



EFFECTO DE LA HUMEDAD RELATIVA Y DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN LA CALIDAD DE PLÁTANO PRIMITIVO, CACAO Y QUINOA SECOS EN POLVO.

Trabajo Fin de Máster en Gestión de la Seguridad y Calidad Alimentaria

Presentado por:

Sara López Fernández

Dirigido por:

Dra. Eva García Martínez

Dra. Gemma Moraga Ballesteros

Universidad Politécnica de Valencia

2015

EFFECTO DE LA HUMEDAD RELATIVA Y DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN LA CALIDAD DE PLÁTANO PRIMITIVO, CACAO Y QUINOA SECOS EN POLVO.

López S., Moraga, G., García-Martínez, E.¹

RESUMEN

En este trabajo se analizaron muestras de plátano primitivo (*Musa acuminata* AA), cacao (*Theobroma cacao* L.) y quinoa (*Chenopodium quinua*) deshidratadas, equilibradas en ambientes con dos humedades relativas (11,3% y 75,5%) y almacenadas a 20°C durante 9 meses. El objetivo fue evaluar el efecto del tiempo de almacenamiento y de la humedad relativa ambiental, sobre la calidad de las muestras. Se estudiaron los cambios producidos en la vitamina C, compuestos fenólicos, carotenoides y en la actividad antioxidante. También se evaluó la oxidación de las grasas y se estudiaron las propiedades mecánicas y ópticas. Los resultados mostraron para las tres muestras que el contenido de fenoles, carotenoides, así como la actividad antioxidante disminuyó con el tiempo de almacenamiento y con el aumento de la a_w de las muestras. En cuanto a la vitamina C, en ningún caso fue detectable. También se observó mayor nivel de enranciamiento al aumentar la a_w de las muestras. El tiempo de almacenamiento afectó significativamente a la respuesta mecánica de las muestras, a pesar de no presentar problemas evidentes de colapso o apelmazamiento. A su vez se registraron pequeñas diferencias de color, por lo que podemos considerar que las muestras permanecieron estables.

PALABRAS CLAVE: plátano primitivo, quinoa, cacao, actividad antioxidante, fenoles, carotenoides, propiedades mecánicas, propiedades ópticas, actividad del agua.

RESUM

En aquest treball es van analitzar mostres de plàtan primitiu (*Musa acuminata* AA), cacau (*Theobroma cacao* L.) i quinoa (*Chenopodium quinua*) deshidratades, equilibrades en ambients amb dues humitats relatives (11,3% i 75,5%) i emmagatzemades a 20°C durant 9 mesos. L'objectiu va ser avaluar l'efecte del temps d'emmagatzematge i de la humitat relativa ambiental, sobre la qualitat de les mostres. Es van estudiar els canvis produïts en la vitamina C, compostos fenòlics, carotenoides i en l'activitat antioxidant. També es va

¹ Grupo de Investigación e Innovación Alimentaria (CUINA). Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n. 46022. Valencia.

avaluar l'oxidació dels greixos i es van estudiar les propietats mecàniques i òptiques. Els resultats van mostrar per a les tres mostres que el contingut de fenols, carotenoides, així com l'activitat antioxidant va disminuir amb el temps d'emmagatzematge i amb l'augment de la a_w de les mostres. Quant a la vitamina C, en cap cas va ser detectable. També es va observar major nivell de enranciamiento en augmentar la a_w de les mostres. El temps d'emmagatzematge va afectar significativament a la resposta mecànica de les mostres, malgrat no presentar problemes evidents de col·lapse o apelmazamiento. Al seu torn es van registrar petites diferències de color, per la qual cosa podem considerar que les mostres van romandre estables.

PARAULES CLAU: plàtanprimitiu, quinoa, cacau, activitat antioxidant, fenols, carotenoides, propietatsmecàniques, propietatsòptiques, activitat de l'aigua.

ABSTRACT

In this work samples of primitive banana (*Musa acuminata* AA), cocoa (*Theobroma cocoa* L.) and quinoa (*Chenopodium quinua*) dehydrated, equilibrated at two relative humidities (11,3% and 75,5%) and stored at 20°C during 9 months have been analyzed. The aim of the study was to evaluate the effect of storage time and the relative humidity, on the quality of the samples. Changes in vitamin C, phenolic compounds, carotenoids and in the antioxidant activity have been studied. Fat oxidation and mechanical and optical properties have also been evaluated. The results showed for the three samples that the content of phenols, carotenoids, as well as the antioxidant activity decreased increasing the storage time and the a_w of the samples. Vitamin C, was not detectable in any sample. Greater level of fat oxidation was observed increasing the a_w of the samples. The storage time affected significantly to the mechanical response of the samples, nevertheless, they did not show caking or collapse problems. Small differences of colour between samples were found, so we can consider that they remained stable.

KEYWORDS: primitive banana, quinoa, cocoa, antioxidant activity, phenols, carotenoids, mechanical properties, optical properties, water activity.

INTRODUCCIÓN

La situación nutricional de una población puede ser un indicador de bienestar. Así la desnutrición crónica, identificada como un retraso en el crecimiento o por la talla baja de los niños, son un indicador de la falta de una buena alimentación en la edad temprana. La falta de micronutrientes elevan el riesgo de sufrir talla baja o puede afectar al desarrollo cognitivo y motor de los niños (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar - ICBF, 2010).

Actualmente, en países como en Colombia, la falta de recursos provoca situaciones de desnutrición infantil (Banco Interamericano de Desarrollo – BID, 2010). En la ENDS (Encuesta Nacional de Demografía y Salud) 2000 de Colombia se encontró en menores de 5 años una prevalencia de desnutrición crónica del 13,5%, una prevalencia de desnutrición global del 6,7% y una prevalencia de desnutrición aguda del 0,8%. El año de edad con un mayor porcentaje de niños y niñas en desnutrición es el segundo año de vida, cuando los niños están terminando la alimentación con leche materna y pasando a recibir la dieta familiar (Bonilla, 2004).

Colombia se ha comprometido con el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), el primero de ellos relacionado con la erradicación de la pobreza y el hambre. Esta es una labor inaplazable en un país que supuestamente mejora sus indicadores económicos, pero en el que persisten graves problemas y desigualdades sociales (Food First Information and Action Network - FIAN, 2013).

En el noroeste de Colombia, en la región pacífica, se encuentra el departamento del Chocó que presenta un riesgo de desnutrición infantil de 64,2 %, uno de los más altos a nivel nacional, con importantes deficiencias sobre todo de proteínas y micronutrientes (ICBF, 2010). La agricultura se centra fundamentalmente en el cultivo de maíz, diversas variedades de musáceas (plátanos, bananos, primitivo y otros), el arroz y productos básicos como el chontaduro, variedades de árboles frutales, hierbas y especies nativas.

En el departamento del Chocó la producción agrícola se centra en cinco cultivos: plátano de cocción (48,67%), yuca (18,87%), palma de aceite (10,7%), arroz seco manual (9,58%) y maíz tradicional (5,22%) además de otros productos como ñame (0,94%), cacao(0,30%) y frijol (0,02%). Entre la producción de frutas destaca la piña (41,4%), el chontaduro(22,1%), el banano (15,5%) y el borojó (14,1%) (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, 2011).

Entre los recursos de uso tradicional en la alimentación infantil del departamento del Chocó, se encuentran los pertenecientes a la familia de las Musaceae. Además del Plátano Harton (*Musa paradisiaca* AAB) existen en el territorio gran variedad de especies, destacándose el popocho (*Musa exótica* L.) y el primitivo (*Musa acuminata* AA), los cuales se emplean en la preparación de coladas y papillas en la primera infancia .A través de un secado al sol, el campesino lo pulveriza y obtiene una harina que se utiliza para el alimento diario de los niños, conocido como “colada” (Gorosquera et al., 2004). Sin embargo, se ha identificado como posible fuente del problema el temprano y elevado consumo de estas coladas en sustitución de la leche materna. Por esta razón resulta importante formular alimentos

complementarios que contribuyan al aporte diario de nutrientes, identificando materias primas propias de la región que tengan un alto consumo, aceptabilidad y características nutricionales adecuadas.

