REVITECA

Revista en Tecnología y Ciencia Alimentaria

Publicación Anual del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos * Volumen 6- 1997 *

ISSN 1022-0321

REVITECA

Revista en Tecnología y Ciencia Alimentaria

ISSN 1022-0321

Publicación Anual del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos * Volumen 6- 1997 *

DETERMINACION DE LA ESTABILIDAD DEL COCO (*Coco nucifera L.*) RALLADO DESHIDRATADO SEGUN EL PARDEAMIENTO NO-ENZIMATICO

Página 1

Composición química del huevo de tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*) y evaluación de su calidad física y microbiológica durante su almacenamiento

Se determinó la composición química de los huevos de tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*) y se evaluó su calidad física y microbiológica durante el almacenamiento a 5 °C y 25 °C y a una humedad relativa de 92 %.

Página 10

Percepción y uso de fecha de duración mínima en los alimentos preenvasados

Ciento cincuenta y ocho consumidores y treinta y cuatro técnicos fueron encuestados para evaluar su percepción y su uso de la fecha de duración mínima en los productos preenvasados.

Página 20

Evaluación de la estabilidad del surimi elaborado con FACA sometido a ciclos sucesivos de congelación-descongelación

Se evaluó el efecto de ciclos repetitivos de congelación-descongelación sobre la calidad del surimi elaborado con fauna acompañante del camarón blanco o rosado, a través de la medición de las siguientes propiedades reológicas: fuerza de compresión, fuerza de penetració, deformación, fluido expresible y doblado.

Página 25

Efecto de la luz, el oxígeno, el tiempo de reacción y el pH en el proceso de obtención de nitrosil hemocromo a partir de la sangre de res

El propósito de este trabajo fue definir las condiciones de establización química de la sangre y evaluar el efecto de la luz, el oxígeno, el pH y el tiempo de reacción en el proceso de obtención de nitrosil hemocromo a partir de la sangre del ganado vacuno de la raza Brahman.

Página 33

REVITECA

Revista en Tecnología y Ciencia Alimentaria

Volumen 6 - 1997

ISSN 1022-0321

Revista Anual publicada por el Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Directora del CITA
Gisela Kopper Arguedas

Editor
Ricardo Quirós Castro

Consejo Editorial
M. Sc. Gisela Kopper Arguedas
M. Sc. Ruth De la Asunción Romero
Ana Ruth Bonilla Leiva, Ph. D.
Lic. Vera García Cortes

Diseño de Portada
Ricardo Quirós Castro

Diagramación
Guiselle Cascante Salazar

La responsabilidad de los trabajos firmados es de sus autores y no del CITA, excepto cuando se indique expresamente lo contrario.

La mención de cualquier empresa o procedimiento patentado no supone su aprobación por parte del CITA.

Los artículos incluidos en REVITECA pueden reproducirse libremente siempre y cuando se haga mención expresa de su procedencia y se envíe copia al Consejo Editorial.

Correspondencia por canje y suscripciones Universidad de Costa Rica - Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos REVITECA
San José - Costa Rica
Email: citaucr@cariari.ucr.ac.cr.
Tels. 207-3067 / 207-3031 / 207-3057 / 207-4212 / 207-4701

La presente edición de REVITECA es patrocinada por Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Determinación de la estabiliad del coco (*Cocos nucifera L.*) rallado deshidratado según el pardeamiento no-enzimático **1**

Gisela KOPPER ARGUEDAS

Composición química del huevo de tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*) y evaluación de su calidad física y microbiológica durante su almacenamiento **10**

Randall MORA CASTRO
Ana Cecilia CHAVES QUIROS
Carlos H. HERRERA RAMIREZ

Percepción y uso de la fecha de duración mínima en los alimentos preenvasados **20**

Adriana BLANCO METZLER
Carlos PANIAGUA VASQUEZ
Rafael MONGE ROJAS
Leda MUÑOZ GARCIA
Sandra CHAVEZ DELGADO
Rodolfo VEGA CARDONA

Evaluación de la estabilidad del surimi elaborado con FACA sometido a ciclos sucesivos de congelación-descongelación **25**

Ronald MONTIEL MASIS
Sandra CALDERON VILLAPLANA
Carlos H. HERRERA RAMIREZ

Efecto de la luz, el oxígeno, el tiempo de reacción y el pH en el proceso de obtención de nitrosil hemocromo a partir de la sangre de res **33**

