

EFEECTO DEL PROCESAMIENTO TÉRMICO SOBRE EL COLOR SUPERFICIAL DEL PIMENTÓN ROJO (*Capsicum annuum*) VARIEDAD “NATALY”

EFFECT OF THERMAL PROCESSING ON RED PAPRIKA COLOR SURFACE (*Capsicum annuum*) VARIETY “NATALY”

EFEITO DO PROCESSAMENTO TÉRMICO NA SUPERFÍCIE DE COR VERMELHO PÁPRICA (*Capsicum annuum*) VARIETY “NATALY”

JADER MARTÍNEZ- GIRÓN¹, LUIS EDUARDO ORDÓÑEZ- SANTOS²

RESUMEN

*El color es uno de los parámetros más importantes a la hora de medir la calidad de productos que van a ser procesados a partir del pimentón rojo (*Capsicum annuum*), para la fabricación de condimentos, colorantes, conservas y aderezos. En este estudio, se evaluó el efecto del procesamiento térmico (freído y conserva) con respecto al cambio de color y los carotenoides en frutos de pimentón rojo. Para el freído se utilizó aceite de soya a una temperatura de 175°C por 5 min; en la elaboración de la conserva, se realizó un proceso de escaldado y pasteurización a 100°C durante 15 min. Después de los tratamientos térmicos (freído y conserva) la concentración de carotenoides totales y el color superficial en los frutos de pimentón rojo se afectaron significativamente. El proceso de freído obtiene los valores medios más altos de unidades ASTA (72,214), Carotenoides Totales (95,464), L* (38,26) y a* (34,13). La conserva registró los atributos más altos de color b* (21,81), h° (30,42), IP (145,40) y ΔE* (4,56-31,84). Estos resultados evidencian*

Recibido para evaluación: 17 de Abril de 2015. **Aprobado para publicación:** 20 de Octubre de 2015.

- 1 Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Programa de Tecnología en Alimentos. Profesor de Química de Alimentos. Investigador. MSc. Químico y Tecnólogo en Alimentos. Palmira, Colombia.
- 2 Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Profesor Asociado, Líder del Grupo de Investigación en Procesos Agroindustriales (GIPA). Ingeniero Agroindustrial, Ph.D en Ciencia y Tecnología en Alimentos. Palmira, Colombia.

Correspondencia: jader.martinez@correounivalle.edu.co

que el freído es una operación que mejora el atributo de color, al aumentar la disponibilidad de carotenoides e incrementar el color superficial a.*

ABSTRACT

*Color is one of the most important parameters when measuring the quality of products to be processed from red pepper (*Capsicum annuum*), for the manufacture of seasonings, colorants, preserves and dressings. In this study, the effect of thermal processing (fried and canned) was evaluated with respect to color change and carotenoids in fruits of red pepper. For frying soybean oil was used at a temperature of 175°C for 5 min; in the development of conservation as a process of blanching and pasteurization was carried out at 100°C for 15 min. After heat treatment (frying and preserves) the concentration of total carotenoids and surface color of red pepper fruits significantly affected. The frying process obtains the highest average values of ASTA (72,214) Total Carotenoids (95,464), L* (38,26) and (34,13). The registry retains the highest color attributes b* (21,81), h° (30,42), IP (145,40) and ΔE^* (4,56 to 31,84). These results show that frying is an operation that improves the color attribute, by increasing the availability of carotenoids and increase the surface color a*.*

RESUMO

*A cor é um dos parâmetros mais importantes quando se mede a qualidade dos produtos a serem processados a partir de pimento vermelho (*Capsicum annuum*), para a produção de condimentos, corantes, conservas e curativos. Neste estudo, o efeito do tratamento térmico (frito e enlatado) foi avaliada no que diz respeito à mudança de cor e os carotenóides de frutos de pimenta vermelha. Para fritar óleo de soja foi usada a uma temperatura de 175°C durante 5 min; no desenvolvimento de conservação como um processo de branqueamento e de pasteurização foi efectuada a 100°C durante 15 min. Após o tratamento térmico (Fritando e conservas) a concentração de carotenóides totais e cor da superfície dos frutos de pimenta vermelha significativamente afectada. O processo de fritura obtém os maiores valores médios de ASTA (72,214) de carotenóides totais (95,464), L* (38,26), a* (34,13). A Secretaria mantém os mais altos atributos de cor b* (21,81), h° (30,42), IP (145,40), ΔE^* (4,56-31,84). Estes resultados mostram que a fritura é uma operação que melhora o atributo de cor, através do aumento da disponibilidade de carotenóides e aumentar a* cor da superfície.*

INTRODUCCIÓN

El pimentón (*Capsicum annuum*) es una solanácea que engloba diferentes colores y tamaños de acuerdo a la variedad y las condiciones de cultivo. Su fruto es una baya que se caracteriza por su agradable sabor y coloraciones que pueden ir desde el amarillo, el verde y el rojo de acuerdo al estado de madurez y el grado de pungencia (contenido de capsaicina) [1].

