

EFECTO DEL SISTEMA DE DESHIDRATACIÓN SOBRE EL CONTENIDO DE CAROTENOIDES EXTRAÍDOS DE DOS VARIEDADES DEL FRUTO DE *Carica papaya*

DEHIDRATATION SYSTEM EFFECT ON THE CAROTENOIDS
QUANTITY EXTRACTED OF TOW VARIETIES OF *Carica papaya*

Iván Tapia C.¹, Mauro Muñoz¹ & Tamara Fukalova F.¹

Recibido: 30 septiembre 2018 / Aceptado: 6 diciembre 2018

DOI: 10.26807/ia.v7i1.94

Palabras claves: Carotenoides totales, *C. papaya*,
deshidratación, fitonutrientes, provitaminas A.

Key words: *C. papaya* fruit, dehydration, phytonutrient,
provitamins A, total carotenoids.

RESUMEN

En Ecuador se ha incrementado la exportación de papaya debido a la demanda internacional por este producto, esto permite dar paso a un aprovechamiento integral de sus subproductos. La obtención de los carotenoides a partir de los frutos de papaya es de gran importancia, pues el mercado de los colorantes naturales ha crecido vertiginosamente. Se ha realizado esta investigación para

¹ Universidad Central del Ecuador (UCE), Quito, Ecuador (itapia@uce.edu.ec; mdms1992@gmail.com; tfukalova@uce.edu.ec)

evaluar el efecto de dos sistemas de deshidratación, como tratamiento previo para la extracción de carotenoides y se ha trabajado con dos variedades de papaya de mayor cultivo en este país. Se determinaron los carotenoides obtenidos por espectrofotometría a 450 nm. La mayor cantidad extraída de β -carotenos totales ($5,87 \pm 0,62$ mg β -caroteno/100 g muestra seca) se obtuvo luego de aplicar el método de liofilización para la variedad *Sunrise Solo*, mientras que para la variedad *Tainung* los valores son menores ($4,62 \pm 0,28$ mg β -caroteno/100 g muestra seca). El sistema de deshidratación por liofilización es el mejor método de tratamiento previo para la extracción de carotenoides en la variedad *Sunrise Solo*, mientras que el secado en bandeja es óptimo para la variedad *Tainung*.

ABSTRACT

In Ecuador the papaya export has increased due to international demand for this product. This gives way to an advantage of its by-products. The obtention of carotenoids from papaya fruits is of great importance, so the dyes market has grown vertiginous. This research has been carried out to evaluate two dehydration systems effect, as a pretreatment for carotenoids extraction and we have worked with two papaya varieties of greater cultivation in this country. The obtained carotenoids were determined by spectrophotometry at 450 nm. With applying the lyophilization method the highest amount extracted of total β -carotenes (5.87 ± 0.62 mg β -carotene/100 g dry sample) was obtained from the *Sunrise Solo* variety, while for the *Tainung* variety the values are minor (4.62 ± 0.28 mg β -carotene / 100 g dry sample). The dehydration system by lyophilization is the best pretreatment method for the extraction of carotenoids in the *Sunrise Solo* variety, while the tray drying is optimal for the *Tainung* variety.

INTRODUCCIÓN

Los diferentes tipos de climas en Ecuador permiten los cultivos de una amplia variedad de los productos hortofrutícolas. El fruto de papaya (*Carica papaya*) es uno de ellos y se puede encontrar durante todo el año en los mercados. Es una de las frutas más demandada dentro y fuera del país.

La investigación se sustenta en la realidad de que Ecuador regionalmente es un gran productor de frutos de papaya. Esto puede dar paso a un aprovechamiento integral agregado a los subproductos elaborados.

Dentro de los subproductos de interés se encuentran los carotenoides, que poseen bondades nutricionales, como son provitaminas A y antioxidantes, así como ser colorantes de origen natural (Meléndez Martínez, 2007). La cantidad de carotenoides varía considerablemente conforme progresa la maduración vegetal y se produce la pérdida de clorofila (Marelli da Sousa, 2008), acumulando la cantidad máxima en estado de madurez adecuado.

