



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

ARTÍCULO CIENTÍFICO

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL MÉTODO QUÍMICO (ERITORBATO
DE SODIO), FÍSICO (ESCALDADO) Y EL PROCESO DE SECADO SOBRE
EL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO Y NO ENZIMÁTICO DE ORITOS**

Musa acuminata AA REBANADOS

Autora: Yesenia Mishel Peñafiel Solano

Director: Ing. Juan Carlos De la Vega Quintero, MEng

Asesores: Dra. Lucía Yépez, MS.c.

Ing. Alexandra Jácome, Mgs.

Ing. Jimmy Cuarán, Mg.I.

IBARRA – ECUADOR

2017

DATOS INFORMATIVOS



APELLIDOS: Peñafiel Solano

NOMBRES: Yesenia Mishel

C. CIUDADANÍA: 1003771828-2

EDAD: 23 Años

TELÉFONO CELULAR: 0981480236

CORREO ELECTRÓNICO: penafiel.y@gmail.com

DIRECCIÓN: Imbabura – Antonio Ante – Andrade Marín

AÑO: 2017

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

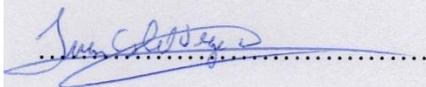
FICAYA – UTN

PEÑAFIEL SOLANO YESENIA MISHEL, EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL MÉTODO QUÍMICO (ERITORBATO DE SODIO), FÍSICO (ESCALDADO) Y EL PROCESO DE SECADO SOBRE EL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO Y NO ENZIMÁTICO DE ORITOS *Musa acuminata* AA REBANADOS/ TRABAJO DE GRADO, Universidad Técnica del Norte, Carrera de Agroindustria, Ibarra, 17 de Marzo del 2017.

DIRECTOR: Ing. Juan De la Vega Quintero MEng.

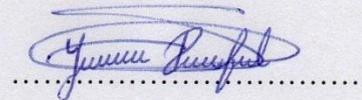
La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del método químico (eritorbato de sodio), físico (escaldado) y el proceso de secado sobre el pardeamiento enzimático y no enzimático de oritos *Musa acuminata* AA rebanados.

Ibarra, 17 de Marzo del 2017



Ing. Juan De la Vega Quintero MEng.

Director de Tesis



Yesenia Mishel Peñafiel Solano

Autora

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL MÉTODO QUÍMICO (ERITORBATO DE SODIO), FÍSICO (ESCALDADO) Y EL PROCESO DE SECADO SOBRE EL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO Y NO ENZIMÁTICO DE ORITOS *Musa acuminata* AA REBANADOS

RESUMEN

El banano orito es una fruta de gran importancia desde el punto de vista económico y nutricional. La perecibilidad de esta fruta permitió plantear como alternativa de conservación y alargamiento de la vida de anaquel, el secado convectivo. El método de secado aplicado así como los cambios que suceden durante el proceso, ejercen su efecto sobre la calidad final de los productos deshidratados. Uno de los efectos más visibles son las reacciones oscuras, fenómeno que afecta directamente el color y por lo tanto la vida comercial. En el presente estudio se evaluaron dos pretratamientos (químico y físico) y el proceso de secado sobre el pardeamiento de rebanadas de banano orito. Se empleó un Diseño completamente al azar con tres factores: método de inactivación de enzimas, temperatura del aire de secado y la velocidad del aire de secado. Sus efectos, se determinaron mediante análisis fisicoquímicos (color, sólidos solubles, humedad, rendimiento) y organolépticos. La medición de los parámetros del color en alimentos representa una fuente de información preciada para cuantificar el pardeamiento en manzana, kiwi, mango, piña, zanahoria, calabaza, setas, etc.. Finalmente se llegó a determinar que el secado convectivo influye sobre el pardeamiento; sin embargo, en base a los análisis instrumentales y organolépticos los tratamientos que incluyeron eritorbato de sodio exhibieron un menor nivel de pardeamiento que las muestras escaldadas. Esto se debió a que el eritorbato de sodio actuó como un agente antioxidante y conservante del color; en tanto que el escaldado causó daño en los tejidos.

