuto	Fruta sin cambio de textura
1 minuto y 30 segundos	Fruta sin cambio de textura
2 minutos	Fruta con textura suave
2 minutos y 30 segundos	Fruta con textura suave
3 minutos	Fruta con textura suave
3 minutos y 30 segundos	Fruta con textura suave
4 minutos	Fruta con textura suave
4 minutos y 30 segundos	Fruta deformada, con textura suave pero con pérdidas considerables de líquido y pulpa.
5 minutos	Fruta deformada, con textura suave pero con pérdidas considerables de líquido y pulpa.
5 minutos y 30 segundos	Fruta deformada, con textura suave y partes quemadas.
6 minutos	Fruta deformada, con textura suave y partes quemadas.

Variedad Royal gala

Tiempo	Resultado
30 segundos	Fruta sin cambio de textura
1 minuto	Fruta sin cambio de textura
1 minuto y 30 segundos	Fruta sin cambio de textura
2 minutos	Fruta deformada pero con textura dura
2 minutos y 30 segundos	Fruta deformada pero con textura dura
3 minutos	Fruta con textura ligeramente suave
3 minutos y 30 segundos	Fruta con textura ligeramente suave
4 minutos	Fruta con textura ligeramente suave
4 minutos y 30 segundos	Fruta con textura ligeramente suave
5 minutos	Fruta deformada, con textura poco suave y pérdidas considerables de líquido y pulpa.
5 minutos y 30 segundos	Fruta deformada, con textura poco suave y pérdidas considerables de líquido y pulpa.
6 minutos	Fruta deformada, con textura poco suave, pérdidas considerables de líquido y pulpa y partes quemadas.

En base a estos resultados se decidió realizar las pruebas experimentales del horneado a microondas a: 2, 3 y 4 minutos; debido a que tiempos menores a 2 minutos no generan cambios de textura considerables y tiempos mayores a 4 minutos generan deformación de la fruta y pérdida de líquido y pulpa, desagradables a la vista de cualquier consumidor.