De los carotenoides conocidos, solo alrededor de 10 % tienen la actividad como provitamina A, entre ellos están α -caroteno, β -caroteno y β -criptoxantina (Badui, 2013). Al ser sustancias biológicamente activas, cumplen una función de beneficio para la salud, al igual que los nutrientes esenciales (Bruneton, 2001). Dentro de este grupo, el β -caroteno es el más activo: una molécula de este carotenoide se convierte en el cuerpo humano en dos moléculas de vitamina A (Martínez, 2003), contribuyendo a reducir las incidencias de ciertas enfermedades crónicas y, por lo tanto, son necesarios para una vida saludable (Redlich, 1999).

Asimismo, el mercado de los colorantes naturales ha crecido vertiginosamente y se espera que para el año 2020, represente una suma de 2,5 billones de dólares a nivel mundial (Wood, 2016). En los últimos años, el remplazo de los colorantes artificiales o sintéticos por aquellos que son naturales, permite evidenciar un aumento en su demanda, proveer alimentos con denominación GRAS, y brindar una mayor confiabilidad a los consumidores (U.S.FDA, 2016).

Los carotenoides son una fuente de colorantes naturales (Bauerfeind, 1981) y constituyen una familia formada por más de 700 compuestos, que presentan colores amarillo, naranja, rojo o púrpura. Dentro de esta amplia familia, los β -carotenos presentes en los alimentos, se han relacionado con la actividad anticancerígena, debido a su estructura de tipo *cis*; además, el β -caroteno sintético es de tipo *trans* y posee las mismas características que el natural, a diferencia que este aumenta el riesgo de cáncer (Urango, 2009).

La papaya (*Carica papaya L.*) es una planta frutal genuina del trópico, pertenece a la familia Caricáceae. Entre los mayores exportadores de papaya, se encuentra Ecuador, ocupando el lugar séptimo a nivel mundial (TRADEMAP, 2014). Dentro del Ecuador se produce en las provincias Guayas, Manabí, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas y Santa Elena. Existen alrededor de 3000 hectáreas cultivadas. Según el estudio de mercado realizado (Figura 1), las variedades de mayor cultivo son *Sunrise Solo* (hawaiana), *Tainung* (criolla, híbrido) y *Maradol* (nacional) (Pro-Ecuador, 2015).

Se han reportado estudios acerca de la relación entre el estado de la madurez y el contenido de carotenoides del fruto de *C. papaya* de variedad *Maradol*, que es perceptible por un incremento del color amarillo .

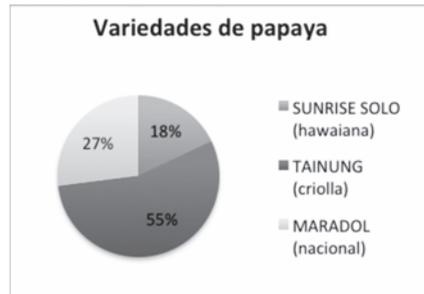


Figura 1. Variación porcentual de los frutos de papaya cultivados en Ecuador

La papaya es de consumo popular y es un alimento con bondades nutricionales. Debido a la exigencia cada vez mayor de los consumidores por sostener una alimentación sana, así como el conocimiento de los beneficios aportados por los carotenoides vegetales que son provitaminas A y su alta deficiencia en la población ecuatoriana, se planteó el presente trabajo de investigación.

Igualmente, el alto contenido de agua en las frutas, cercano al 90%,

hace que se deterioren con facilidad, por lo cual la deshidratación es una forma de preservar las frutas, así como sus propiedades funcionales y sensoriales (Eitenmiller, 2008). En este estudio, se comparan dos métodos de deshidratación por liofilización y secado en bandeja, y la

influencia de los mismos en la cantidad de carotenoides obtenidos. Esta investigación se orienta al estudio del fruto de papaya, de dos variedades, *Sunrise Solo* y *Tainung*, como fuentes de pigmentos carotenoides y fitoalimentos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de las muestras