PALABRAS CLAVE

Orito, Pardeamiento, Secado convectivo, Pretratamientos

SUMMARY

Baby banana is a fruit of great importance from the economic and nutritional point of view. The perishability of this fruit allowed us to propose convective drying as an alternative for the conservation and lengthening of shelf life. The drying method applied as well as the changes that happen during the process, exert their effect on the final quality of the dehydrated products. One of the most visible effects are the browning reactions, a phenomenon that directly affects color and therefore commercial life. In the present study two pretreatments (chemical and physical) and the drying process on the browning of slices of baby banana were evaluated. A completely random design was employed with three factors: enzyme inactivation method, drying air temperature and drying air velocity. Its effects were determined by physicochemical analyzes (color, soluble solids, moisture, yield) and organoleptics. The measurement of color parameters in food represents a valuable source of information for quantifying browning on apple, kiwi, mango, pineapple, carrot, pumpkin, mushrooms, etc., to find out the effect of the method, drying conditions and applied pretreatments. Finally, it was determined that convective drying influences in browning; however, based on instrumental and organoleptic analyzes, treatments that included sodium erythorbate exhibited a lower level of browning than the blanched samples. This was due to the fact that sodium erythorbate acted as an antioxidant and color preservative; while blanching caused tissue damage.

KEYWORDS

Baby banana, Browning, Convective drying, Pretreatment

INTRODUCCIÓN

El pardeamiento constituye un gran problema en el procesamiento de alimentos. Se manifiesta por el oscurecimiento y otros cambios indeseables como la pérdida de firmeza, cambios en el olor, así como en los componentes nutricionales.

Este fenómeno representa un reto para la industria ya que afecta directamente al color, influyendo así en la aceptabilidad de los productos, mismos que pueden llegar a perder su valor comercial.

Las reacciones de pardeamiento se presentan en procesos de producción de distintos alimentos, como por ejemplo la deshidratación de frutas. La capacidad de rehidratación y el color conforman las características de calidad más importantes en los productos deshidratados (Akoy, 2014).

Varios pretratamientos han sido evaluados en la deshidratación de especies de bananos. El procedimiento incluye usualmente tratamientos térmicos o químicos antes del secado.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue examinar los efectos de las condiciones de secado y de la aplicación del método físico y químico sobre el color, como indicador del pardeamiento enzimático y no enzimático.

MATERIALES Y MÉTODOS

Secado

El secado se realizó utilizando un secador de bandejas a temperaturas de 60 y 70°C. En el secador el aire estuvo impulsado por un ventilador, controlado por un variador de frecuencia. La temperatura fue ajustada media hora antes de iniciar los experimentos para estabilizarla dentro de la cámara de secado. La determinación de las curvas de secado se efectuó pesando las bandejas cada media hora en una balanza gramera hasta llegar al peso constante. Todos los tratamientos se realizaron por triplicado y posteriormente se calculó un valor promedio.

Color

Los atributos del color CIELAB L*, a*, b* se midieron utilizando el espectrofotómetro de reflectancia.

El principio de esta medición consiste en la evaluación óptica de la superficie del material, que está indirectamente relacionado con el deterioro de la calidad del producto debido al pardeamiento enzimático y no enzimático causado por el procesado (Argyropoulos, Khan, & Muller, 2011). Las mediciones se tomaron usando iluminante C y un ángulo de 2°. L* representó la luminosidad, a* representó el rango entre rojo (+) y verde (-) y b*, el rango entre amarillo (+) y azul (-).

De estos valores, se calculó el ángulo de tono Hue y la diferencia de color total usando las ecuaciones:

$$Hue = \arctan\left(\frac{b}{a}\right)$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

En la variable diferencia de color total, el 0 se refirió a la lectura del banano fresco. Grandes valores de ΔE expresan mayor cambio de color con respecto a la materia prima.

Sólidos solubles

Los sólidos solubles se midieron utilizando el refractómetro de mesa (modelo 1310499). Según la norma AOAC 932.14C

Humedad

Se determinó la humedad de las muestras a través de la norma AOAC 925.10

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el software Infostat versión estudiantil. Las diferencias significativas ($F_0 > F$) entre las medias se determinaron mediante la prueba de Tukey. Los resultados se representaron como el promedio \pm Desviación estándar.