El plátano primitivo (*Musa acuminata* AA) se considera una fuente de energía por su contenido en carbohidratos, en cambio, es bajo en proteínas y grasas. Es importante señalar su valor nutricional alto en vitaminas A y C, fósforo y potasio, aunque contiene en pequeñas cantidades otros minerales y vitaminas. En América este plátano se consume principalmente cocinado y también es frecuente consumirlo deshidratado en forma de harina. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, 2011).

El cacao (*Theobroma cacao* L.) contiene una cantidad significativa de proteínas (18%) y grasas (40-50% como manteca de cacao). Se considera una fuente importante de compuestos fenólicos (alrededor del 10% del peso seco de toda la semilla), como proantocianidinas y monómeros flavan-3-oles (Rusconi y Conti., 2010; Oliveira y Genovese, 2013). El cacao contiene más antioxidantes de origen fenólico que la mayoría de los alimentos. Los flavonoides, incluyendo la catequina, epicatequina, procianidinas aportan al cacao la actividad antioxidante (Katz et al., 2011). Así, el consumo de cacao, se ha asociado con beneficios para la salud humana (Katz et al., 2011, Wan et al., 2001 y Weisburger, 2001).

La quinoa (*Chenopodium quinoa*) es un pseudocereal. Se caracteriza por ser un grano con gran valor nutricional debido a su particular composición en proteínas (aporta todos los aminoácidos esenciales) y fibra (Comai et al., 2007, Vega -Gálvez et al., 2010, Tang et al., 2015). Además la quinoa posee alto contenido en vitaminas (especialmente C, E y del complejo B) y en minerales como el hierro, fósforo, potasio y calcio (Yawadio et al., 2008; Bhargava et al., 2006).

El secado por aire caliente permite obtener alimentos estables, desde el punto de vista microbiológico, y con una concentración muy interesante de componentes, como son los hidratos de carbono y fibra, además de vitaminas y sales minerales. Este proceso genera pocos problemas medioambientales y presenta otra ventaja, como es la reducción de los costes de almacenamiento y transporte, ampliando la gama de productos de frutas y otros alimentos. No obstante, el deterioro de los alimentos secos durante el almacenamiento se ve afectado por factores como la composición (contenido en ácidos grasos y sustancias antioxidantes), temperatura, presencia de oxígeno y actividad del agua (Oro et al., 2008). Alimentos ricos en lípidos son muy susceptibles a la oxidación y con frecuencia se tornan rancios durante el almacenamiento (Oro et al., 2008). Como resultado pueden producirse sabores y olores desagradables, además de la destrucción de compuestos nutricionalmente importantes, como vitaminas liposolubles, ácidos grasos esenciales, carotenoides, aminoácidos, proteínas o enzimas. Este tipo de deterioro reduce la vida útil y compromete la integridad y seguridad de los alimentos (Maskan y Karatas, 1999).

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la actividad del agua y del tiempo de almacenamiento en la calidad de plátano primitivo, cacao y quinoa secos en polvo, en cuanto a su actividad antioxidante, compuestos bioactivos, enranciamiento de grasa, y algunas propiedades físicas

relacionadas con el deterioro como cambios en el color y en las propiedades mecánicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materias primas

Se partió de muestras de plátano primitivo (*Musa acuminata* AA), cacao (*Theobroma cacao* L.) y quinoa (*Chenopodium quinua*), secas, en polvo, equilibradas en ambientes con dos humedades relativas diferentes: 11,3% y 75,5% y almacenadas a 20°C durante 9 meses. Estas muestras fueron previamente procesadas en la Universidad Tecnológica del Chocó (Colombia) donde fueron sometidas a un tratamiento de secado a 60°C durante 24 horas, simulando el secado tradicional al sol. Posteriormente, ya en la Universidad Politécnica, fueron trituradas y almacenadas en oscuridad en cámaras a 20°C con diferente humedad relativa, 11,3 y 75,5% hasta alcanzar el equilibrio termodinámico con su entorno. Una vez equilibradas, fueron envasadas a vacío y almacenadas en oscuridad durante 9 meses a 20°C.

Determinaciones analíticas

Para estudiar la estabilidad de las muestras después de 9 meses de almacenamiento se realizaron los análisis que se describen a continuación.

FENOLES TOTALES

Para la extracción de los compuestos fenólicos se utilizó como disolvente metanol, según Tomás-Barberán et al. (2001). La cuantificación se llevó a cabo mediante el ensayo de Folin-Ciocalteu (Benzie y Strain, 1999). A 250 µL del extracto obtenido, se añadieron 15 mL de agua bidestilada y 1,25 mL de reactivo Folin-Ciocalteu y se dejó reposar 8 minutos. Una vez transcurrido este tiempo, se añadieron 3,75 mL de una disolución de carbonato de sodio 7,5% (p/v) y se llevó a 25 mL con agua bidestilada. Se mantuvo en oscuridad a temperatura ambiente durante 2 h y se midió la absorbancia a 765 nm con un espectrofotómetro UV-visible (Thermo Electron Corporation, USA). Para cuantificar los fenoles totales se prepararon disoluciones de diferentes concentraciones de ácido gálico. Los análisis se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como mg ácido gálico/100 g sólidos secos.

CAROTENOIDES TOTALES

La determinación de carotenoides totales se llevó a cabo por espectrofotometría según la norma AOAC (1996). Para la extracción se siguió la metodología descrita por Olives et al., (2006). Se tomaron 5 g de muestra a la que se le añadió 25 mL de una mezcla de hexano, acetona y etanol (50:25:25). Tras agitarlo durante 30 minutos en oscuridad, se añadieron 15 mL de agua destilada. Una alícuota de 600 µL de la parte superior decantada se evaporó hasta sequedad con nitrógeno y se disolvió en 1 mL de una mezcla tetrahidrofurano, acetonitrilo y metanol (15:30:55). La absorbancia se midió a

una longitud de onda de 446nm (Espectrofotómetro Thermo Electron Corporation, USA). Para la cuantificación se utilizó una recta de calibrado de β caroteno como patrón. Los análisis se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como mg β caroteno/100 g sólidos secos.

VITAMINA C

La vitamina C se determinó por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC) sumando el contenido en ácido ascórbico (AA) y ácido dehidroascórbico (DHAA). El AA se determinó según la metodología descrita por Xu et al. (2008). El DHAA se redujo a AA usando el reactivo DL- ditiotreitól (Sigma-Aldrich), de acuerdo con Sánchez-Moreno et al. (2003), se procedió de nuevo al análisis del AA, obteniéndose así el contenido en Vitamina C.

Se empleó un equipo HPLC (Jasco, Italia) con una bomba ternaria (Jasco PU-1580 HPLC pump), un generador de gradiente (LG-1580-02 Ternary Gradient Unit) y un detector UV-visible (MD-1510), con un intervalo de medida de longitud de onda de 190 hasta 650 nm. Además el equipo cuenta con un desgasificador incorporado y un inyector automático. Se empleó una columna Zorbax SB-C18 de 5 μ m (4,6 x 25 mm), junto con una precolumna (C18 Teknokroma). Como fase móvil se empleó ácido oxálico (0,1%) con un flujo de 1 mL/min a 25 °C. Se inyectaron 20 μ L de muestra y se midió la absorbancia a 243 nm. La vitamina C fue identificada por su tiempo de retención y cuantificada por integración de las áreas de los picos obtenidos de los cromatogramas usando ácido ascórbico como patrón. Los análisis se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como mg ácido ascórbico/100 g sólidos secos.