PALABRAS CLAVES:

CIEL*a*b*, Pigmento, ASTA, pH, Matéria seca.

KEYWORDS:

CIEL*a*b*, Pigment, ASTA, pH, Dry matter.

PALAVRAS-CHAVE:

CIEL*a*b*, Pigmento, ASTA, pH, Matéria seca.

Generalmente el pimentón (*Capsicum annuum*), habitualmente se consume mínimamente procesado en trozos escaldados o freídos para la preparación de ensaladas; en conserva o congelado para platos rápidos como (pizza y tortillas). También se utiliza para producir diversos productos procesados tales como: condimentos en polvo (páprika), salsas, aderezos, extracción de oleorresinas, entre otros [2]. A nivel industrial, la coloración roja del pimentón y el contenido de oleorresina son criterios de calidad fundamentales que determinan y expresan el contenido total de carotenoides presentes en el fruto. El valor comercial del pimentón depende básicamente de estos dos factores, por lo que la cuantificación del contenido de pigmentos carotenoides es de gran interés [3, 4]. Los principales compuestos responsables del color en este material vegetal, obedecen a compuestos carotenoides entre los que se destacan la capsantina, neoxantina, violaxantina, zeaxantina, luteína, β -criptoxantina y el β -caroteno [5]. La gran mayoría de estos pigmentos se usan en la elaboración de alimentos, nutracéuticos y farmacéuticos, debido a sus aplicaciones potenciales como colorantes y dependiendo de su estructura molecular se convierten en fuente promisoría de provitamina A. También se caracterizan por presentar actividad antioxidante y conservante al eliminar los radicales de oxígeno y reducir el estrés oxidativo [6].

El color del pimentón se puede determinar por diversos métodos, como el Standard MSD-10, el método ASTA 20-1 y el método Standard EOA. A nivel internacional, el método más aceptado para determinar la calidad de pimentón y oleorresina es el método ASTA 20-1 propuesto por la American Spice Trade Association que establece los grados ASTA con base al color extractable del pimentón (*Capsicum annuum*) [7]. También ha sido muy empleada la técnica de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC); en la evaluación de pigmentos carotenoides en materiales vegetales donde se incluye el pimentón (*Capsicum annuum*) [8].

Por otra parte, el procesamiento para la obtención de productos derivados del pimentón, demanda realizar operaciones que involucren tratamientos térmicos que inactiven los complejos enzimáticos con el fin de asegurar la calidad durante la vida útil de los productos procesados. Sin embargo, dependiendo de las condiciones de temperatura y tiempo de procesamiento, los tratamientos de calor pueden desencadenar procesos de degradación térmica sobre los pigmentos carotenoides responsables del color [9]. En este orden de ideas, al realizar una revisión de la literatura científica,

se encuentra que la mayoría de investigaciones se han centrado en conocer los compuestos bioactivos y la actividad pungente que sufre el pimentón en condiciones de secado natural y convectivo para obtener condimento en polvo (páprika) [10-15]. Sin embargo, aún siguen siendo escasos los estudios que evalúen el impacto de los métodos de cocción tradicionales (ej: freído y conserva); en materiales de pimentón de la región andina sobre tan importantes atributos como lo son el color superficial y la retención de carotenoides. Dado lo anterior en este estudio, se evaluaron los cambios de color superficial y el contenido de carotenoides totales que presenta el pimentón (rojo) variedad "Nataly" después de ser sometidos a los tratamientos térmicos anteriormente descritos.

MÉTODO

Materiales

Material vegetal. Se partió de 10 Kg de frutos de pimentón variedad "Nataly", los cuales fueron adquiridos en el comercio local en un solo estado de maduración (rojo), y se dividieron en cinco lotes iguales para ser procesados en el laboratorio de Tecnología de Frutas y Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia. Cada uno de los lotes se desinfectó con agua clorada a 150 ppm, se retiraron las semillas, el pedúnculo de los frutos y fueron cortados en trozos de 8 cm de largo y 4 mm de espesor. Para el producto en conserva se realizó un proceso de escaldado a una temperatura de 90°C durante 2 minutos, bajo la prueba de inactivación de peroxidasa en etanol-guayacol al 1%. Posteriormente, los trozos se envasaron en frascos de vidrio estériles de 125 mL utilizando como líquido de gobierno una solución salina al 2% potenciada con una mezcla de ácido cítrico al 30% y se pasteurizaron en baño maría a ebullición a 100°C durante 15 min. En el tratamiento de freído superficial se utilizó aceite de soya vegetal con una temperatura de 175°C por 5 minutos en contante agitación de los trozos hasta alcanzar la textura y el color característico del pimentón freído. El tratamiento fresco (control) fue evaluado recién fue troceado el material como producto mínimamente procesado.