Para el presente estudio se utilizó el Diseño Completamente al Azar D.C.A, donde el factor A corresponde al método de inactivación de enzimas previo al secado (escaldado, solución de eritorbato de sodio 1%), el factor B corresponde a la temperatura del aire de secado (60°C y 70°C) y el factor C, la velocidad del aire de secado empleado, (2m/s y 4 m/s). El efecto de estos factores se determinó mediante las variables descritas. Adicionalmente se realizó la prueba de aceptabilidad del color, olor, sabor, textura y aceptabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Caracterización de la materia prima

Las variables permitieron establecer los parámetros iniciales del procesamiento de la fruta. Los datos se recogieron en la tabla 1.

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas del banano orito en estado de madurez 5.

Parámetro	Valor
L*	99,26 ± 0,98
a*	-3,84 ± 0,16
b*	6,82 ± 0,38
Hue	119,39° ± 1,13
Relación pulpa/cáscara	1,39 ± 0,15
Longitud de onda (nm)	568 ± 1,00
Actividad de agua (a _w)	0,93 ± 0,10
Acidez titulable (% de ácido málico)	0,1604 ± 0,01
Humedad (%)	71,17 ± 0,79
Sólidos solubles (°Brix)	18 ± 1,01

Los sólidos solubles se encuentran dentro del rango señalado para procesar bananos ya que el porcentaje de azúcares debe estar entre 17,5 y 19% (Rosenthal, Torrezan, Schmidt, & Narain, 2011). El banano según los mismos autores, es considerado como una fruta de baja acidez. Por su actividad de agua es una fruta con alto contenido de humedad, pero no llega a clasificarse como jugosa.

Variables cuantitativas evaluadas

Los resultados de las mediciones de las variables para cada tratamiento se resumen en la tabla 2.

Efecto sobre los atributos del color

Luminosidad (L*)

La luminosidad es un parámetro útil para estudiar el avance del pardeamiento ya que, existe una correlación inversa entre ambos en los productos deshidratados, así, la disminución de L* es una consecuencia del incremento del oscurecimiento en los alimentos (Ibarz, Pagán y Garza, 2010; Cortés y Chiralt, 2008; Sepúlveda, 2010; Akoy, 2014).

El valor de luminosidad de la materia prima figuró más alto que todos los tratamientos. No obstante, las muestras escaldadas (A1) exhibieron valores de L* inferiores a las muestras tratadas químicamente (A2). Estos resultados estuvieron acordes a lo encontrado en muestras de *Boletus Edulis* (Argyropoulos et al., 2011). Para este hongo, al igual, que en el presente estudio; se llegó a determinar que el tratamiento térmico de escaldado antes del secado no es recomendado si se lo que se busca es un color y textura deseable.

De las muestras escaldadas, se observó que en los tratamientos donde se utilizó aire a una temperatura de 60°C, existe una mayor disminución de L* que los tratamientos con una temperatura de 70°C. Estos resultados son consistentes con lo encontrado en rosa mosqueta (Koyuncu, Tosun, & Ustun, 2003) y banano (Baini & Langrish, 2008). Los autores encontraron que temperaturas bajas ocasionan una mayor disminución de la luminosidad ya que la tasa de pérdida de humedad es baja a temperaturas menores en comparación de la que se obtiene a más altas, por lo tanto el agua está más disponible para participar en las reacciones de pardeamiento.

Las muestras tratadas con eritorbato de sodio presentan valores de L* cercanos entre sí, observándose que el tratamiento seis presenta el

mayor valor de $L^* = 99,21$, siendo el más cercano al valor de L^* correspondiente a la materia prima

Ángulo de tono Hue

El ángulo de tono y la diferencia de color total son parámetros frecuentemente utilizados para caracterizar el color en alimentos (Akoy, 2014). Argyropoulos et al. agregan que este parámetro se usa también para evaluar la variación total promedio entre muestras frescas y secas.

El ángulo de tono juntamente con la luminosidad han sido tomados como indicadores de pardeamiento y formación de pigmentos oscuros (Sommano y Siritana, 2011).