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

Los análisis de la actividad antioxidante se realizaron por tres metodologías: método FRAP, DPPH y ABTS. Los análisis se llevaron a cabo por triplicado en el extracto de metanol obtenido para la cuantificación de fenoles totales.

Método FRAP

El principio de este método está basado en el incremento en absorbancia debido a la formación del complejo 2,4,6-trypiridil-s-triazina (TPTZ)-Fe(II), en presencia de un agente reductor (Gaviria et.al., 2009).

Se llevó a cabo según el procedimiento descrito en Benzie y Strain (1996); Pulido et al. (2000) y Thaipong et al. (2006). Para ello se añadió en una cubeta , 900 μ L de reactivo FRAP, 30 μ L de agua bidestilada y 30 μ L de extracto o de disolvente de extracción en el caso del blanco. La absorbancia se midió a 593 nm con un espectrofotómetro UV-visible (Thermo Electron Corporation, USA) y los resultados se expresaron como μ moles de Trolox equivalente/100g sólidos secos, a partir de la recta de calibrado obtenida previamente.

Método DPPH

El 1,1-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), es un radical libre estable que presenta una coloración púrpura, como consecuencia de la donación de un electrón o un protón por un compuesto con actividad antioxidante la coloración desaparece (Gaviria et.al., 2009).

Se siguió el protocolo descrito en Brand-Williams et al. (1995) y Sanchez-Moreno et al. (2003). La absorbancia se midió a 517 nm (Espectrofotómetro Thermo Electron Corporation, USA) a tiempo cero y a los 2,5 minutos, cuando la reacción se había estabilizado.

Se calculó el % DPPH según la siguiente ecuación:

$$\%DPPH = \frac{(A_0 - A_{2.5})}{A_0} * 100 \quad (1)$$

Donde:

A_0 = absorbancia a tiempo cero; $A_{2.5}$ = absorbancia a los 2,5 minutos.

Los resultados se expresaron como μ moles de Trolox equivalente/100g de sólidos secos, a partir de la recta de calibrado obtenida previamente.

Método ABTS

Se fundamenta en la cuantificación de la decoloración del radical ABTS•+, debido a la interacción con especies donantes de hidrógeno o de electrones (Encina et.al., 2013)

Se realizó el método según el protocolo descrito en Re et al. (1999); Arnao et al. (2001) y Thaipong et al. (2006). Se preparó una disolución de ABTS 7mM y persulfato de potasio 2,45 mM (1:0,5) y se mantuvo en refrigeración y en oscuridad durante 12 y 16 horas para que se formase el radical ABTS•+ . Una vez transcurrido el tiempo se diluyó en etanol hasta obtener un valor de absorbancia a 734 nm de 0,7nm. En una cubeta espectrofotométrica se añadió 1 mL del reactivo anterior y se midió su absorbancia a tiempo cero a 734 nm. A continuación se añadió 10 μ L del extracto y se midió la absorbancia con una longitud de 734 nm (Espectrofotómetro Thermo Electron Corporation, USA) pasado un minuto, cuando la reacción ya se ha estabilizado.

Los resultados se expresaron como μ moles de Trolox equivalente /100 g sólidos secos, a partir de la recta de calibrado obtenida previamente.

ENSAYO DEL ÁCIDO 2-TIOBARBITÚRICO (TBA)

En este método se observa una formación de un pigmento rojo, formado con la condensación de una molécula de malonaldehído y dos moléculas de TBA. El malonaldehído es un metabolito secundario de la oxidación de ácidos grasos, el cual se utiliza para cuantificar el estado de rancidez (Rosmini et al., 1996).

Se llevó a cabo mediante la metodología descrita por Guzmán-Chozas et.al., (1997). A 1 g de muestra se añadió 20 mL de una disolución de ácido tricloroacético- EDTA- galato de propilo. La mezcla se homogeneizó y se

centrifugó 5 min a 4000 rpm. El sobrenadante obtenido se filtró y se prepararon diferentes tubos de ensayo con diferentes concentraciones de muestra. A estos tubos se le añadió 5 mL de la disolución de TBA y 5 mL de la disolución de ácido tricloroacético- EDTA y galato de propilo. Los tubos se taparon y fueron introducidos en un baño con ebullición suave durante 40 minutos. Finalizado este tiempo los tubos se enfriaron y se midió la absorbancia a 530 nm (Espectrofotómetro Thermo Electron Corporation, USA). Los resultados se expresaron como miligramos de malonaldehído/100g de sólidos secos, a partir de la recta de calibrado obtenida previamente.

PROPIEDADES MECÁNICAS

Para las tres muestras se realizó un ensayo de compresión usando un analizador de textura TA-XT Plus (Stable Micro Systems, Ltd. UK) con una sonda cilíndrica de 10 mm de diámetro. La muestra fue depositada en capsulas de aluminio, se realizó un ensayo de compresión con una distancia fija de 1 mm y con una velocidad de 0,5mm/s. Cada ensayo se realizó por triplicado. Se registró la curva fuerza-distancia y a partir de ella se registró la fuerza máxima obtenida en cada ensayo (F_{max}) (Telis y Martínez-Navarrete., 2010).

PROPIEDADES ÓPTICAS

Posterior al ensayo de compresión se efectuaron las medidas de color en la superficie de las muestras depositadas en las capsulas de aluminio empleadas para el ensayo mecánico. Se utilizó un espectrocolorímetro Minolta CM-3600d (Japón). Se obtuvieron las coordenadas CIE $L^*a^*b^*$ utilizando como referencia el iluminante D65 y observador 10° . A partir de estas coordenadas se calculó el tonto (h^*), croma (C^*) y la diferencia total de color (ΔE^*) utilizando las fórmulas que se muestran a continuación.

$$h^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (2)$$

$$C = [(a^*)^2 + (b^*)^2] \quad (3)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (4)$$

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizaron análisis de la varianza (ANOVA) con un nivel de significación del 95% ($p < 0,05$). Además se llevó a cabo un análisis de correlación de Pearson entre los métodos de actividad antioxidante y el contenido en fitoquímicos, con un nivel de significación del 95%. Todos los análisis estadísticos se realizaron empleando el programa Statgraphics Centurion XV.II.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fenoles totales

Se analizó el contenido en fenoles totales en las muestras de PRP, cacao y quinoa a las dos a_w , el resultado se puede observar en la Tabla 1. En esta tabla se muestra también el valor inicial de estos compuestos antes del equilibrado a las humedades de estudio y de los 9 meses de almacenamiento (Peña, 2015). Los resultados se expresaron en sólidos secos con fines comparativos.

TABLA 1. Valores medios de los fenoles totales (mg ácido gálico/100g de sólidos secos) y desviación estándar (entre paréntesis) del plátano primitivo pintón (PRP), quinoa y cacao para las dos a_w estudiadas 0,113 y 0,755 y valores iniciales antes del almacenamiento (Peña, 2015).

MUESTRA	mg ácido gálico/100g de sólidos secos		
	Inicial	a_w 0,113	a_w 0,755
PRP	5,7(0,7) ^{a1}	2,3(0,1) ^{b1}	1,19(0,07) ^{c1}
Cacao	265(5) ^{a2}	179,7(0,7) ^{b2}	63(2) ^{c2}
Quinoa	10,6(0,7) ^{a1}	2,5(0,6) ^{b1}	1,1(0,2) ^{c1}

¹⁻² superíndices diferentes dentro de la misma columna indican diferencias significativas entre el plátano primitivo pintón, cacao y quinoa ($p < 0,05$).