Métodos

Determinación del color ASTA. Para la determinación del color extractable (ASTA) en las muestras se pesó 1 g del material vegetal y se aforó en 50 mL de acetona al 100%. Se agitó durante 15 minutos y se dejó

en reposo durante 4 horas en la oscuridad. Posteriormente se tomó una alícuota de la solución y se llevó a una celda fotométrica de vidrio marca Fisher Scientific (USA) y se tomaron medidas de absorbancia a 460 nm, usando acetona como blanco. Las mediciones espectrofotométricas se realizaron en un equipo Thermo Spectronic Genesys 20 (USA), de acuerdo a las especificaciones del método ASTA 20.1 inciso C de American Spice Trade Association (ASTA) [16].

El cálculo del color en unidades ASTA se determinó mediante la ecuación (1).

$$Color\ ASTA = \frac{A_{460} \times 16,4 \times If}{W} \quad (Ec.1)$$

Dónde A_{460} es la absorbancia del extracto de acetona a una longitud de onda de 460 nm, If es el factor de corrección instrumental, W es el peso de la muestra en gramos.

Determinación de carotenoides totales. La cuantificación de carotenoides totales ($C.T$) se realizó por espectrofotometría, utilizando las ecuaciones (2) y (3) reportadas por Fekete y Kosma [17] y Rodríguez-Amaya [18].

$$C.T = \frac{X (\mu g)}{Peso\ de\ muestra\ (g)} \quad (Ec.2)$$

$$X (\mu g) = \frac{A \times y(mL) \times 10^6}{A_{1cm}^{1\%} \times 100} \quad (Ec.3)$$

Dónde $X (\mu g)$ es la cantidad de carotenoides presentes, y es el volumen en mL de la solución, A es la absorbancia a una longitud de onda de 450 nm, $A_{1cm}^{1\%}$ es el coeficiente de absorción del carotenoide teniendo en cuenta el solvente usado y el peso molecular.

Determinación del color $CIEL^*a^*b^*$. El color de las muestras de pulpa y piel en pimentón fresco, freído y conserva se midió mediante el uso de un Colorímetro CR-400 (Konica Minolta, Tokio Japón) en coordenadas $CIEL^*a^*b^*$ (L^* , a^* y b^*); usando un iluminante D_{65} y un observador de 2° , con parámetros de calibración de $Y=89,5$; $x=0,3176$; $y=0,3347$. Los valores de cromaticidad (C^*), tono (h°), índice de color (IC^*), índice de pardeamiento (IP) y cambio de color (ΔE^*), se calcularon mediante las ecuaciones (4) a (9):

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (Ec.4)$$

$$h^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (Ec.5)$$

$$IC^* = \frac{a^* \times 1000}{L^* \times b^*} \quad (Ec.6)$$

$$IP = \frac{[100(x - 0,31)]}{0,172} \quad (Ec.7)$$

Donde:

$$x = \frac{(a^* + 1,75)}{(5,646L^* + a^* - 3,012b^*)} \quad (Ec.8)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta l^{*2})} \quad (Ec.9)$$

Determinaciones fisicoquímicas. Las determinaciones fisicoquímicas tales como: pH, acidez titulable, sólidos solubles, porcentaje de materia seca y cenizas, se cuantificaron mediante los protocolos descritos en el método AOAC para frutas y hortalizas [19].

Análisis estadístico. Los resultados fueron expresados como promedio \pm desviación estándar. Bajo un diseño unifactorial aleatorizado con cinco repeticiones por cada tratamiento de pimentón (fresco, freído y en conserva). Se realizó un análisis de ANOVA y prueba de Tukey, con un nivel de significancia del 95% ($P < 0,05$). El tratamiento de datos fue evaluado bajo el paquete estadístico SAS.