Susanne ARTIÑANO HANGEN
Carlos H. HERRERA RAMIREZ

DETERMINACION DE LA ESTABILIDAD DEL COCO (*Cocos nucifera L.*) RALLADO DESHIDRATADO SEGUN EL PARDEAMIENTO NO-ENZIMATICO

Gisela KOPPER-ARGUEDAS (*) y Mark H.- LOVE (**)

ABSTRACT

ASSESSING THE STABILITY OF DEHYDRATED SHREDDED COCONUT (*Cocos nucifera L.*) TO NON-ENZYMATIC BROWNING

Color change, in addition to other reactions, limits the shelf-life of dehydrated, shredded coconut. The stability of dehydrated, shredded coconut was studied by measuring the effects of temperature and moisture content on the rates of non-enzymatic browning. Coconuts from plants of the hybrid cultivar MAYPAN were used.

An accelerated shelf-life study was made on samples at an a_w of 0.3, stored in sealed glass vials at 30, 40 and 50 °C and held under 15 W fluorescent light. Samples were evaluated for color change and headspace volatile composition. The 50 °C study was repeated with product at an a_w of 0,4. Increasing the a_w from 0,3 to 0,4 did not affect the deterioration rates. Zero order rate constants for non-enzymatic browning in dehydrated coconut were enhanced at 50 °C. Energies of activation for color change were 36,4 kcal/mole for the Hunter a-value and 43,2 kcal/mole for the Hunter b-value. The Q_{10}s for 40-50 °C were 6,2 and 8.7 for *a*- and *b*- values, respectively. The Q_{10}s for 30-40 °C were 1,2 and 1,3 for *a*- and *b*-values. Characteristic volatile compounds such as hexanal, heptanol, heptanone and 2-undecanone were present. Low molecular weight volatiles were present in increasing amounts during storage, probably arising from the non-enzymatic browning reactions.

(*) M.Sc. Tecnología de Alimentos. Escuela de Tecnología de Alimentos. UCR

(**) Profesor Asociado. Iowa State University.

RESUMEN

El cambio de color, además de otras reacciones, limita la vida útil del coco rallado deshidratado. Se estudió la estabilidad de coco rallado deshidratado mediante la medición del efecto de la temperatura y el contenido de humedad en el pardeamiento no-enzimático. Se utilizaron cocos de plantas del cultivar híbrido MAYPAN en el estudio de vida útil acelerado en muestras con un a_w de 0,3, almacenadas en frascos de vidrio a 30, 40 y 50 °C bajo luz fluorescente de 15 W. Se evaluó el cambio de color y la composición volátil del espacio de cabeza de las muestras. El estudio a 50 °C se repitió en muestras con un a_w de 0,4. Las constantes de reacción de orden cero para pardeamiento no-enzimático se incrementaron a 50 °C. La energía de activación para el cambio de color en el coco rallado deshidratado fue de 36,4 kcal/mol para el valor -*a* del Hunter y 43,2 kcal/mol para el valor -*b* del Hunter. Los Q_{10}s para el rango de 40-50°C fueron de 6,2 y 8,7 para los valores -*a* y -*b* respectivamente. Los Q_{10}s para el rango de 30-40 °C fueron de 1,2 y 1,3 para los valores -*a* y -*b* respectivamente. Se encontraron presentes en las muestras compuestos volátiles característicos como hexanal, heptanol, heptanona y 2-undecanona. Durante el almacenamiento aparecieron en cantidades crecientes compuestos volátiles de bajo peso molecular, probablemente producto de las reacciones de pardeamiento no-enzimático.

INTRODUCCION

El coco (*Cocos nucifera L.*) es una de las nueces de mayor utilización en el mundo. Asia ha dominado la producción mundial de coco, siendo Filipinas, Sri Lanka, Indonesia, India y Tailandia los mayores suplidores de coco deshidratado (Pineda, 1993).

En la década de los 70's se fomentó en Costa Rica la investigación respectiva con miras a incentivar la producción local. Se introdujeron nuevos cultivares, se fomentó la producción y se brindó asistencia técnica. De esta manera, Costa Rica actualmente exporta coco fresco y deshidratado principalmente a USA, Inglaterra y Holanda. Si bien las exportaciones aumentaron, la mayoría de la producción es para consumo local en la fabricación de jabones y cosméticos y como producto deshidratado para productos de confitería, pastelería y lácteos (Pineda, 1993). Actualmente la producción de coco en el país ha disminuido por diversas razones, especialmente la ausencia de asistencia técnica en su industrialización (SEPSA, 1997).