^{a-c} superíndices diferentes dentro de la misma fila indican diferencias significativas entre las a_w de las muestras y los datos iniciales ($p < 0,05$).

En general para las muestras de PRP, cacao y quinoa, se observó que los valores de fenoles totales fueron significativamente inferiores ($p < 0,05$) después del almacenamiento. Las mayores pérdidas en estos compuestos se produjeron en las muestras de $a_w = 0,755$. Esta mayor degradación de fenoles puede ser debido al mayor contenido de agua disponible en estas muestras. El principal mecanismo de degradación de estos compuestos es la oxidación enzimática (De la Rosa et al., 2010), ya que los compuestos fenólicos son sustratos para las polifenoloxidasas. Otros autores también observaron este efecto en muestras de pomelo liofilizado en polvo equilibrado a distintas humedades relativas (Moraga et al. 2012). En las muestras con a_w 0,113 se produjeron pérdidas de fenoles del 60%, 32% y del 76% para las muestras de PRP, cacao y quinoa, respectivamente. En el caso de la a_w 0,75, las pérdidas fueron de 80%, 76% y del 90% para el PRP, cacao y quinoa, respectivamente.

En general, se observó que la muestra con mayor ($p < 0,05$) contenido en fenoles, tanto al inicio como al final del almacenamiento, fue el cacao. Según lo observado en la bibliografía, el cacao es un alimento reconocido por su alto valor en compuestos fenólicos, los cuales confieren a este alimento efectos beneficiosos para la salud (Kalvatchev et al, 1998).

No se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en el contenido fenólico de PRP y quinoa, en ninguna de las condiciones estudiadas.

Carotenoides totales

Los resultados de la determinación de compuestos carotenoides presentes en las muestras de estudio se presentan en la Tabla 2. En esta tabla se muestra también el valor inicial de estos compuestos antes del equilibrado a las humedades de estudio y de los 9 meses de almacenamiento (Peña, 2015). Los resultados se expresaron en sólidos secos con fines comparativos.

TABLA 2. Valores medios de los carotenoides totales (mg β caroteno/ 100g de sólidos secos) y desviación estándar (entre paréntesis) del plátano primitivo pintón (PRP) quinoa y cacao para las dos a_w estudiadas 0,113 y 0,755, y valores iniciales (Peña, 2015).

MUESTRA	mg β caroteno/ 100g de sólidos secos		
	Inicial	$a_w 0,113$	$a_w 0,755$
PRP	2,3(0,4) ^{a1}	1,997(0,005) ^{a1}	1,57(0,16) ^{b1}
Cacao	9(2) ^{a2}	4,18(0,03) ^{b2}	1,82(0,05) ^{c2}
Quinoa	1,4(0,4) ^{a3}	0,9(0,3) ^{ab3}	0,65(0,05) ^{b3}

¹⁻³ superíndices diferentes dentro de la misma columna indican diferencias significativas entre el plátano primitivo pintón, cacao y quinoa ($p < 0,05$).

^{a-c} superíndices diferentes dentro de la misma fila indican diferencias significativas entre las dos a_w de las muestras y los datos iniciales ($p < 0,05$).

En general, tanto inicialmente como para cada a_w de las muestras, se observó que el cacao fue el alimento con mayor contenido en carotenoides ($p < 0,05$), seguido del primitivo y por último, la quinoa.

En la muestra de PRP y quinoa, aunque el valor más alto de carotenoides se obtuvo antes del almacenamiento, no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los valores iniciales y después del almacenamiento a una actividad del agua de 0,113 (pérdidas del 13% y del 36% para el PRP y la quinoa, respectivamente). Sin embargo, sí se produjo una disminución significativa ($p < 0,05$) del contenido de carotenoides en las muestras de a_w más alta, situándose la pérdida en el 32% y el 54% para el PRP y la quinoa, respectivamente.

Para la muestra de cacao se observó mayor ($p < 0,05$) cantidad de carotenoides en la muestra inicial. Se produjo una disminución significativa ($p < 0,05$) del contenido de carotenoides debida al almacenamiento, siendo esta degradación más acusada ($p < 0,05$) en las muestras con mayor a_w . En el caso de la muestra de cacao con a_w de 0,113 se produjo un 53% de pérdida, y para la muestra con a_w de 0,755 la pérdida fue del 80 %, respecto al contenido inicial.

Otros estudios avalan que, cuanto más tiempo y mayor sea la humedad de la muestra, mayor será la pérdida en carotenoides, ya que la degradación de carotenoides se debe fundamentalmente a reacciones de oxidación, ya sean no enzimáticas o debidas a enzimas, como las lipoxigenasas. Estas reacciones están favorecidas cuanto mayor sea el tiempo de almacenamiento y la humedad de las muestras (Meléndez-Martínez et al., 2004; Reis et al, 2009).

Vitamina C

Se partió de un contenido en vitamina C de 3,4(0,3), 0,39(0,08) y 2,3(0,5) mg ácido ascórbico/ 100 g sólidos secos de PRP, cacao y quinoa, respectivamente (Peña, 2015). Tras el almacenamiento, se produjo la pérdida total de esta vitamina, no detectándose su contenido en el análisis realizado para ninguna de las muestras.

La pérdida de Vitamina C durante el almacenamiento es un comportamiento normal, ya que como se ha observado en la bibliografía, la vitamina C es de las vitaminas más sensibles y por lo tanto la que más tiende a degradarse. Entre los factores que producen la degradación de la vitamina C se encuentra el oxígeno y la presencia de enzimas como la ácido ascórbico oxidasa. Además es altamente sensible a la humedad de las muestras, siendo menores las pérdidas cuando la humedad es menor (Ceballos, 2008; Cortez, 2011).

Actividad antioxidante

La actividad antioxidante de las diferentes muestras fue analizada según los métodos descritos en el apartado de metodología. Resulta muy difícil evaluar la actividad antioxidante de un producto con un único método, puesto que la actividad antioxidante es debida a reacciones sinérgicas entre distintos compuestos (vitaminas, polifenoles, carotenoides, minerales, compuestos de Maillard) por lo que es recomendable emplear más de un ensayo para medir correctamente dicha actividad (Thaipong et al., 2006; Číž et al., 2010 y Martínez et al., 2012).

Los resultados de actividad antioxidante realizada por los tres métodos (DPPH, FRAP y ABTS) para las tres muestras a las a_w de estudio se muestran en la tabla 3. También se muestra el valor inicial de la actividad antioxidante de las muestras antes del almacenamiento y del equilibrado a las humedades de estudio, medida con el método DPPH (Peña, 2015).

TABLA 3. Valores medios de actividad antioxidante (μ moles Trolox equivalentes/ 100g de sólidos secos) y desviación típica (entre paréntesis) del plátano primitivo pintón (PRP), cacao y quinoa para las dos a_w estudiadas (0,113 y 0,755) y para los datos iniciales medidos con el método de DPPH (Peña, 2015).

MUESTRA	DPPH			FRAP		ABTS	
	Inicial	a_w 0,113	a_w 0,755	a_w 0,113	a_w 0,755	a_w 0,113	a_w 0,755
PRP	5,4(0,4) ^{a1}	4,66(0,14) ^{b1}	2,29(0,19) ^{c1}	5,4(0,2) ^{a1}	3,32(0,13) ^{b1}	5,2(1,4) ^{a1}	3,2(1,3) ^{b1}
Cacao	73(2) ^{a2}	38,41(0,19) ^{b2}	15,5(0,3) ^{c2}	54(6) ^{a2}	22,4(0,6) ^{b2}	54,8(1,5) ^{a2}	32(2) ^{b2}
Quinoa	4,3(0,8) ^{a1}	2,2(0,3) ^{b3}	0,73(0,04) ^{c3}	7,6(0,8) ^{a3}	2,4(0,9) ^{b3}	4,9(0,2) ^{a1}	2,4(0,7) ^{b1}

¹⁻³ superíndices diferentes dentro de la misma columna indican diferencias significativas entre el plátano primitivo pintón, cacao y quinoa ($p < 0,05$).