RESULTADOS

Efecto del procesamiento térmico sobre las propiedades fisicoquímicas, color ASTA y carotenoides totales

En el cuadro 1 se relacionan las propiedades evaluadas en cada una de las muestras de pimentón (*Capsicum annum*) procesado. El análisis de ANOVA indica que existe un efecto significativo del procesamiento térmico ($p < 0,05$) en todas las variables de interés.

Los valores de pH, acidez titulable y sólidos solubles descendieron significativamente con el procesamiento del pimentón, por el contrario el contenido de materia seca aumentó significativamente en los trozos de pimentón en conserva, y en el sometido a proceso de freído.

En relación con el grado de color en unidades ASTA y la concentración de carotenoides totales es estadísticamente mayor en el tratamiento de freído con respecto al material en fresco y en conserva. El contenido de cenizas (minerales inorgánicos) disminuyó en el procesamiento de conserva en comparación con el obtenido en fresco y freído (cuadro 1).

La reducción del pH y la acidez en las muestras evaluadas concuerdan con lo reportado por Montoya-Ballesteros *et al.*, 2010 [20] quienes elaboraron salsas y encurtidos a partir de pimentón sometidos a procesos de escaldado y pasteurizado. Los sólidos solubles como era de esperarse disminuyeron por efecto del calor y la aplicación de sales en la conserva.

Por otra parte, desde el punto de vista del color, el poder industrial del pimentón se puede medir de acuerdo a su color en grados ASTA. Siendo el pimentón Extra cuando posee como mínimo 120° ASTA, pimentón Seleccionado cuando posee mínimo 90° ASTA, y pimentón Común cuando posee unidades iguales o inferiores a 70° ASTA. De acuerdo a los resultados obtenidos el pimentón evaluado posee un bajo color en unidades ASTA, clasificándolo como pimentón común. A su vez este valor en unidades ASTA está relacionado con la

variedad del fruto, las condiciones agroclimáticas y con el grado de madurez (rojo intenso).

Otros autores como Curl, (1962) [21] realizaron la caracterización de frutos de pimentón obteniendo valores de 57 a 201 unidades ASTA. Con respecto al contenido de carotenoides totales, Méndez y Gonzales, (2005) [22] reportaron valores de carotenoides totales en diferentes cultivares de frutos de pimentón obteniendo valores promedios de 40;2 $\mu\text{g/g}$, el cual es un valor menor con respecto a los resultados obtenidos. Por otra parte Collera *et al.* (2005) [23] reportaron valores de carotenoides totales entre 67,6 y 75,2 $\mu\text{g/g}$, en tres cultivares diferentes de frutos de pimentón, siendo estos resultados similares a los obtenidos en este estudio. Ergunes *et al.* (2006) [24] reportaron valores entre 51 y 178 unidades ASTA para pimentón fresco y valores entre 148 y 211 de frutos secos en vaina variedad Calchaqui. Topuz y Ozdemir, (2007) [25] estudiaron el contenido de carotenoides totales en cinco cultivares de frutos de pimentón, obteniendo valores de carotenoides totales rojos y amarillos entre 1.440-2.390 $\mu\text{g/g}$ los cuales superan a los resultados encontrados en este estudio. Por otro lado, Cheon *et al.* (2015) [7] estudiaron la variación del color del (*Capsicum annum L*), en tratamientos térmicos de 55 y 65°C, obteniendo valores en un rango de 80 a 83 unidades ASTA. Lo anterior permite discernir que el contenido de carotenoides totales en frutos de pimentón difiere en cuanto a la variedad, el estado de madurez, los grados ASTA, las características y condiciones climatológicas del cultivo, entre otras.

Cuadro 1. Efecto del tratamiento térmico sobre las propiedades fisicoquímicas, color ASTA y carotenoides totales en pimentón rojo procesado ¹.

Tratamiento	pH	% Materia Seca	Acidez Titulable ²	Sólidos Solubles	% Cenizas	ASTA	C.T ³
Fresco	5,033 ±0,111 ^a	11,172 ±0,626 ^c	0,255 ±0,022 ^a	5,29 ±0,145 ^a	0,965 ±0,029 ^a	59,088 ±1,128 ^b	65,934 ±5,797 ^b
Freído	4,795 ±0,048 ^b	19,012 ±0,561 ^b	0,192 ±0,004 ^b	4,954 ±0,137 ^b	0,949 ±0,029 ^a	72,214 ±2,368 ^a	95,464 ±10,134 ^a
Conserva	4,379 ±0,021 ^c	39,656 ±1,364 ^a	0,17 ±0,006 ^b	2,953 ±0,162 ^c	0,847 ±0,017 ^b	55,022 ±1,947 ^c	68,592 ±3,572 ^b

¹Valores promedio ±DS (n= 5)

²Expresados como g ácido cítrico/100 g de muestra.