Los frutos de papaya fueron obtenidos de dos granjas productoras agrícolas de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, en el mes de junio de 2017. Se estudiaron dos variedades: 1) Variedad *Sunrise Solo*, TERRASOLCORP S.A, registro de cosecha N° 12302, y 2) Variedad *Tainung*, GREEN GARDEN, con registro de cosecha N° A1-7 (Figura 2). Una vez recibidos los frutos cosechados, se almacenaron a una temperatura entre 14-16 °C durante 15 días para su evolución completa, hasta alcanzar el estado de madurez. Se registró un cambio de coloración del epicarpio y un ablandamiento de la pulpa, que fue acompañado con la aparición de aroma propio de los frutos de *C. papaya*. Fueron analizados cuatro frutos de cada variedad, en el

estado de maduración óptima para el consumo.

Se realizó la medición de la firmeza con un penetrómetro, Fruit Pressure Tester FACCHINI, modelo FT-327 (Italia), con una punta de prueba de acero inoxidable de 8 mm de diámetro en varias zonas de cada unidad experimental. La fuerza máxima (N) fue registrada con 3 mm de penetración.

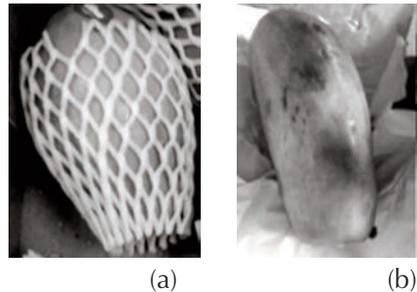


Figura 2. Unidades experimentales: frutos de *C. papaya*, (a) variedad *Sunrise Solo* y (b) variedad *Tainung*

Análisis físicos y químicos

En cada unidad experimental troceada se determinó la humedad total y la acidez titulable. El contenido de la humedad total se determinó según el método oficial internacional (AOAC, 1990), se pesaron aproximadamente 2 g de muestra y se secó a 105 °C hasta obtener el peso constante. La acidez titulable fue calculada como gramos de ácido cítrico/100 gramos de muestra (% p/p) según el método oficial (NOM-128-SFC-1998).

Procesos de deshidratación

La fruta de cada variedad fue lavada con agua clorada. Una vez pelada con cuchillo de acero inoxidable, se cortó en dos mitades diametralmente y cada pieza a su vez, en cuatro cortes longitudinales, con el resultado de 8 piezas simétricas por cada unidad experimental. Luego, cada pieza fue cortada en trozos de $1,00 \pm 0,01$ cm de espesor.

Se tomaron 100 gramos de pulpa de frutos troceados y se sometieron a los siguientes procesos de deshidratación: 1) Criocongelación a -80 °C por 24 horas con posterior liofilización

en equipo Liofilizador TESTAR Lyo-ALFA 10-85; y 2) Secado en la estufa eléctrica WSU modelo 400 con corriente de aire circulante, a una temperatura de 35 ± 1 °C durante 24 horas. Estos métodos se compararon con los procesos de determinación habituales (García Martínez, 2002).

Extracción de carotenoides totales

La masa obtenida de producto deshidratado fue triturada y tamizada por la malla n° 30 ASTM, de esta se pesó con exactitud 2 g y se transfirió a un equipo Soxhlet, para extracción de los carotenoides, con 150 mL de hexano a temperatura de 55 °C. Se verificó la extracción completa cuando dio resultado negativo a su presencia con la prueba de Carr-Price. La concentración de los extractos se realizó en un rotavapor SELECTA, modelo RS 3000-V a una temperatura de 30 ± 2 °C, a presión reducida, durante 15 minutos.

Análisis de carotenoides

Se preparó la disolución de 500 mg/L β -caroteno (SIGMA-ALDRICH®) en hexano, a partir de esta se prepararon varias diluciones sucesivas, en un

rango de 10 a 60 mg/L y se construyó la curva de calibración.

Con los extractos reconstituidos en hexano se realizaron las lecturas espectrofotométricas con un equipo Varian Cary 50 BioUV-VIS, a 350-550 nm de longitud de onda y 23 °C de temperatura. La concentración encontrada se expresó como carotenoides totales por cada 100 g de muestra seca. El contenido de equivalentes de retinol (ER) en extractos apolares, se cuantificó según el método AOAC 974.29 (45.1.02).