^{a-c} superíndices diferentes dentro de la misma fila indican diferencias significativas entre las dos a_w y los datos iniciales ($p < 0,05$).

Comparando los valores de actividad antioxidante de las muestras de partida, en todos los casos se observó una disminución significativa ($p < 0,05$) de la misma. Estas pérdidas están relacionadas con la disminución del contenido en compuestos fenólicos, carotenoides y vitamina C (Sulaiman et al., 2011). Al igual que ocurría con los compuestos fitoquímicos analizados, estas pérdidas son mayores en las muestras con a_w mayor. Esta evolución observada parece estar relacionada con la disponibilidad de agua para participar en reacciones de degradación o para actuar como un vehículo que permite la movilidad de los diferentes sustratos implicados (Moraga et al., 2012).

Se produjeron pérdidas de 14%, 47% y 49% para PRP, cacao y quinoa, respectivamente a la a_w más baja. Para la a_w de 0,755, las pérdidas fueron del 58 % para PRP, 79 % para cacao y del 83 % para la quinoa. En el método FRAP y ABTS también se observó disminución ($p < 0,05$) de la actividad antioxidante al aumentar la a_w de las muestras.

Para todos los métodos y en todas las condiciones de humedad relativa, la muestra que en general presentó mayor actividad antioxidante fue el cacao, el cual, como ya se ha comentado, también presentó los valores más altos de fenoles y carotenoides.

Con el fin de estudiar la relación entre los compuestos cuantificados en este análisis con los diferentes métodos para evaluar la actividad antioxidante, se llevó a cabo un análisis de correlación de Pearson. El coeficiente de correlación de Pearson es un índice que mide el grado de variación entre distintas variables relacionadas linealmente. El rango de estos coeficientes de correlación es de -1 a +1 y miden la fuerza de relación lineal entre las variables. Los resultados se muestran en la Tabla 4. En todos los casos se observaron relaciones positivas entre las variables estudiadas, es decir al aumentar el contenido en fitoquímicos aumenta la actividad antioxidante de las muestras (Guiné et al., 2015). Estas significativas y altas correlaciones

también han sido encontradas por otros autores (Kaur y Kapoor, 2002; Thaipong et al., 2006; Contreras Calderon et al., 2010; Guiné et al., 2015; Yilmaz y Karadeniz, 2014).

TABLA 4. Correlaciones de Pearson entre los métodos de actividad antioxidante y el contenido en fenoles y carotenoides totales del plátano primitivo pintón (PRP), cacao y quinoa.

Muestra	Fitoquímico	DPPH	FRAP	ABTS
PRP	Fenoles	0,9943*	0,9981*	0,6232
	Carotenoides	0,9853*	0,9754*	0,4820
Cacao	Fenoles	0,9495*	0,9736*	0,9273*
	Carotenoides	0,9440*	0,9716*	0,9501*
Quinoa	Fenoles	0,9160*	0,9356*	0,9582*
	Carotenoides	0,9957*	0,9884*	0,9423*

La correlación es significativa ($p < 0,05$)*

Para la muestra de PRP, se establecieron correlaciones elevadas y significativas ($p < 0,05$) entre los fenoles y los carotenoides con los métodos DPPH y FRAP.

En las muestras de cacao y quinoa, se observó una correlación alta y significativa ($p < 0,05$) de los tres métodos de análisis de la actividad antioxidante y el contenido en fenoles y carotenoides totales. Esto indica que ambas sustancias contribuyen en gran medida al potencial antioxidante de ambas muestras. En el cacao, el método que mayor correlación mostró tanto con el contenido en fenoles ($r = 0,9736$) como con el contenido en carotenoides ($r = 0,9716$) fue el método FRAP, mientras que en la quinoa fue el ABTS con los fenoles y el DPPH con los carotenoides.

Ensayo del ácido 2-tiobarbitúrico (TBA).

Con el fin de conocer el estado de las muestras en cuanto al grado de oxidación de grasas, se llevó a cabo el análisis de TBA. La oxidación lipídica provoca cambios importantes en los alimentos, modificando su valor nutricional y atributos organolépticos. Existen diferentes métodos para determinar el grado de oxidación de un alimento, entre estos métodos, el índice de TBA es uno de los más utilizados para la evaluación del enranciamiento por ser un método rápido y sencillo, ser aplicable a una amplia variedad de alimentos y correlacionarse muy bien con la evaluación sensorial (Estepa et al., 2001). Este ensayo determina la cantidad de malonaldehído, uno de los principales productos de la oxidación lipídica (Rosmini et al., 1996). Los resultados se muestran en la Figura 1 y se expresaron en mg de malonaldehído/100g de sólidos secos.

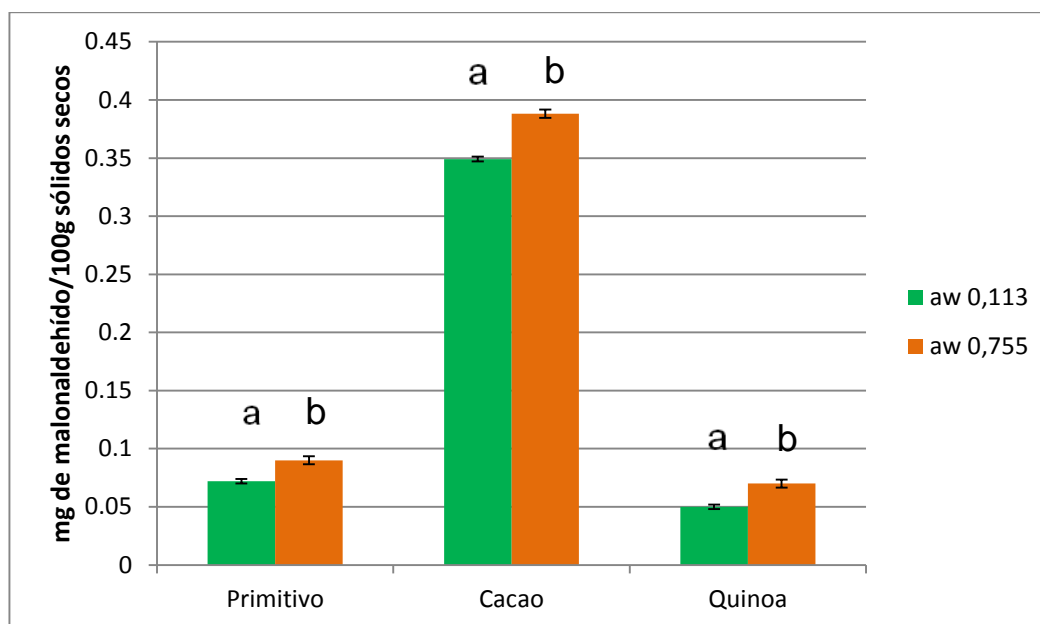


FIGURA 1. Valores obtenidos en el ensayo TBA (mg de malonaldehído/100g de sólidos secos) en función de la a_w para las muestras de plátano primitivo pintón, quinoa y cacao.

a - b superíndices diferentes en una misma muestra indican diferencias significativas entre las dos a_w ($p < 0,05$).

Comparando las tres muestras, se observó que el cacao fue la muestra con mayor cantidad de malonaldehído a ambas a_w . Este resultado concuerda con lo esperado, ya que el cacao es la muestra con mayor porcentaje de grasa, en torno a 10,29 g por 100g sólidos secos (Peña, 2015), y por lo tanto tiene mayor predisposición al enranciamiento (Kalvatchev et al, 1998).