El bajo contenido de humedad del coco deshidratado le confiere una gran barrera al deterioro microbiológico. Sin embargo, la alta concentración de solutos como lípidos, azúcares y proteínas propicia el deterioro químico por diversas reacciones. Los principales factores que pueden afectar la estabilidad durante el almacenamiento del coco deshidratado son la rancidez de los lípidos y el pardeamiento no-enzimático.

El pardeamiento no-enzimático involucra el fenómeno de la caramelización y la interacción de las proteinas o aminas con los carbohidratos. Esta última corresponde a la reacción de Maillard y es responsable de cambios durante el almacenamiento de muchos productos alimenticios que afectan sus propiedades físicas, funcionales, sensoriales y nutricionales. Otra reacción conocida como la degradación de Strecker involucra la interacción de compuesto a dicarbonilos y a amino ácidos en la producción de una serie de productos volátiles como aldehidos y piracinas que contribuyen con aromas y sabores, agradables en algunos casos y desagradables en otros cuando aparecen durante el almacenamiento (Whistler y Daniel, 1985). El control tanto de la reacción de Maillard como la degradación de Strecker es importante no solo por su contribución adversa al sabor y olor sino también por la posible toxicidad de algunos de los productos (Jagerstad *et al.*, 1983; Barnes *et al.*, 1983). Las reacciones de pardeamiento no-enzimático han sido evaluadas como limitantes de la vida útil de muchos productos deshidratados (Labuza, 1980; Labuza y Saltmarch, 1981; Ringe y Love, 1988; Driscoll, 1995) pero no se han reportado datos sobre su efecto en coco deshidratado.

El objetivo del presente estudio es evaluar la reacción de pardeamiento no-enzimático como un factor de deterioro limitante en la vida útil del coco deshidratado, con el fin de contribuir a mejorar la calidad del que actualmente se produce e incrementar su estabilidad durante el almacenamiento y distribución.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron cocos de la variedad híbrida MAYPAN (Enano Malasino Dorado X Alto de Jamaica) cosechados en 1996-1997 en la provincia Atlántica de Limón , Costa Rica.

Los cocos recién cosechados fueron pelados manualmente, lavados y escurridos. Se rallaron en un rallador de disco con apertura de 3,16 mm (The Hobart MFG Co., Tray, OH). Las ralladuras se secaron en un secador de bandejas (The National Drying Machinery Co., Philadelphia, PA) en capas de 2,5 cm a 60 °C hasta un contenido de humedad final de 1,5 % aproximadamente. Se empacó en bolsas de plástico laminado para su posterior estudio. Un lote de coco rallado deshidratado se

roció con agua y se dejó equilibrar en bolsas de polietileno hasta un valor de a_w de 0,3. Se tomaron muestras de 20 g de coco y se colocaron en frascos de vidrio de 100 ml sellados con septos de hule con cubierta de Teflon y sello de aluminio con el centro removible (Supelco Inc., Bellefonte, PA) y se almacenaron en cámaras de temperatura controlada a 30, 40 y 50 °C bajo luz fluorescente de 15 W. Diez puntos de muestreo por triplicado se obtuvieron para cada temperatura de almacenamiento. El muestreo se realizó cada dos días a 50 °C, cada cuatro días a 40 °C y cada ocho días a 30 °C. El estudio a 50 °C se repitió con muestras de coco equilibradas a un a_w de 0,4 aproximadamente. Las muestras se analizaron según el contenido de compuestos volátiles en su espacio de cabeza por cromatografía de gases y el cambio en color se monitoreó en un espectrocolorímetro Hunter LabScan (Hunter Assosiates Laboratory, Inc., Reston, VA). El análisis de los compuestos volátiles fue realizado en un cromatógrafo de gases Varian 3700 (Varian Co., Palo Alto, CA) equipado con un detector de llama y un integrador Hewlett-Packard 3390A (Hewlett Packard Co., Avondale, PA). Se utilizó una columna capilar DB-5 (0,25 mm i.d.X 30m) de silica (1,0 mm grosor) (J&W Scientific, Folsom, CA). Las temperaturas del inyector y del detector se fijaron a 130 °C y 230 °C respectivamente. Se utilizó un programa de temperatura de 50 °C a 220 °C, 10 °C/min con dos minutos sostenidos al inicio a 50 °C. El flujo de la columna fue de 1 mL/min y el flujo total (columna más el nitrógeno como gas portador) fue de 30 mL/min. El flujo del hidrógeno y el aire fue de 30 y 300 mL/min respectivamente. La sensibilidad del detector se fijó en $1X10^{-12}$ amp/s. Se inyectó la muestra con una jeringa hermética de 2,5 mL siguiendo el método de trampa fría con nitrógeno líquido para análisis estático del espacio de cabeza descrito por Wilson *et al.* (1992). Cada análisis del espacio de cabeza se realizó por triplicado, extrayéndose una muestra de cada uno de las tres frascos. Después de cada inyección, la jeringa se limpió en un limpiador de jeringas (Hamilton Co., Reno, NV.). Para la detección de octanol y otros volátiles, se utilizaron estándares analíticos (Aldrich, Milwaukee, WI) para establecer los tiempos de retención de cada estandar bajo estas condiciones cromatográficas.