De los resultados obtenidos se observa que el ángulo hue presenta valores menores para las muestras escaldadas; en comparación al valor de hue arrojado por la materia prima y las muestras que se deshidrataron previa inmersión en solución de eritorbato de sodio. Estos datos permiten afirmar que el secado convectivo provoca la disminución del ángulo de tono sin importar si se realizó un pretratamiento de escaldado o eritorbato de sodio. Sin embargo, este último permite obtener valores de Hue más cercanos a la materia prima. Chonlada, Somkiat, Adisak, y Somchart (2014) en su investigación, encontraron similares resultados comparando un pretratamiento físico y químico.

Los autores estuvieron de acuerdo en que el escaldado afectó fuertemente el color de las frutas, posiblemente debido a la gelatinización del almidón. Además, afirman que el escaldado podría ocasionar una difusividad de humedad efectiva más baja y mayor grado de contracción.

Diferencia de color total

La diferencia de color total es un parámetro colorimétrico usado ampliamente para determinar los cambios de color en alimentos durante el procesado (Akoy, 2014, p. 94)

La diferencia total de color entre las muestras de los tratamientos en estudio y las muestras frescas, es menor para los tratamientos en los cuales se utilizó eritorbato de sodio previo al secado y mayor para los tratamientos sometidos a escaldado. Lo cual concuerda con los resultados de las variables anteriormente estudiadas ya que el escaldado en comparación del eritorbato de sodio genera mayor deterioro del color en muestras de orito deshidratado. Krokida y Maroulis (2001) afirman que "(...) el diferente comportamiento de las muestras deshidratadas, bajo varios tipos de pretratamientos, muestra que éstos afectan significativamente a las reacciones de pardeamiento que suceden durante el secado" (p. 25).

Sólidos solubles

El promedio de los sólidos solubles es menor para los tratamientos escaldados, en comparación de las muestras que se trataron con eritorbato de sodio. En el escaldado sucedió un mayor arrastre de los azúcares. Como lo mencionan Barreiro y Sandoval (2006); Gil (2010), el escaldado en agua conlleva una pérdida de materiales hidrosolubles debido al efecto térmico y a los arrastres por disolución.

Tabla 2. Resumen de datos experimentales

	Variables evaluadas					
	L*	Hue °	ΔE	Rendimiento	°Brix	Humedad (%)
MP	99,26	119,39	0	-	18	71,17
T1	97,23 ± 0,38	76,14±3,96	7,26±0,10	28,08 ± 1,02	71,24 ± 5,75	4,40 ± 0,17
T2	97,14 ± 0,69	83,59±4,63	7,72±0,10	27,64 ± 0,27	73,60 ± 2,27	4,60 ± 0,47
T3	98,09 ± 0,40	84,76±3,65	7,18±0,12	27,55 ± 1,15	68,22 ± 1,53	4,00 ± 0,68
T4	98,79 ± 0,57	86,47±0,80	7,50±0,05	27,19 ± 0,45	69,74 ± 4,87	3,38 ± 0,67
T5	99,04 ± 0,43	109,77±2,17	5,56±0,20	27,02 ± 0,41	76,66 ± 1,82	4,30 ± 0,26
T6	99,21 ± 0,53	116,91±3,50	5,22±0,26	26,67 ± 0,47	74,55 ± 4,62	4,26 ± 0,33
T7	99,04 ± 0,41	106,43±2,18	6,31±0,14	26,53 ± 0,15	76,08 ± 2,34	3,47 ± 0,17
T8	98,87 ± 0,40	98,71±1,28	6,97±0,07	26,92 ± 0,70	72,87 ± 2,94	3,77 ± 0,23
CV	0,49	3,20	2,15	2,44	4,92	8,71

Curvas de secado

La pérdida de humedad al deshidratar materiales biológicos se describe en función del tiempo en términos de un decaimiento exponencial.

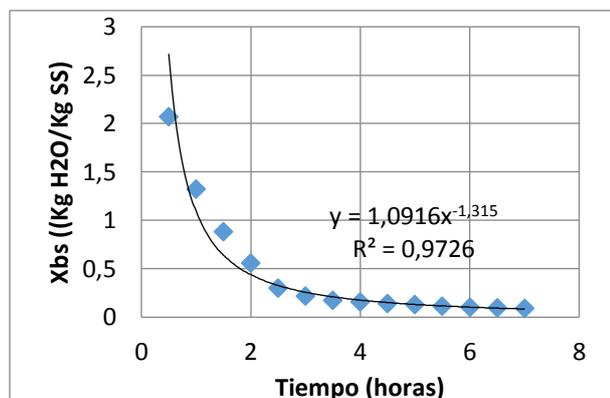


Figura 1. Humedad en base seca vs. tiempo -T5

El tiempo necesario para alcanzar el peso constante se situó aproximadamente en las siete horas y la tasa de pérdida de humedad fue marcadamente alta durante las primeras dos horas.