Para las tres muestras se observó un aumento estadísticamente significativo ($p < 0,05$) de la cantidad de malonaldehído, y por tanto de la rancidez, al aumentar la a_w . Estos resultados concuerdan con la bibliografía, ya que factores como el aumento de la actividad del agua pueden provocar cambios en la fracción grasa de la muestra, aumentando el índice de rancidez, debido a que enzimas como las lipasas, las cuales intervienen en esta degradación, están activas a mayor actividad del agua (Oro et al., 2008). Sin embargo, a pesar del aumento de rancidez observado entre las muestras con distinta a_w , en ningún caso organolépticamente los cambios fueron detectados, no percibiéndose aroma a rancio. Otros estudios en muestras de pescado han concluido que el límite de aceptación sensorial es aproximadamente de 5-8mg malonaldehído /kg, a partir del cual el estado de oxidación puede percibirse organolépticamente (Nunes et al., 1992).

Propiedades mecánicas y ópticas

También se evaluó la estabilidad de la muestra en cuanto a sus propiedades mecánicas y ópticas. Los resultados obtenidos en el ensayo de compresión se muestran en la Tabla 5, donde se presentan los valores de $F_{max}(N)$ obtenidos en las diferentes materias primas analizadas. Estos datos

se compararon con los obtenidos en un trabajo previo a los 3 meses de almacenamiento (Ospina, 2015).

TABLA 5. Valores promedio de fuerza máxima (F_{max}) y desviación típica (entre paréntesis) en función de la actividad del agua (a_w) de las muestras de plátano primitivo pintón (PRP), quinoa y cacao a los tres (Ospina, 2015) y nueve meses de almacenamiento. Variación relativa de F_{max} por efecto del tiempo.

Muestra	a_w	F_{max} 3 meses (N)	F_{max} 9 meses (N)	ΔF_{maxr} (%) (t)*
PRP	0,113	68(7) ^{1a}	25(1) ^{1b}	-63.2
	0,755	38(4) ^{2a}	7,85(0,17) ^{2b}	-79.3
Cacao	0,113	30(4) ^{1a}	10,1(0,5) ^{1b}	-66.3
	0,755	23(5) ^{1a}	13(1) ^{2b}	-43.5
Quinoa	0,113	70(6) ^{1a}	25(5) ^{1b}	-64.3
	0,755	72(14) ^{1a}	10(2) ^{2b}	-86.1

¹⁻² superíndices diferentes dentro de la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$) en función de la actividad del agua de la muestra después de 9 meses de almacenamiento .

^{a-b} superíndices diferentes dentro de la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$) en función del tiempo de almacenamiento a una determinada actividad de agua.

$$* \Delta F_{maxr} (\%) (t) = 100 * (F_{max} 9 - F_{max} 3) / F_{max} 3 \quad (5)$$

A los 9 meses de almacenamiento, las muestras con mayor a_w presentaron un valor de F_{max} significativamente ($p < 0,05$) menor que las muestras con menor a_w , a excepción del cacao, el cual no presentó diferencias significativas en función de la a_w . Esta muestra presentó los valores más bajos de F_{max} lo que puede estar asociado a la gran cantidad de grasa presente en dicha materia prima en comparación con el PRP y la quinoa.

En todos los casos se observó un descenso significativo ($p < 0,05$) de la F_{max} registrada en el ensayo de compresión respecto a los 3 meses de almacenamiento (Tabla 5). Este descenso fue del 63 - 79% para el PRP, 66 - 44% para el cacao y 64 - 86% para la quinoa, sin embargo, a diferencia de lo que se ha observado en otros productos de fruta en polvo estudiados (Telis et al., 2010; Mosquera et al., 2011), no se apreciaron problemas evidentes de colapso o apelmazamiento.

Respecto a la evolución del color de las muestras, la Tabla 6 recoge los valores promedio de Luminosidad (L^*), Cromo (C^*) y tono (h^*) de las mismas en función de su actividad del agua.

TABLA 6. Valores medios de las coordenadas L*, C* y h* y desviación típica (entre paréntesis) a las actividades de agua de estudio (0,113 y 0,755) para las muestras de primitivo pintón (PRP), cacao y quinoa, a los tres y nueve meses de almacenamiento (Ospina, 2015).

Muestra	a _w	L* 3 meses	L* 9 meses	C* 3 meses	C* 9 meses	h* 3 meses	h* 9 meses
PRP	0,113	73,8(1,1) ^a	67(3) ^{1b}	19,8(0,9) ^a	20,4(1,1) ^{1a}	79,1(1,1) ^a	76,9(0,3) ^{1b}
	0,755	70,2(1,2) ^a	67(2) ^{1a}	22,2(1,1) ^a	21,9(0,5) ^{1a}	78,6(0,3) ^a	76,3(1,2) ^{1b}
Cacao	0,113	36(2) ^a	33,5(0,5) ^{b1}	9,5(0,4) ^a	10,6(0,3) ^{1a}	35(2) ^a	38,8(1,1) ^{1a}
	0,755	35,6(0,4) ^a	34,9(0,3) ^{a2}	10,1(0,2) ^a	11,4(0,2) ^{2a}	39,9(0,1) ^a	39,4(1,4) ^{1a}
Quinoa	0,113	86,99(0,11) ^a	86,2(1,1) ^{1a}	12,7(0,2) ^a	15,2(1,2) ^{1b}	88,7(0,4) ^a	88,7(0,4) ^{1a}
	0,755	86,1(0,6) ^a	85,8(1,5) ^{1a}	16(1) ^a	15,2(0,7) ^{1a}	87,8(1,2) ^a	87,2(0,2) ^{2a}

¹⁻² superíndices diferentes dentro de la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$) en función de la actividad del agua de la muestra después de 9 meses de almacenamiento .

^{a-b} superíndices diferentes dentro de la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$) en función del tiempo de almacenamiento a una determinada actividad de agua.

La muestra de PRP, presentó un descenso de la luminosidad al aumentar el tiempo de almacenamiento, que resultó significativo ($p < 0,05$) únicamente en la muestra con menor a_w. A su vez, al aumentar el tiempo, se observó una variación significativa ($p < 0,05$) en el tono hacia colores más pardos, sin cambios significativos ($p > 0,05$) en la saturación o pureza del color. Sin embargo al comparar el color de las muestras a las dos a_w estudiadas almacenadas durante 9 meses, no se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el valor de los atributos de color.

Por lo general, el tiempo de almacenamiento no afectó en gran medida al color de las muestras de cacao y quinoa. Únicamente se observó un descenso significativo ($p < 0,05$) en la luminosidad de la muestra de cacao con menor a_w y un aumento significativo en el croma de la muestra de quinoa con menor a_w. Tras 9 meses de almacenamiento, el cacao con mayor a_w presentó un color significativamente ($p < 0,05$) más luminoso y más puro, sin cambios significativos en el tono. Sin embargo, las muestras de quinoa con mayor a_w almacenadas durante 9 meses permanecieron con la misma luminosidad y pureza de color, únicamente presentaron una disminución estadísticamente significativa de la coordenada h*, hacia tonos menos amarillos.

Con el objetivo de evaluar la magnitud de las diferencias encontradas se calcularon las diferencias globales de color (Ec.4) por efecto del tiempo de almacenamiento y por efecto de la diferente HR del ambiente durante el equilibrado de las muestras (Figura 2).