³ C.T (Carotenoides Totales), expresados como μg de carotenoides/g de muestra.

Nivel de significancia estadística: letras diferentes en los superíndices de una misma columna indican diferencias significativas de acuerdo a la comparación de medias de Tukey (P<0,05).

El aumento significativo de la concentración de carotenoides y unidades ASTA en las muestras procesadas en la operación de freído posiblemente se deben a la interacción del complejo lipoproteico en asociación conjugada con los pigmentos carotenoides del fruto de pimentón y al aumento de la materia seca durante este tratamiento. Dado lo anterior, se refleja una mayor disponibilidad de carotenoides en los trozos de pimentón sometidos a los tratamientos térmicos comparados con los trozos de pimentón en fresco, posiblemente este efecto se debe a la desnaturalización parcial de las proteínas, que permitieron la liberación de los pigmentos responsables del color en los frutos de pimentón.

Desde el punto de vista metabólico, esta expresión en el contenido de carotenoides totales favorece la condición molecular de la provitamina A, la cual biológicamente permite la transformación de la molécula retinol en nuestro cuerpo. La provitamina A más importante es el β -caroteno; donde su estructura es el doble de la molécula de vitamina A. Molecularmente en el metabolismo, de la actividad provitamina A, la molécula de β -caroteno se divide en dos moléculas de retinol, gracias a la acción enzimática dioxigenasa ocurrida en el intestino [26-30].

En las figuras 1 y 2, se ilustra la retención de carotenoides y color en unidades ASTA de cada tratamiento térmico, el pimentón freído presento significativamente mayor concentración de carotenoides y unidades ASTA con respecto al material en fresco y en conserva.

Efecto del procesamiento térmico sobre las propiedades colorimétricas $CIEL^*a^*b^*$

En el cuadro 2 se relacionan las propiedades colorimétricas evaluadas en cada una de las muestras de pimentón (*Capsicum annuum*) procesado. El análisis de ANOVA indica que existe un efecto significativo del procesamiento térmico ($p < 0,05$) sobre el cambio de color en piel y pulpa.

El análisis estadístico evidencia que los tratamientos térmicos afectaron significativamente el color superficial de las muestras. El proceso de freído aumentó significativamente en la piel y pulpa los valores de L^* y a^* , mientras que el valor de saturación C^* solo aumento en la pulpa del pimentón. Los valores de b^* , h° , IP , y ΔE^* tanto en la piel como la pulpa se incre-

Figura 1. Efecto del tratamiento térmico sobre los carotenoides totales ($\mu\text{g/g}$).

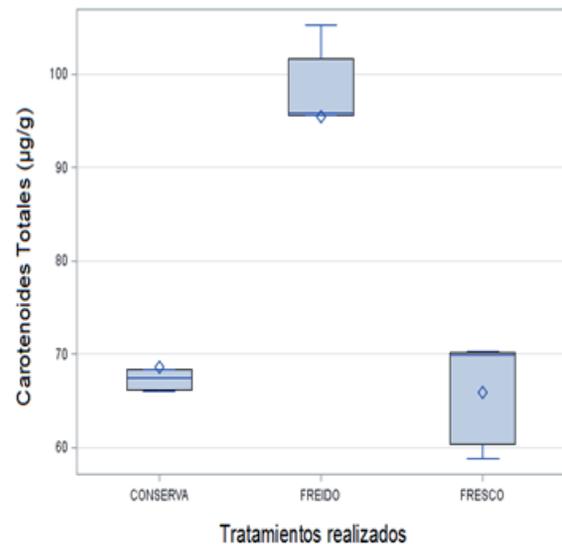
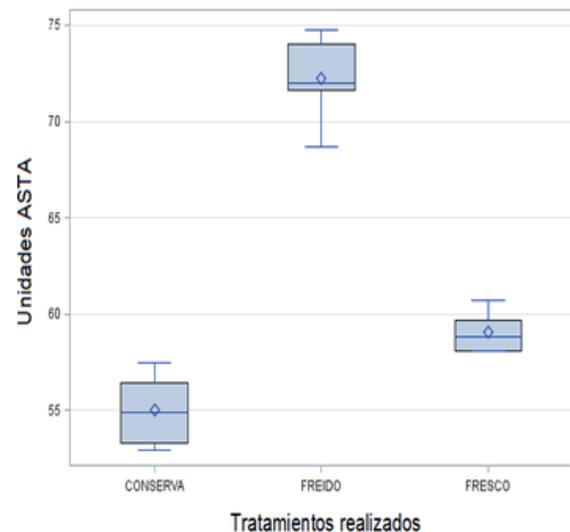


Figura 2. Efecto del tratamiento térmico sobre el grado de color (unidades ASTA).



mentaron significativamente en la elaboración de la conserva. Por el contrario, el IC^* se reduce después de los tratamientos térmicos en las muestras evaluadas (cuadro 2).