El cambio en color se monitoreó en un espectrocolorímetro Hunter LabScan (Hunter Assosiates Laboratory, Inc., Reston, VA) configurado con un ángulo de campo de 10° y una abertura de 25 mm. Antes de cada medición, el intrumento se calibró con un azulejo estandar blanco y otro negro para el 100 y 0 en la escala L respectivamente. Para nivelar la superficie de la muestra, colocada en frascos Petri de vidrio con tapa, antes de la lectura se rotó 90° y se dejó caer 10 veces de una distancia de 1 cm.

Los parámetros cinéticos (energía de activación, constantes de reacción k y Q_{10}) se calcularon a partir del análisis de regresión lineal basado en un modelo de orden cero, donde las pendientes de las líneas de regresión (por duplicado) corresponden al valor k. La energía de activación Ea se calculó de la ecuación de Arrhenius:

$$k = k_o e^{-Ea/RT}$$

donde k= constante de reacción, ko = factor de frecuencia, Ea = energía de activación (cal/mol), R= constante de los gases ideales y T = temperatura de reacción (°K). El Q_{10} se calculó de la siguiente ecuación:

$$\log Q_{10} = \frac{2.2\ Ea}{T\ (T+10)}$$

Donde Ea = energía de activación en cal/mol y
T = temperatura en °K

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio para analizar los efectos del tiempo, la temperatura y la actividad de agua en el pardeamiento no-enzimático del coco rallado deshidratado. El análisis de regresión lineal fue realizado con el sistema SAS (1990) y la diferencia significativa ($p \leq 0,05$) entre las pendientes se determinó mediante la prueba t-Student.

RESULTADOS Y DISCUSION

El coco rallado deshidratado mostró un cambio significativo en el color durante el almacenamiento a diferentes condiciones. Su composición incluye los sustratos necesarios para las reacciones de pardeamiento no-enzimático tales como proteínas y sustancias reductoras como glucosa y fructosa, así como aldehidos y cetonas productos de las oxidaciones de los lípidos durante el almacenamiento (Labuza, 1993; Hidalgo y Zamora, 1993).

A 30 y 40°C el efecto de la temperatura no fue diferente ($p \leq 0,05$). A 50 °C la reacción de oscurecimiento se incrementó significativamente ($p \leq 0,05$), el producto cambió de su color blanco característico a tonos amarillos y rojos (Figuras 1 y 2). Estos cambios visuales se representan efectivamente por el incremento en el valor -*a* (rojo) y -*b* (amarillo) detectados en el colorímetro Hunter Lab. El valor L no cambió significativamente ($p \leq 0,05$) con la temperatura, el a_w y el tiempo durante el almacenamiento.

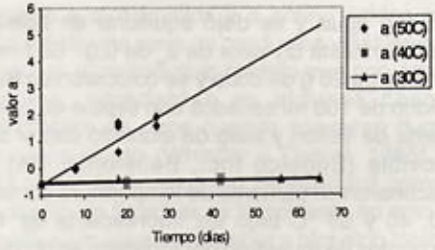

Figura 1. Cambio de color (valor *a*-) durante el almacenamiento del coco rallado deshidratado con un a_w = 0,3 bajo temperaturas de 30, 40 y 50 °C

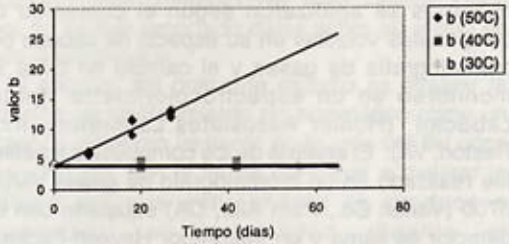

Figura 2. Cambio de color (valor *b*-) durante el almacenamiento del coco rallado deshidratado con un a_w = 0,3 bajo temperaturas de 30, 40 y 50 °C

Se obtuvieron reacciones de orden cero para describir el desarrollo del oscurecimiento en el coco deshidratado. Este orden también ha sido reportado para otros alimentos (Labuza y Saltmarch, 1978; Ringe y Love, 1988; Rupusas y Driscoll, 1995; Waletzko y Labuza, 1976).