Se preparó la disolución 500 mg/L patrón secundario β -caroteno (SIGMA-ALDRICH®) en cloroformo. A partir de esta disolución se prepararon varias diluciones sucesivas, en un rango de 5 a 45 mg/L y se construyó la curva de calibración.

Con los extractos reconstituidos en cloroformo se realizaron las lecturas, a 550-650 nm de longitud de onda y

la misma temperatura (1 ER = 6mg de β -caroteno).

Análisis estadístico

En una primera fase, se caracterizó la muestra determinando su peso, firmeza, humedad de la fruta y acidez titulable. Se compararon los tratamientos mediante la prueba t. Luego se estableció un diseño factorial A x B, con cuatro réplicas (n=4) para el estudio de los procesos de deshidratación propuestos con cada variedad, estos fueron comparados con el método oficial AOAC para determinación de humedad. En una segunda fase, se aplicó un diseño factorial de tres factores (A x B x C), en donde el factor A corresponde al método de deshidratación, el factor B, constituye la variedad de *C. papaya*, y el factor C representa las diferentes unidades experimentales (frutos). Todo el análisis estadístico fue realizado usando IBM SPSS Statistic, versión 20.

RESULTADOS

Caracterización de las unidades experimentales

En la Tabla 1 se observa que la varie-

dad *Sunrise Solo* presenta el peso promedio $1611,1 \pm 30,1$ g, mientras que la variedad *Tainung*, para cuatro determinaciones, tiene un peso pro-

medio $6131,0 \pm 73,5$ g ($t = 12,26$). Esta variedad también muestra una acidez titulable de $0,123 \pm 0,014$ g de ácido cítrico/100 g de muestra, que comparada con la acidez de *Tainung*, cuyo valor promedio es $0,026 \pm 0,004$ g de ácido cítrico/100 g de muestra ($t = 13,48$), presenta una diferencia altamente significativa para ambos parámetros determinados.

En cuanto a la firmeza del fruto de las dos variedades, no existe diferencia significativa entre ambas ($t = 2,11$). La variedad *Sunrise Solo* tiene promedio $23,2 \pm 0,4$ (N), mientras que variedad *Tainung* muestra un valor de $24,5 \pm 0,9$ (N).

Tabla 1. Caracterización de las unidades experimentales

Unidades experimentales	Masa (g)		Acidez titulable (%) *		Firmeza (N)	
	<i>S. Solo</i>	<i>Tainung</i>	<i>S. Solo</i>	<i>Tainung</i>	<i>S. Solo</i>	<i>Tainung</i>
1	1609,1	5586,4	0,130	0,028	23,2	25,5
2	1572,6	6193,3	0,139	0,030	22,6	24,2
3	1645,6	5594,2	0,108	0,021	23,5	23,0
4	1617,1	7150,2	0,116	0,025	23,5	25,2
PROMEDIOS	1611,1	6131,0	0,123	0,026	23,2	24,2
DESVIACIÓN	30,1	73,5	0,014	0,004	0,4	1,1

* Expresado como g Ácido cítrico /100 g muestra

Procesos de deshidratación de la muestra

El sistema de deshidratación, como refleja la Tabla 2, tiene un efecto significativo en la cantidad de agua extraída. El método de liofilización arroja valores de $82,97 \pm 0,38$ % y $83,36 \pm 0,95$ % para las variedades *Sunrise Solo* y *Tainung* respectiva-

mente; además, con el método de secado en bandeja se obtuvieron porcentajes de $88,50 \pm 0,49$ % y $88,55 \pm 0,32$ %. De estos resultados, el método de secado en bandeja proporciona valores más cercanos al método oficial AOAC, para determinación de humedad total. Asimismo, la Tabla 3 permite observar que el sistema de deshidratación tiene un efecto alta-

mente significativo, a diferencia de la variedad de fruto.

Al observar la Tabla 4, se puede evidenciar que al usar el método de liofilización, como tratamiento previo a la extracción, se obtienen mayores cantidades de carotenoides totales (5,87 mg de β -caroteno/100 g de

muestra seca) que con el método de secado en bandeja para la variedad *Sunrise Solo* (4,12 mg de β -caroteno/100 g de muestra seca), mientras que para la variedad *Tainung* los resultados son contrarios. Esta misma tendencia se observa en el caso de equivalentes de retinol (ER).