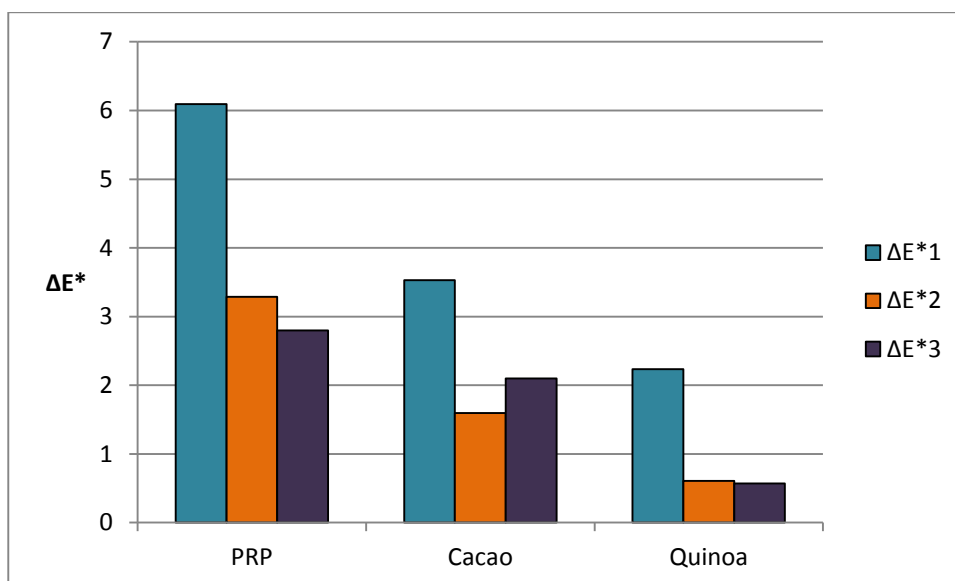


FIGURA 2. Diferencia de color (ΔE^*) entre muestras. ΔE^*_1 : diferencia de color entre muestras con $a_w=0.113$ almacenadas 3 y 9 meses; ΔE^*_2 : diferencia de color entre muestras con $a_w=0.775$ almacenadas 3 y 9 meses; ΔE^*_3 : diferencia de color por efecto de la $a_w(0.113$ o $0.775)$ después de 9 meses de almacenamiento.

En general, las mayores diferencias de color encontradas corresponden con la muestra de plátano ($\Delta E^*= 2.8-6$), seguidas por el cacao ($\Delta E^*= 1.6-3.5$), y por último la quinoa ($\Delta E^*= 0.6-2.2$). Todos ellos pueden considerarse valores pequeños de ΔE^* , es decir, difícilmente perceptibles para el ojo humano (McDonald y Smith, 1995), por lo que podemos considerar que las muestras permanecieron estables en cuanto a sus propiedades ópticas después de 9 meses de almacenamiento a ambas HR estudiadas.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos para las muestras de plátano primitivo pintón, quinoa y cacao se observó que tanto el tiempo de almacenamiento como el aumento de la a_w de las muestras afectó negativamente, provocando la disminución del contenido en compuestos fenólicos, carotenoides y actividad antioxidante. Además se observó la pérdida de la vitamina C y un aumento en el grado de rancidez de las muestras. En cuanto al estudio de las propiedades mecánicas, las muestras almacenadas durante nueve meses a ambas actividades de agua, no presentaron problemas evidentes de colapso o apelmazamiento a pesar de presentar cambios significativos en los parámetros analizados, permaneciendo estables en cuanto a sus propiedades ópticas.

Tras los resultados obtenidos, se concluyó que las mejores condiciones de almacenamiento para estos alimentos y poder favorecer así su estabilidad sería a una actividad del agua baja, minimizando la pérdida de compuestos fitoquímicos y, por tanto, de actividad antioxidante.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la ayuda concedida a través de la convocatoria ADSIDEO - COOPERACIÓN 2012 (UPV) al proyecto “Contribución a la mejora del estado nutricional en poblaciones infantiles rurales del departamento del Chocó a partir de materias primas de uso tradicional”.

BIBLIOGRAFÍA

- Arnao, M.B.; Cano, A.; Acosta, M. 2001. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chemistry* 73 239-244.
- Benzie, IFF.; Strain, J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239: 70-76.
- Benzie, IFF.; Strain, J.J. 1999. Ferric reducing/antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Methods in Enzymology*, 299: 15–27.
- Bhargava, A.; Shukla, S.; Ohri, D. 2007. Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Field Crops Research*, 101(1): 104-116.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo), 2010. Nutrición en Colombia: estrategia del país 2011-2014. división de Protección Social y Salud. Visto el 7 de mayo de 2015 <http://www.iadb.org/wmsfiles/products/publications/documents/35791560.pdf>
- Bonilla.R. 2004. Situación actual y prospectiva de la niñez y la juventud en Colombia. *Bogotá: Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, Programa Presidencial Colombia Joven, Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia-Unicef y Agencia de Cooperación Técnica alemana-GTZ, Universidad Nacional de Colombia.*
- Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.E.; Berset, C. 1995. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensm-Wiss u-Techno*, 28: 25-30.
- Ceballos, A.M. 2008. Estudio comparativo de tres sistemas de secado para la producción de un polvo deshidratado de fruta. *Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales*, 1-111.
- Číž, M.; Cizova, H.; Denev, P.; Kratchanova, M.; Slavov, A.; Lojek, A. 2010. Different methods for control and comparison of the antioxidant properties of vegetables. *Food Control* 21: 518-523.
- Comai, S.; Bertazzo, A.; Bailoni, L.; Zancato, M., Costa, C. V. L., & Allegri, G. 2007. The content of proteic and nonproteic (free and protein-bound) tryptophan in quinoa and cereal flours. *Food chemistry*, 100: 1350-1355.
- Contreras-Calderon, J.C.; Jaimes, L.C.; Hernandez, E.G.; Villanova, B.G. 2010. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International*, 44, 2047–2053.
- Cortez.R.M. 2011. Efecto del tratamiento térmico en las propiedades nutraceuticas del chile chilaca (*Capsicum annum* L.). *Instituto Politécnico Nacional* 1-57.
- Encina Zelada.C.R., Bernal Sánchez.A.P., Rojas Hurtado.D. 2013. Efecto de la temperatura de pasteurización y proporción de mezclas binarias de pulpa de carambola y mango sobre su capacidad antioxidante lipofílica. *Ingeniería industrial* nº 35: 197-219.
- Estepa.V, Ródenas.S, y Martín.M.C. 2001. Optimización de un método para la determinación de la peroxidación lipídica en suero humano. *Anales de la Real Academia de Farmacia* 67 (3).
- FIAN (FoodFirstInformation and Action Network), 2013. Colombia con hambre: Estado indolente y Comunidades resistentes. Informe sobre la situación del Derecho a la Alimentación en Colombia. ISBN 978-958-46-3444-3. Visto el 7 de mayo de 2015 http://www.fian.org/fileadmin/media/publications/Informe_DA_FIAN_Colombia_2013.pdf
- Gaviria Montoya.C., Ochoa Ospina.C., Sánchez Mesa.N., Medina Cano.C., Lobo Arias.M., Galeano García.P., Mosquera Martínez.A., Tamayo Tenorio.A., Lopera Pérez.Y.,