El efecto del incremento en la actividad de agua (de 0,3 a 0,4) en la reacción de pardeamiento no fue significativa ($p \leq 0,05$). Aunque la correlación entre el oscurecimiento y el contenido de humedad ha sido reportada en varios estudios (Mizrahi *et al.*, 1970; Ringe y Love, 1988; Labuza y Saltmarch,

1981), no fue este el caso del coco en el rango de a_w evaluado.

El efecto de la temperatura en el cambio de color se observa claramente al comparar los valores de las constantes de reacción a las diferentes temperaturas estudiadas, donde los valores a 50 °C son hasta 3 veces mayores que las correspondientes a 40 y 30 °C (Cuadros 1 y 2). El efecto de la temperatura en las constantes de reacción a 30 y 40 °C no son diferentes ($p \leq 0,05$) pero si es diferente ($p \leq 0,05$) entre 40 y 50 °C.

Cuadro 1. Constantes de reacción (k) del pardeamiento no-enzimático (valor *a*-) en coco rallado deshidratado almacenado a diferentes temperaturas y a_w

Temperatura (°C)	k	Error estandar	R^2
50 (a_w=0,4)[y]	0,107	4,47 X 10^{-3}	0,996
50 (a_w=0.3)[y]	0,092	1,06 X 10^{-2}	0,974
40 (a_w=0.3)[x]	0,003	6,19 X 10^{-4}	0,966
30 (a_w=0.3)[x]	0,002	1,31 X 10^{-3}	0,551

[y x] letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

Cuadro 2. Constantes de reacción (k) del pardeamiento no-enzimático (valor *b*-) en coco rallado deshidratado almacenado a diferentes temperaturas y a_w

Temperatura (°C)	k	Error estandar	R^2
50 (a_w=0,4)[y]	0,360	1,24 X 10^{-1}	0,898
50 (a_w=0,3)[y]	0,335	3,46 X 10^{-2}	0,980
40 (a_w=0,3)[x]	0,003	1,9 X 10^{-5}	1,000
30 (a_w=0,3)[x]	0,004	5,4 X 10^{-3}	0,184

[y x] letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa ($P \leq 0,05$)

Se presentan las gráficas de Arrhenius correspondientes al desarrollo del color pardo (valores *a*- y *b*-) en las Figuras 3 y 4. Las desviaciones que aparecen en las relaciones de Arrhenius se pueden deber a variaciones en el mecanismo de reacción o como resultado de la heterogenicidad del sistema, un ajuste perfecto raramente se encuentra en datos biológicos (Waletzko y Labuza, 1976).

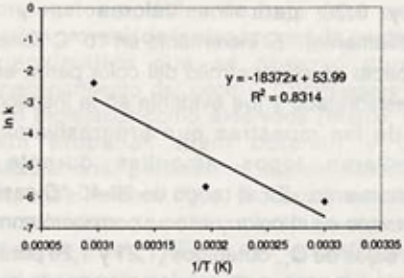

Figura 3. Gráfica de Arrhenius del pardeamiento no-enzimático (valor *a*-) em coco rallado deshidratado almacenado a 30, 40 y 50 °C

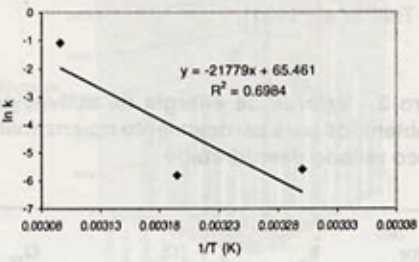

Figura 4. Gráfica de Arrhenius del pardeamiento no-enzimático (valor *b*-) en coco rallado deshidratado almacenado a 30, 40 y 50 °C

La energía de activación obtenida (36,4 kcal/mol para el valor a- y 43,2 kcal/mol para el valor *b*-) cae en el rango (10-47 kcal/mol) reportado para las reacciones de pardeamiento por varios autores (Labuza y Saltmarch, 1978; Resnik y Chirife, 1979; Thai et al, 1991; Hidalgo y Zamora, 1993; Marquez y Anon, 1986; Steet y Tong, 1996).