En relación con lo anterior, el efecto del tratamiento térmico sobre los pigmentos carotenoides y el color ha sido un tema de gran interés para los procesado-

Cuadro 2. Indicadores de color evaluados en pimentón rojo procesado ¹.

Tratamiento	L*	a*	b*	C*	h°	IP	IC*	ΔE*
Fresco piel	33,49 ±1,76b	32,69 ±2,06b	9,98 ±0,65c	34,18 ±2,05c	17,01 ±1,19c	98,01 ±7,24c	98,49 ±11,56a	EC
Fresco pulpa	33,41 ±1,63b	27,70 ±0,77b	11,68 ±0,78c	30,07 ±0,68c	22,87 ±1,67c	97,79 ±6,46c	71,46 ±5,57a	EC
Freído piel	33,57 ±0,41a	32,13 ±0,60a	10,83 ±1,19b	33,92 ±0,64a	18,61 ±1,87b	100,58 ±5,95b	89,32 ±9,39b	1,02 ± 5,98a
Freído pulpa	38,26 ±0,63a	34,43 ±0,78a	19,82 ±0,84b	39,73 ±0,79a	29,93 ±1,19b	130,44 ±4,07b	45,49 ±2,41b	11,62 ±1,76c
Conserva piel	30,78 ±0,68b	29,33 ±0,56b	11,64 ±1,05a	31,57 ±0,60b	21,62 ±1,73a	109,04 ±6,49a	82,52 ±7,91c	4,56 ±3,22b
Conserva pulpa	35,92 ±0,61b	30,37 ±1,33b	21,81 ±1,23a	37,40 ±1,61b	30,42 ±1,28a	145,40 ±9,84a	38,82 ±1,60c	31,84 ±1,14c

¹ Valores promedio ±DS (n= 5)

EC: Estándar de Comparación

*Coordenadas CIEL *a*b*

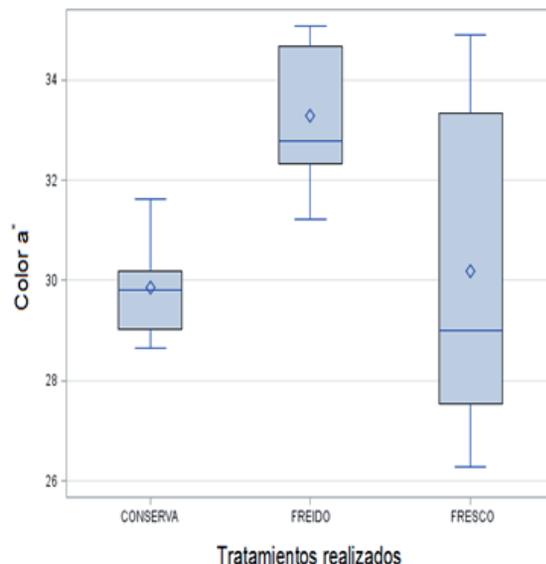
Nivel de significancia estadística: letras diferentes en los superíndices de una misma columna indican diferencias significativas de acuerdo a la comparación de medias de Tukey (P<0,05).

res de alimentos. Normalmente, el tratamiento térmico de cocción o freído reduce o aumenta el contenido de carotenoides y puede cambiar las propiedades bioactivas de diversos compuestos como lo son los pigmentos responsables del color. De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio el aceite residual que queda en el interior del pimentón permitió un aumento en el atributo de luminosidad L* y color a*. A su vez el incremento gradual y controlado de la temperatura permitió la polimerización, ciclación e isomerización de compuestos carotenoides. En este sentido Rodríguez-Amaya *et al.* (2008) [31] reportaron que el tratamiento térmico controlado permite un reordenamiento asociativo de carotenoides con ácidos grasos o proteínas de la fruta (lipoproteínas). A su vez permite la ciclación de algunos de los isómeros β-caroteno y el desprendimiento de grupos hidroxilo (OH) con conjugación de moléculas de agua en uno de los anillos cíclicos insaturados desactivados por las transferencias de calor desde el agua a la fruta por conducción.

En la figura 3, se representa el color a* en coordenadas CIEL *a*b*, observándose un mayor efecto en el atributo del color para el pimentón freído con respecto al control de comparación (fresco) y el tratamiento en conserva.