Tabla 2. Influencia de los sistemas de deshidratación sobre la cantidad de agua extraída (%)

FACTOR B variedad	FACTOR A (metodo de deshidratación)		
	Liofilización	Secado en bandeja	Humedad Total
Sunrise Solo	82,49	88,01	89,39
	83,02	88,14	88,56
	83,41	88,88	90,34
	82,95	88,97	89,99
	Media	82,97	88,50
Desviación	0,38	0,49	0,78
Tainung	84,32	88,41	89,88
	83,84	88,99	90,21
	82,14	88,23	89,07
	83,14	88,58	88,94
	Media	83,36	88,55
Desviación	0,95	0,32	0,62

Tabla 3. ANOVA de los resultados de evaluación de influencia de sistemas de deshidratación sobre la cantidad de agua

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
A: Variedad	0,10666	1	0,10666	0,26915	0,61
B: Sistema de deshidratación	188,137	2	94,0688	237,366	<0,00
AB: Interacción	0,21100	2	0,10550	0,26622	0,77
Error	7,13345	18	0,39630		
Total	195,58878	23			

Tabla 4. Contenido de carotenoides totales y equivalentes de retinol (RE)

VARIEDAD	UE *: FRUTOS MADUROS	SISTEMA DE DESHIDRATACIÓN		SISTEMA DE DESHIDRATACIÓN	
		Concentración media (mg β -caroteno/100g muestra seca)		Concentración media (RE/100g muestra seca)	
		Liofilización	Secado en Bandeja	Liofilización	Secado en Bandeja
Solo sunrise	S1	5,81	4,28	551,52	421,04
	S2	6,60	3,15	670,15	446,57
	S3	5,10	4,69	809,16	449,34
	S4	5,98	4,35	897,70	691,28
	Media	5,87	4,12	732,13	502,07
	Desviación Estándar	0,62	0,67	152,54	126,79
Tainung	T1	4,80	5,24	490,98	534,83
	T2	4,61	4,73	519,11	697,38
	T3	4,23	4,362	461,34	533,63
	T4	4,83	6,20	535,30	858,40
	Media	4,62	5,13	501,68	656,06
	Desviación Estándar	0,28	0,80	32,54	155,29

* UE: unidad experimental

La Figura 3 representa el comportamiento de los valores medios de la cuantificación de equivalentes de retinol (ER) en función de la variedad

de fruto y sistema de deshidratación, se observa que el factor con mayor influencia es el método de deshidratación.

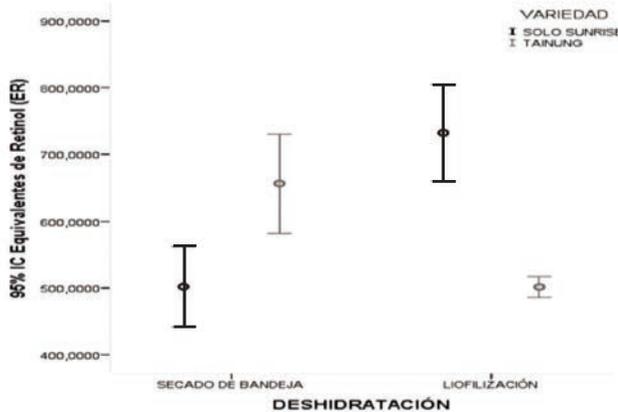


Figura 3. Barras de error de los valores medios para la combinación de los factores A y B

DISCUSIÓN

Los cuatro frutos de dos variedades de papaya obtenidos directamente de los PyMes (pequeños y medianos productores) ecuatorianos, mostraron variaciones de dimensiones. Entre estas variedades, *Sunrise Solo* tiene un tamaño mucho menor que *Tainung*, por lo que presenta un peso menor. Esta diferencia corresponde a la filogenia propia que se encuentra

dentro del rango característico para cada variedad (Esteves, 2005).