Los valores de Q_{10} obtenidos difieren según el rango de temperatura (Cuadro 3). Los valores superiores se encontraron en el rango de 40-50 °C (6,14 y 8,73 para los valores *a*- y *b*- respectivamente). El incremento en 10 °C tiene un alto impacto en el desarrollo del color pardo en el coco deshidratado y fue evidente en la inspección visual de las muestras que progresivamente desarrollaron tonos amarillos durante el almacenamiento. En el rango de 30-40 °C casi no hubo cambio en el color y ello se corroboró con los valores bajos de Q_{10} obtenidos (1,21 y 1,26 para los valores *a*- y *b*- respectivamente). Los valores de Q_{10} reportados para el pardeamiento no-enzimático en alimentos caen en el rango de 1-8 pero el rango de temperatura no es especificado usualmente (Labuza y Saltmarch, 1981; Rupusas y Driscoll, 1995; Thai *et al.*, 1991).

Cuadro 3. Valores de energía de activación y Q10 obtenidos para pardeamiento no-enzimático en coco rallado deshidratado

Valor	E_a (kcal/mol)	Q_{10} (30-40 °C)	Q_{10} (40-50°C)
a-	36,40	1,21	6,19
b-	43,25	1,26	8,73

Las reacciones de deterioro observadas durante el almacenamiento de coco incluye pardeamiento no-enzimático, hidrólisis y oxidación de lípidos. Todas estas reacciones son responsables por una amplia variedad de compuestos volátiles que determinan los aromas rancios en alimentos (Love, 1996; Hamilton, 1994; Fors, 1983).

El análisis del perfil cromatográfico de los volátiles durante el estudio de almacenamiento se realizó de muestras almacenadas a diferentes tiempos y temperaturas. Hexanal y 2-undecanona fueron los compuestos que claramente siguieron un patrón durante el almacenamiento (Figura 5). El hexanal es producto de la oxidación del linoleato (Love, 1996; Nawar, 1996) y la metil cetona se puede formar principalmente de reacciones hidrolíticas (Hamilton, 1994). La presencia de 2-undecanona en coco rancio es atribuida al deterioro por hongos en el producto (Halton y Kinderlerer, 1991); sin embargo, la baja actividad de agua del coco en estudio (0,3 y 0,4) no permite el crecimiento de hongos, por lo tanto la producción de 2-undecanona se puede deber a la actividad hidrolítica de las lipasas. En la Figura 6 se observa el aumento en la producción de 2-undecanona durante el almacenamiento a 50 °C. También se ha considerado que las reacciones hidrolíticas, incluyendo lipólisis, proveen ácidos oleico y linoleico libres que pueden oxidarse rápidamente (Hamilton, 1984).

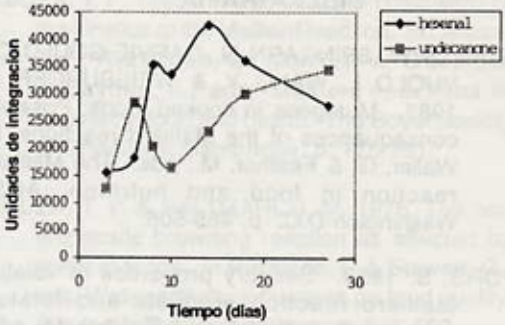

Figura 5. Presencia de hexanal y 2-undecanona en el espacio de cabeza del coco rallado deshidratado almacenado a 50 °C

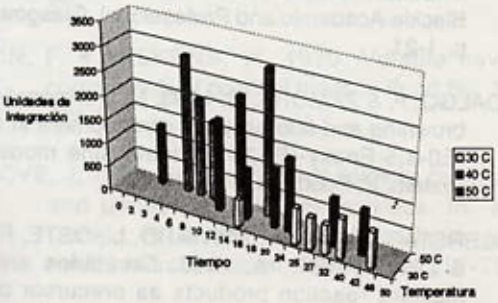

Figura 6. Presencia de 2-undecanona en el espacio de cabeza de coco rallado deshidratado durante el el alamacenamiento a 30, 40 y 50 °C a_w = 0,3)

Algunos de los volátiles presentes en el coco y desarrollados durante el almacenamiento (Figura 7) pueden ser producto del rompimiento de los hidroperóxidos de ácido oleico y linoleico (Nawar, 1996).