La figura 3 presenta la relación entre la velocidad de secado (N) y la humedad en base seca (Xbs) para el tratamiento cinco. En las condiciones de secado sostenidas no existió período de velocidad constante por lo tanto, el secado se realiza únicamente en un período de velocidad decreciente. La inexistencia del período de velocidad constante también fue reportada en la deshidratación de

bananos *Musa sapientum* (Amankwah, Agyabeng, Marmah y Boxtel, 2014). Los autores reportaron que durante su experimentación al existir solamente período de velocidad decreciente, la transferencia de humedad se da por difusión.

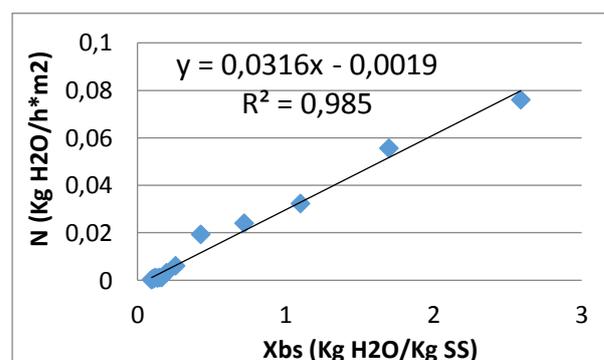


Figura 2. Velocidad de secado (N) vs. Humedad en base seca (Xbs) -T5

Los tratamientos cinco y seis presentaron una actividad de agua de 0,53 y 0,51 respectivamente, lo cual permite afirmar que el producto fue estable microbiológicamente; al estar por debajo de los valores de actividad de agua requeridos por microorganismos.

“La mayoría de reacciones enzimáticas requiere actividades de agua de 0,85 o mayores.” (Berk, 2013, p.17). Por lo cual, estando el producto fuera de este rango; estas reacciones no ocurrirán.

Análisis sensorial

El análisis sensorial indicó que los tratamientos cinco y seis son los más aceptados. Debiendo recalcar que en cuanto al color, las calificaciones más altas corresponden a la descripción de acercamiento al amarillo claro, crema, marfil y café claro. Las calificaciones más altas para los

tratamientos indican que las muestras han preservado el olor característico de la variedad de banano y están libres de olores provenientes de fermentación. El sabor se calificó en base a que debe ser dulce y frutal. Según la FAO la textura debe ser correosa y flexible.

Tabla 3. Resumen de resultados del análisis sensorial

	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptabilidad
T1	3,03 ± 1,64	4,14 ± 2,10	3,91 ± 2,27	3,06 ± 2,04	3,35 ± 1,68
T2	2,68 ± 1,06	3,09 ± 1,19	3,91 ± 1,73	4,76 ± 2,06	4,56 ± 1,34
T3	2,59 ± 1,51	4,06 ± 1,93	3,68 ± 2,64	3,47 ± 1,49	3,47 ± 1,53
T4	3,56 ± 1,13	3,28 ± 1,87	3,38 ± 1,52	3,38 ± 1,65	3,50 ± 1,93
T5	6,29 ± 1,41	5,73 ± 1,87	5,88 ± 1,75	5,82 ± 1,78	6,26 ± 1,77
T6	6,03 ± 1,34	5,34 ± 1,70	5,68 ± 2,12	5,85 ± 2,13	5,97 ± 2,00
T7	5,91 ± 1,84	4,73 ± 1,67	5,15 ± 1,71	4,82 ± 2,03	4,62 ± 2,10
T8	5,91 ± 1,95	5,58 ± 1,52	4,41 ± 2,15	4,82 ± 2,17	4,26 ± 2,19

Nota. $\bar{x} \pm \sigma$ (n=17)