En la caracterización de las unidades experimentales en estado fresco, la acidez titulable es representada por los ácidos orgánicos, que influyen en el sabor, color y estabilidad de los frutos y coinciden para la variedad *Sunrise Solo* con los obtenidos por

otros autores como (Fonseca, et.al., 2003). Cabe indicar que los ácidos, presentes en los frutos, pueden mostrar la existencia de una mayor o menor actividad de antioxidante (Umaña, 2011).

En caso de la firmeza, los resultados obtenidos concuerdan con los resultados logrados por otros autores, que reportan la relación entre la firmeza de la pulpa y la madurez de la fruta, resaltando que las propiedades organolépticas más acentuadas se presentan con los valores de firmeza inferiores a los 40 newtones (Santamaría Barreto, 2009).

Según Lado (2015), los colores rojizos o anaranjados de la pulpa se atribuyen a los mayores niveles de carotenoides totales de estructura cíclica, y especialmente licopeno que es acíclico. En cambio, las coloraciones amarillas indican la acumulación de las xantofilas (Lado, 2015).

Al ser ambas variedades del estudio de tonos rojizos, se ha evidenciado con el análisis de los carotenoides equivalentes a retinol, que la variedad *Sunrise Solo* muestra la mayor presencia del grupo de carotenoides provitaminas A.

En relación con el contenido de la humedad, entre dos sistemas de deshidratación se observa que el método de secado en bandeja elimina mayor cantidad de agua que el método de liofilización. Los estudios realizados al respecto demuestran que la temperatura y la velocidad de flujo de aire influyen favorablemente sobre el rendimiento de la cantidad de agua extraída (Barbosa Cánovas, 2000). Al mismo tiempo, en los estudios realizados por Anguelova (2000), se demuestra que la liofilización, por efectuarse a temperaturas y presiones bajas, favorece la estabilidad química de los pigmentos carotenoides.

Ambos sistemas de deshidratación tienen influencia sobre la concentración de carotenoides a extraer y pueden aplicarse satisfactoriamente para conseguir productos de alto valor comercial, como colorantes naturales y fitonutrientes con su actividad de provitamina A. Junto a esta función, se describe la capacidad antioxidante como más representativa de los carotenoides acíclicos y derivados oxigenados (Mínguez Mosquera, 2005), lo que debería tomarse en cuenta para mejorar los hábitos alimenticios, incluyendo el fruto de papaya en la dieta diaria (Rodríguez-amaya, 1999).

La importancia de los carotenoides va más allá de su rol como función de proporcionar un color atractivo, adecuado, o reconocible como natural a un alimento.

Por tanto, cubriendo la dosis diaria (550 mg ER/día) de este componente bioactivo con la ingesta de los carotenoides naturales, disminuiría efectivamente las enfermedades crónicas (Rao & Rao, 2007).

CONCLUSIONES

Las dos variedades de fruto de *C. papaya* son significativamente diferentes en peso y en contenido de acidez total, lo que está directamente relacionado con la cinética de carotenogénesis a lo largo de la maduración del fruto. La acumulación de carotenoides se incrementa al alcanzar la madurez fisiológica y madurez de consumo.

Además, el sistema de deshidratación por liofilización es el mejor método de tratamiento previo para la extracción de carotenoides en la variedad *Sunrise Solo*, mientras que el secado en bandeja es óptimo para la variedad *Tainung*.

Los análisis de la cuantificación de carotenoides extraídos del fruto de *C.*

papaya procesados por dos métodos de deshidratación, indican que la variedad *Sunrise Solo* tiene mayor proporción del grupo de carotenoides precursores de vitamina A que la variedad *Tainung*. Los valores indicados, junto con los valores de carotenoides totales, muestran que las dos variedades del fruto de *C. papaya* son una fuente potencial de carotenoides naturales. Estos pueden ser una alternativa a los colorantes sintéticos en cosmética e industria farmacéutica, así como aditivos alimenticios, pues aportan la actividad provitaminas A en la dieta humana actuando como fitonutrientes y fitoalimentos.