Adicionalmente a estos compuestos, una amplia variedad de compuestos volátiles de bajo peso molecular fueron apareciendo durante el almacenamiento y llegaron a constituir la mayoría del área. Se encontró diferencia significativa ($p \leq 0,05$) en la concentración de volátiles de bajo peso molecular en el espacio-cabeza del coco después de 12 días de almacenamiento a 50 °C (Figura 6). y después de 32 días a 40 °C. No se encontró diferencia en la concentración de volátiles durante el almacenamiento a 30 °C. Estos compuestos volátiles de bajo peso molecular pueden provenir de las reacciones de pardeamiento no-enzimático que se observó durante el almacenamiento del coco. Compuestos de bajo peso molecular como aldehidos (etanal, butanal, metil propanal, metil butanal) y cetonas (butadienona, pentadiona, hidroxi-hexanotriona) son, entre muchos otros, productos reportados de las reacciones de pardeamiento no-enzimático en alimentos (Fors, 1983) y podrían estar presentes en el espacio de cabeza en el caso del coco.

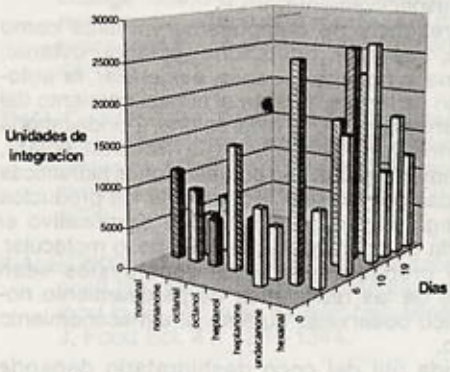

Figura 7. Compuestos volátiles en el espacio de cabeza de coco rallado deshidratado almacenado a 50 °C

CONCLUSIONES

El estudio de almacenamiento del coco rallado deshidratado con diferentes contenidos de humedad bajo diferentes temperaturas reveló que el pardeamiento no-enzimático es una reacción de deterioro importante en este producto.

Durante el almacenamiento a alta temperatura, la producción del pigmento pardo siguió el patrón de una reacción de orden cero. Este orden ha sido reportado también para otros alimentos. A 50 °C la reacción de pardeamiento se vio acelerada significativamente y el coco cambió su característico color blanco a uno de tonos amarillos y rojos. Aunque otros autores han reportado correlaciones positivas entre pardeamiento no-enzimático y el contenido de humedad, en el coco, el efecto no fue significativo en el rango estudiado (a_w= 0,3 a 0,4).

La energía de activación de la reacción de pardeamiento en coco fue de 36,4 kcal/mol para el valor *a*- y 43,2 kcal/mol para el valor *b*- del Hunter y ambos valores caen en el rango reportado por varios autores para otros alimentos. Los valores de Q_{10} obtenidos varían considerablemente según el rango de temperaturas utilizados en su cálculo. El Q_{10} para el rango de 40-50 °C fue de 6,19 y 8,73 para los valores *a*- y *b*- respectivamente, mientras que el Q_{10} para 30-40 °Cfue de 1,21 y 1,26 para los valores *a*- y *b*- respectivamente.

La presencia de compuestos volátiles como hexanal, heptanol, heptanona, octanol, octanal, nonanona y nonanal pueden evidenciar la auto-oxidación de lípidos durante el almacenamiento del coco deshidratado. Una metil cetona, 2-undecanona fue identificada también en la fracción volátil, probablemente producida por reacciones hidrolíticas catalizadas por lipasas. Además de los productos de la degradación de lípidos, fue significativo el desarrollo de compuestos de bajo peso molecular. Es muy probable que estos compuestos sean producto de las reacciones de pardeamiento no-enzimático observado durante el almacenamiento del coco.

La vida útil del coco deshidratado depende significativamente de la temperatura de almacenamiento, por lo cual se debe dar especial atención a las condiciones de almacenamiento durante la distribución y el mercadeo del mismo.

BIBLIOGRAFIA

BARNES, W., SPINGARN, N., GARVIE-GOULD, C., VUOLO, L., WANG, Y. & WEISBURGER, J. 1983. Mutagens in cooked foods: Possible consequences of the Maillard reactions. In Waller, G. & Feather, M., eds. The Maillard reaction in food and nutrition. ACS, Washington D.C. p. 485-506.

FORS, S. 1983. Sensory properties of volatile Maillard reaction products and related compounds. In Waller, G. & Feather, M., eds. Rancidity in foods. The Maillard reaction in food and nutrition. ACS, Washington D.C. p. 486-286.