Con respecto a los valores de color superficial (L*, a*, y b*), se debe tener en cuenta que el parámetro L* proporciona un valor de la luminosidad o brillo de la muestra.

El parámetro a* indica la zona de variación entre el rojo y el verde del espectro. El parámetro b* se refiere a la zona de variación entre el amarillo y el azul del espec-

Figura 3. Efecto del tratamiento térmico sobre el color a* (coordenadas CIEL *a*b*).

tro. Los resultados obtenidos en coordenadas $CIEL^*$ $a^* b^*$ (L^* , $a^* y b^*$), junto a los resultados de saturación (C^*) y tono (h°) presentan similitud con los reportados por Topuz *et al.* (2009) [32] quienes adelantaron análisis de color en paprika para dos variedades de frutos de pimentón fresco y deshidratado. El aumento de a^* en el pimentón freído puede estar asociado al incremento de la concentración de los carotenoides en las muestras durante este tratamiento, y los valores obtenidos de b^* , h° , IP, y ΔE^* , probablemente se deben a las condiciones ácidas y el manejo de altas temperaturas, que aceleraron los procesos de isomerización de los carotenoides y pardeamiento de pimentón; reacciones que originaron incidencias en el color del material vegetal procesado.

CONCLUSIONES

En este estudio se puede concluir que el proceso de freído mejoró los atributos del color superficial en el pimentón rojo variedad "Nataly", procedente de cultivares del Valle del Cauca, al obtener los mayores valores de carotenoides totales, unidades ASTA, color superficial a^* , y una menor variación del tono (h°) y el cambio de color (ΔE^*). Por el contrario, la conserva afectó negativamente el color superficial inicial del pimentón fresco al aumentar los atributos de color b^* , h° , IP y ΔE^* durante el procesamiento térmico de este fruto.

AGRADECIMIENTOS

Al laboratorio de Investigación de Frutas y Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira, por el financiamiento de reactivos y equipos.

REFERENCIAS

- [1] LOIZZO, M.R., PUGLIESE, A. BONESI, M., MENICHINI, F. and TUNDIS, R. Evaluation of chemical profile and antioxidant activity of twenty cultivars from *Capsicum annum*, *Capsicum baccatum*, *Capsicum chacoense* and *Capsicum chinense*: A comparison between fresh and processed peppers. *LWT Food Science and Technology*, 64(2), 2015, p. 623-631.
- [2] TUNDIS, R., LOIZZO, M.R., MENICHINI, F., BONESI, M., CONFORTI, F., DE LUCA, D. and MENICHINI, F. Air-dried *Capsicum annum* var. *acuminatum* medium and big: Determination of bioactive constituents, antioxidant activity and carbohydrate-hydrolyzing enzymes inhibition. *Food Research International*, 45, 2012, p. 170-176.
- [3] GIUFFRIDA, D., DUGO, P., TORRE, G., BIGNARDI, C., CAVAZZA, A., CORRADINI, C. and DUGO, G. Evaluation of carotenoid and capsaicinoid contents in powder of red chili peppers during one year of storage. *Food Research International*, 65, 2014, p.163-170.
- [4] DAOOD, H.G., PALOTÁS, G., PALOTÁS, G., SOMOGYI, G., PÉK, Z. and HELYES, L. Carotenoid and antioxidant content of ground paprika from indoor-cultivated traditional varieties and new hybrids of spice red peppers. *Food Research International*, 65, 2014, p. 231-237.
- [5] PUGLIESE, A., LOIZZO, M.R., TUNDIS, R., O'CALLAGHAN, Y., GALVIN, K., MENICHINI, F. and O'BRIEN, N. The effect of domestic processing on the content and bioaccessibility of carotenoids from chili peppers (*Capsicum* species). *Food Chemistry*, 141, 2013, p. 2606-2613.
- [6] CERVANTES-PAZ, B., YAHIA, E.M., ORNELAS-PAZ, J., CAMPOS, V., IBARRA-JUNQUERA, V., PÉREZ-MARTÍNEZ, J.D. and MINAKATA, P. Antioxidant activity and content of chlorophylls and carotenoids in raw and heat-processed Jalapeño peppers at intermediate stages of ripening. *Food Chemistry*, 146, 2014, p. 188-196.
- [7] CHEON, H.L., SHIN, J.Y., PARK, K.H., CHUNG, M.S. and KANG, D.H. Inactivation of foodborne pathogens in powdered red pepper (*Capsicum annum* L.) using combined UV- C irradiation and mild heat treatment. *Food Control*, 50, 2015, p. 441-445.
- [8] SARUNGALLO, Z.L., HARIYADI, P., ANDARWULAN, N., PURNOMO, E.H. and WADA, M. Analysis of α -cryptoxanthin, β -cryptoxanthin, α -carotene, and β -carotene of *Pandanus conoideus* oil by high-performance liquid chromatography (HPLC). *Procedia Food Science*, 3, 2015, p. 231-243.
- [9] QUIPO, M., RAMIREZ, M., ROJAS, P. y ORDOÑEZ, S. Cambios en la Vitamina C y el Color durante la Cocción del Pimentón Verde (*Capsicum Annum* L.). *Revista Tecno Lógicas*, 31, 2013, p. 141-150.
- [10] ORNELAS-PAZ, J.J., CHÁVEZ, L., GARDEA-BÉJAR, A.A., GUEVARA-ARAUZA, J.C., SEPÚLVEDA D., REYES-HERNÁNDEZ, J. And RUIZ-CRUZ, S. Effect of heat treatment on the content of some bioactive compounds and free radical-scavenging activity in pungent and non-pungent