CONCLUSIONES

En función a las variables asociadas al color de la materia prima y el producto final se encontró por una parte, que la solución de eritorbato de sodio y la temperatura del aire de secado de 60°C resultaron ser las mejores condiciones ya que generaron los valores más cercanos al estado inicial de la fruta. Por otra parte el escaldado afectó negativamente la calidad del producto por la mayor diferencia entre los valores iniciales y finales. Adicionalmente, se encontró que en las gráficas que describieron la pérdida de peso de las muestras, no existió período de velocidad

constante; razón por lo cual se concluyó que el mecanismo de transferencia de masa predominante fue la difusión de la humedad.

Para posteriores estudios y experimentos se recomienda trabajar con sistemas de visión por ordenador para realizar el seguimiento de las propiedades relacionadas con la calidad ya que es una técnica que se está usando con especial énfasis en este campo. Finalmente se recomienda evaluar el pardeamiento del banano orito sometido a distintos tipos de deshidratación y a otros pretratamientos con el fin de identificar aquel que preserve en mayor medida la calidad del producto.

BIBLIOGRAFÍA

Akoy, E. O. M. (2014). Effect of Drying Temperature on Some Quality Attributes of Mango Slices. *International Journal of*

Innovation and Scientific Research, 4(2), 91–99.

Argyropoulos, D., Khan, M. T., & Muller, J. (2011). Effect of Air Temperature and Pre-treatment on Color Changes and Texture of Dried *Boletus edulis*

- Mushroom. *Drying Technology*, 29(16), 1890–1900. <http://doi.org/Doi> 10.1080/07373937.2011.594194
- Baini, R., & Langrish, T. A. G. (2008). An assessment of the mechanisms for diffusion in the drying of bananas. *Journal of Food Engineering*, 85(2), 201–214.
- Barreiro, J. A., y Sandoval, A. J. (2006). Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas. Venezuela: Equinoccio.
- Berk, Z. (2013). *Food process Engineering and Technology*. Londres: Academic Press
- Cortés, R., Chiralt, B. (2008). Cinética de los cambios de color en manzana deshidratada por aire fortificada con vitamina E. *Vitae Revista de la Facultad de química farmacéutica*. 15(1), 8-16.
- Chonlada, R., Somkiat, P., Adisak, N. y Somchart, S. (2014). Influences of Pretreatments and Drying Process Including Fluidized Bed Puffing on Quality Attributes and Microstructural Changes of Banana Slices. *Drying technology*, 33, 915:925.
- E. A. Amankwah, K. A. Dzisi, E. Agyabeng Fofie, P. Marmah, A. J. B. van B. (2014). Drying Characteristics of Dried Banana (*Musa sapientum*). *GSTF Journal on Agricultural Engineering (JAE)*, 1(1), 81–85.
- Gil, Á. (2010). *Tratado de nutrición. Tomo II, Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos*, Editorial Médica Panamericana.
- Ibarz, M. R., Pagán, J., Garza S., (2010). Pardeamiento de zumos clarificados de limón tratados a altas temperaturas. Departamento de Tecnología de Alimentos. España
- Koyuncu, T., Tosun, I., & Ustun, N. S. (2003). Drying Kinetics and Color Retention of Dehydrated Rosehips. *Drying Technology*, 21(7), 1369–1381. <http://doi.org/10.1081/DRT-120023184>
- Krokida, M. K., Maroulis, Z. B., y Saravacos, G. D. (2001). The effect of the method of drying on the color of dehydrated products. *International Journal of Food Science and Technology*, 36(1), 53 - 59)
- Rosenthal, A., Torrezan, R., Schmidt, F. L., & Narain, N. (2011). 11 - Preservation and processing of tropical and subtropical fruits A2 - Yahia, Elhadi M. *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*. Woodhead Publishing Limited.
- Sepúlveda, B. A. (2010). Efecto de inhibidores del pardeamiento enzimático en peras (*pyrus communis* L.) cv. packham's triumph mínimamente procesadas. Tesis de pregrado. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago-Chile.
- Sommano, S. y Siritana, D. (2011). Correlation between Browning Index and Browning Parameters During the Senescence of Longan Peel. *International Journal of Fruit Science*. 11 (2), 197-205