HAMILTON, R. J. 1994. The chemistry of rancidity in foods. In Allen, J. C. & Hamilton, R. J., eds. Blackie Academic and Professional, Glasgow. p. 1-21.

HIDALGO, F. & ZAMORA, R. 1993. Non-enzymatic browning and fluorescence development in a (E0-4,5-Epoxy-(E)-2-heptenal/lysine model system. J. Food Sci. 58: 667- 670.

JAGERSTAD, M., REUTERWWARD, L., OSTE, R. & DHALOVIST, A. 1983. Creatinine and Maillard reaction products as precursor of mutagenic compounds formed in fried beef. In Waller, G. & Feather, M., eds. The Maillard reaction in food and nutrition. ACS, Washington D.C. p. 507-519.

KINDERLERER, J. & HATTON, P.V. 1991. The effect of temperature, water activity and sorbic acid on ketone rancidity produced by *Penicillium crustosum* Thom in coconut and palm kernel oils. J. Appl. Bacteriol. 70: 502-506.

LABUZA T. P. 1980. The effect of water activity on reaction kinetics in food deterioration. Food Tech. 34: 36-38.

LABUZA, T. P. 1993. Interpreting the complexity of the kinetics of the Maillard reaction. In Labuza, T. P.; Reineccius, G.; Monnier, V.; O'Brian, J. & Baynes, J., eds. Maillard reactions in chemistry, food and health. The Royal Society of Chemistry, Cambridge. p. 176-181.

LABUZA, T. P. & SALTMARCH, M. 1978. The non enzymatic browning reaction as affected by water in foods. In Rockland, L. & Stewart, G., eds. Water activity: influences on food quality. Academic Press, New York. p. 605-650.

LABUZA, T.P. & SALTMARCH, M. 1981. Kinetics of browning and protein quality loss in whey powders during steady state and non steady state storage conditions. J. Food Sci. 47: 92-96.

LIN, F. & WILKENS, W. 1970. Volatile flavor components of coconut meat. J. Food Sci. 35: 538-539.

LOVE, J. 1996. Contributions of lipids to desirable and undesirable flavors in foods. In Mc Donald, R. & Min, D., ed. Food lipids and health. Marcell Dekker, New York. p 287-314.

MARQUEZ, G. & ANON, M.C. 1986. Influence of reducing sugars and amino acids in the color development of fried potatoes. J. Food Sci . 51: 157-160.

MIZRAHI, S., LABUZA, T.P. & KAREL, M. 1970. Computer-aided predictions of extent of browning in dehydrated cabbage. J. Food Sci. 35:799-803.

NAWAR, W. 1996. Lipids. In Fennema, O., ed. Food Chemistry. 3 ed. Marcel Dekker, New York. p. 225-314.

PINEDA, M. 1993. Desarrollo de un producto deshidratado a partir de coco. Tesis Lic. en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José.

RESNIK, S. & CHIRIFE, J. 1979. Effect of moisture content and temperature on some aspects of nonenzymatic browning in dehydrated apple. J. Food Sci. 44: 601-605.

RINGE, M.L. & LOVE, M.H. 1988. Kinetics of protein quality change in an extruded cowpea-corn flour blend under varied steady-state storage conditions. J. Food Sci. 53: 584-588.

RUPUSAS, R.S. & DRISCOLL, R. H. 1995. Kinetics of non-enzymatic browning in onion slices during isothermal heating. J. Food Eng. 24: 417-429.

SAS INSTITUTE. 1990. SAS User's Guide: statistics. SAS Institute, Cary, N.C.

SEPSA. 1997. Secretaria Ejecutiva de Planificacion Sectorial Agropecuaria. Boletin Estadistico Numero 8. Ministerio de Agricultura: San Jose, Costa Rica. p. 6-7.

STEET, J. & TONG, C. 1996. Quantification of color change resulting from pheophytinization and nonenzymatic browning reactions in thermally processed green peas. J. Agric. Food Chem. 44: 1531-1537.

THAI, C., KONG, M. & SUN, P. 1991. Water activity and temperature effects on nonenzymic browning of amino acids in dried squid and simulated model system. J. Food Sci. 56:665-670.

WALETZKO, P. & LABUZA, T.P. 1976. Accelerated shelf life testing of an intermediate moisture food in air and in an oxygen free atmosphere. J. Food Sci. 41: 1338-1344.

WHISTLER, R. L. & DANIEL, J. 1985. Carbohydrates. In Fennema, O., ed. Food Chemistry. Marcel Dekker, New York. p. 69-137.