LISTA DE REFERENCIAS

- Anguelova, T.W. (2000). Degradation of lycopene, a-carotene, and b-carotene during lipid peroxidation. *J.Food Sci.* 65, 71-75.
- AOAC, I. (1990). *Official Methods of Analysis* 15 ed. Washington, D.C., District of Columbia, USA: Association of Official Analytical Chemists. INC.
- Badui, S. (2013). *Química de los alimentos* (quinta ed.). México: Pearson education.
- Barbosa Cánovas, G.V. (2000). *Deshidratación de Alimentos*. Zaragoza: Acribia, S.A.
- Bauerfeind, J. (1981). *Carotenoids as Colorants and Vitamin A precursors*. Davis, California: Series Volume Editor.
- Bruneton, J. (2001). *Farmacognosia. Fitoquímica. Plantas medicinales*, 2º edición. Zaragoza: Acribia S.A.
- Eitenmiller, R. (2008). *Vitamins Analysis for the Health and Food Sciences*, Second Edition. New York: Taylor y Francis Group, LLC.
- Esteves, L. (2005). *Medio ambiente y Botánica*. (1º edición). Sao Paulo: Senac.
- Fonseca, M., Leal, N., Cenci, S., Cecon, P., Smith, R. (2003). Comparación entre las papayas Sunrise Solo y Golden durante siete estados de madurez, *Revista Iberoamericana de tecnología postcosecha*, 5(2), 86-91.
- García Martínez, E. F. (2002). *Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto*. Valencia, España: ETSIAMN. Universtat Politécnica de Valencia.
- Lado J. (2015). *Biosíntesis y acumulación de carotenoides en fruto cítricos y su implicación en la calidad de postcosecha*. Valencia: CSIC.
- Marelli da Sousa, L. (2008). L-ascorbic acid, b-carotene and lycopene content in papaya fruits /Carica papaya) with or without physiological skin freckles. *Sci. Agric.* 65(3).

- Martínez, A. (2003). *Carotenoides*. Colombia: Facultad de Química Farmacéutica-Universidad de Antioquia.
- Meléndez Martínez, A.V. (2007). Pigmentos carotenoides: consideraciones estructurales y fisicoquímicas. *Archivo Latinoamericanos de Nutrición*, 57(2), 109-117.
- Mínguez Mosquera M.I. et al (2005). *Pigmentos carotenoides en frutas y vegetales; mucho más que simples colorantes naturales*. Sevilla: Instituto de grasa. CSIC
- Norma Oficial, M. (1998). *NOM-128-SFC-1998*. México
- Pro-Ecuador. (2015). *Análisis Sectorial Papaya* . Ecuador: Pro-Ecuador; Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones
- Rao, A., Rao,L. (2007). Carotenoids and human health. *Pharmacological Research*, 55, 207-216.
- Redlich, C.C. (1999). Effect of long-term b-carotene and vitamin A on serum cholesterol and triglyceride levels among participants in the Carotene and Retinol Efficacy Trial (CARET). *Atherosclerosis*, 143(2), 427-34
- Rodríguez-Amaya, D. (1999). *Carotenoides y preparación de Alimentos procesados y almacenados*. Sao Paulo: OMNI-USAID
- Santamaría Basulto, F. D. (2009). Características de calidad de frutos de papaya Maradol en la madurez de consumo. *Agricultura Técnica en México*, 35(1), 347-353.
- Schweiggert, R.S. (2011). Carotenogenesis and physico-chemical characteristics during maturation of red flesh papaya fruit (*Carica Papaya L.*). *Food Research International*, 44(5), 1373-1380.
- TRADEMAP. (2014). www.trademap.org. <https://www.trademap.org/index.aspx>
- U.S.FDA. (2016:10 de 2016). www.fda.gov. Obtenido de fda.Food & Drug administration: <https://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/ucm2006851.htm#f1>

Umaña, G. (2011). Efecto de grado de madurez y las condiciones de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas de la papaya híbrido pococi. *Agronomía Costarricense*, 35(2), 61-73

Urango et al (2009). Efecto de los compuestos bioactivos de algunos alimentos en la salud. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 11(1), 27-38.

Wood, L. (2016). *US Food colorant market report 2016*. Grow, Trends and Forecast 2015-2020