- Riojano.B. 2009. Actividad antioxidantes e inhibición de la peroxidación lipídica de extractos de frutos de mortiño (*Vaccinium meridionale* SW). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 8 (6), : 519-528.
- Gorosquera, F.E., S.F. García, F.E. Huicochea, Núñez S.M., González S.R., y P.L., Bello. 2004. Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa*). *Acta Científica Venezolana*, 55(1): 86-90.
- Greenspan, L., 1977. Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. *Journal of Research of the National Bureau of Standards* 81, 89.
- Guiné, R.P.F., Barroca.M.J., Gonçalves.F.J., Alves.M., Oliveira.S., Mendes.M. 2015. Artificial neural network modelling of the antioxidant activity and phenolic compounds of bananas submitted to different drying treatments. *Food Chemistry* 168. 454-459.
- Guzmán-Chozas.M., Vicario.I.M., Guillén-Sans.R. 1997. Spectrophotometric Profiles of Off-flavor Aldehydes by Using Their Reactions with 2-Thiobarbituric Acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 2452-2457.
- ICBF (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar), 2010. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia. ENSIN. Visto el 6 de mayo de 2015 <http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/PortalICBF/Bienestar/ENSIN1/ENSIN2010/LibroENSIN2010.pdf>
- Kalvathev.Z., Garzaro.D., Guerra Cedezo.F. 1998. *Theobroma cacao* L.: Un nuevo enfoque para nutrición y salud. *Agroalimentaria* N°6.
- Kaur, C., Kapoor, H.C. 2002) Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 153–161.
- Katz, D. L., Doughty, K., & Ali, A. 2011. Cocoa and chocolate in human health and. *Antioxidants & Redox Signaling* 15(10): 2779-2811.
- Martínez.R., Torres.P., Meneses.M.A., Figueroa.J.G., Pérez-Álvarez.J.A., Viuda-Martos.M. 2012. Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of cocoa (*Theobroma cacao* L) co-products. *Food Research International* 49: 39-45.
- Maskan M, Karatas S. 1999. Storage stability of whole split pistachio nuts (*pistachia vera* L.) at various conditions. *Food chemistry* 66, : 227-233.
- McDonald R, Smith KJ. 1995. CIE94 – a new color difference formula. *J, Soc. Dyers Col.*, 111, 376-379.
- Meléndez-Martínez, A.J, I.M Vivario, y F.J Heredia. 2004. Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. *Archivos latinoamericanos de nutrición* 54: 209-215.
- Ministerio de agricultura y desarrollo rural. 2011, Anuario estadístico del sector agropecuario y pesquero 2010. Edición Dirección de Política sectorial. ISBN 978-958-97128-8-7. Visto el 6 de mayo de 2015 <http://www.agronet.gov.co>
- Moraga.G., Igual.M., García-Martínez.E., Mosquera.L.H, y Martínez-Navarrete.N. 2012. Effect of relative humidity and storage time on the bioactive compounds and functional properties of grapefruit powder. *Journal of Food Engineering* 112: 191-199.
- Mosquera, L.H., Moraga. G., Fernández de Córdoba, P., Martínez-Navarrete., N., 2011. Water content–water activity–glass transition temperature relationships of spray-dried borjón related to changes in color and mechanical properties. *Food biophysics*, 6: 397-406.
- Nunes, M. L.; Cardinal, M.; Mendes, R.; Morao Campos, R.; Bandarra, N. M.; Lourenco, H. 1992. Effect of season and storage on proteins and lipids of sardine (*Sardine pilchardus*) Mince and Surimi en Quality assurance in the fish industry. Ed. H. H. Huss, M. Jakobsen, & J. Liston, Elsevier, pág. 73-81.
- Oliveira, T.B, y M.I Genovese. 2013. Chemical composition of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) and cocoa (*Theobroma cacao*) liquors and their effects on streptozotocin-induced diabetic rats. *Food Research International* 51: 929-935.
- Oro.T, Ogliari P.J, Dias de Mello.R, Barrera-Arellano.D, Mara.J. 2008. Evaluación de la calidad durante el almacenamiento de nueces Pecán [*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch] acondicionadas en diferentes envases. *Grasas y aceites*, 59 (2): 132-138.
- Ospina Sánchez, A.P. 2014. Caracterización proximal y estudio de la estabilidad de diferentes materias primas de interés en la preparación de un alimento complementario destinado a la población infantil del departamento de Chocó (Colombia). Trabajo Fin de Máster. Universidad Politécnica de Valencia.

- Pulido.R., Bravo.L., Saura-Calixto.F. 2000. Antioxidant Activity of Dietary Polyphenols As Determined by a Modified Ferric Reducing/Antioxidant Power Assay.*Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 3396-3402.
- Peña Masiá, E. 2015. Desarrollo de un alimento complementario infantil a base de productos de uso tradicional en la zona del Chocó (Colombia). Trabajo Final de Carrera. Universidad Politécnica de Valencia.
- Re.R., Pellegrini.N., Proteggente.A., Pannala.A., Yang.M., Rice-Evans.C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay» *Free Radical Biology & Medicine* : 1234-1237.
- Reis, RC; Ramos, AM; Regazzi, AJ; Minim, VPR; Stringueta , PC. 2009. Storage of dried mango: physicochemical, microbiological, color and sensory analysis. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 5:3; 214-255
- Rosmini.M.R, Ferlo.J., Pérez-Alvarez.J.A., Pagán-Moreno.M.J., Gago-Gago.A., López-Santoveña.F., Aranda-Catalá.V. 1996. TBA Test by an Extractive Method Applied to "Paté".» *Meat Science Vol.42*: 103-110.
- Rusconi.M, y Conti.A. 2010. *Theobroma cacao L.*, the Food of the Gods: A scientific approach beyond myths and claims.*Pharmacological Research* 61: 5-13.
- Sanchez-Moreno.C. 2002. Review: Methods Used to Evaluate the Free Radical Scavenging Activity in Foods and Biological Systems.*Food Science and Technology International*8(3): 121-137.
- Sulaiman.A.F., Tusoff.N.A., Eldeen.I.M., Seow.E.M., Bakar.A.A., Ooi.K.L. 2011. Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant activity of eight Malaysian bananas (*Musa sp.*).*Journal of Food Composition and Analysis* 24: 1-10.
- Tang.Y, Li.X, Chen.P.X, Zhang.B,Hernandez.M ,Zhang.H ,Marcone.M.F,Liu.R, Tsao.R. 2015. Characterisation of fatty acid, carotenoid, tocopherol/tocotrienol composition and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes.*Food Chemistry* 174: 502-508.
- Telis.V.R.N., Martínez-Navarrete.N. 2010. Application of compression test in analysis of mechanical and color changes in grapefruit juice powder as related to glass transition and water activity.» *Food Science and Technology* 43: 744-751.
- Thaipong.K., Boonprakob.U., Crosby.K., Cisneros-Zevallos.L., Hawkins Byrne.D. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extract.*Journal of Food composition and analysis* 19: 669-675.
- Tomás-Barberán, A.F., Gil.M.I., Cremin.P., Waterhouse.A.L., Hess-Pierce.B., Kder.A.A. 2001. HPLC-DAD-ESIMS Analysis of Phenolic Compounds in Nectarines,Peahces, and Plums.» *Food Chem* 49, : 4748-4760.
- Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martínez, E. A. 2010. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd), an ancient Andean grain: A review.» *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90: 2541-2547.
- Wan, Y., Vinson, J. A., Etherton, T. D., Proch, J., Lazarus, S. A., Kris-Etherton, P. M. 2001. Effects of cocoa powder and dark chocolate on LDL oxidative susceptibility.*American Journal of Clinical Nutrition* 74 (5): 596-602.
- Weisburger, J. 2001. Chemopreventive effects of cocoa polyphenols on chronic diseases.*Experimental Biology and Medicine* 226(10): 891-897.
- Xu.G., Liu.D., Chen.J., Ye.X., Ma.Y., Shi.J. 2008. Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties in China.*Food Chemistry* 106: 545-551.
- Yawadio Nsimba, R., Kikuzaki, H., Konishi, Y. 2008. Antioxidant activity of various extracts and fractions of *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus* spp. seeds.»*Food chemistry* 106(2): 760-766.
- Yilmaz.E; Karadeniz.F. 2014. Effect of storage on the bioactive compounds and antioxidant activity of quince nectar. *International Journal of Food Science & Technology*, 49.718-725.