- peppers. *Food Research International*, 50, 2013, p. 519–525.
- [11] YOON, M., JUNG, K., YOULL LEE, K., JEONG, J., LEE, J.W. and PARK, H.J. Synergistic effect of the combined treatment with gamma irradiation and sodium dichloroisocyanurate to control gray mold (*Botrytis cinerea*) on paprika. *Radiation Physics and Chemistry*, 98, 2014, p.103–108.
- [12] BARBERO, G.F., RUIZ, G., LIAZID, A., PALMA, M., VERA, C.J. and BARROSO, C.G. Evolution of total and individual capsaicinoids in peppers during ripening of the Cayenne pepper plant (*Capsicum annuum* L.). *Food Chemistry*, 153, 2014, p. 200–206.
- [13] AGUILAR-RAMOS., O.P., ORNELAS-PAZ, J.J., RUIZ-CRUZ, S., ZAMUDIO-FLORES, P.B., CERVANTES-PAZ, B., GARDEA-BÉJAR, A.A., PÉREZ-MARTÍNEZ, J.D., IBARRA-JUNQUERA, V. And REYES-HERNÁNDEZ, J. Effect of ripening and heat processing on the physicochemical and rheological properties of pepper pectins. *Carbohydrate Polymers*, 115, 2015, p. 112–121.
- [14] JUNG, K., SEOK, S., JUNG, K., GEUM, M., MIN, G., KYUNG, K., LEE, J. and PARK, H. Effect of X-ray, gamma ray, and electron beam irradiation on the hygienic and physicochemical qualities of red pepper powder. *LWT - Food Science and Technology*, 63, 2015, p. 846-851.
- [15] ELKHADRAOUI, A., KOOLI, S., HAMDY, I. and ABDELHAMID, F. Experimental investigation and economic evaluation of a new mixedmode solar greenhouse dryer for drying of red pepper and grape. *Renewable Energy*, 77, 2015, p.1-8.
- [16] ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). Official methods of analysis 43.1.02. Color extractable in spices. 17th ed. Gaithersburg (USA): 971, 2002, p. 26.
- [17] FEKETE, M. and KOSMA, L. Spectrophotometric method for determining the pigment content of ground paprika. *Z. Lebensm Unters Forsch*, 161, 1976, p. 31-33.
- [18] RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.,. A Guide to Carotenoid Analysis in Foods. Washington D.C (USA): Ilsi Press, 2001, p. 45.
- [19] ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). Official Methods of Analysis of the Association off Official Analytical Chemists, 16th ed. Gaithersburg (USA): 1995.
- [20] MONTOYA-BALLESTEROS, L.C., GARDEA-BÉJAR, A., AYALA-CHÁVEZ, G.M., MARTÍNEZ-NÚÑEZ Y.Y. y ROBLES-OZUNA, L.E. Capsaicinoides y Color en chiltepin (*Capsicum annuum* var.). Efecto del proceso sobre salsas y encurtidos. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 9(2), 2010, p. 197-207.
- [21] CURL, A.L. The Carotenoids of Red Bell pepper. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 10, 1962, p. 504–509.
- [22] MÉNDEZ-TRUJILLO, V., GONZALES-MENDOZA, D. y GUTIERREZ-MICELI, F.A.. Contenido de carotenoides y color extractable de nuevos cultivares en chile pimiento. *Revista Chapingo*, 11, 2005, p. 215-218.
- [23] COLLERA-ZUÑIGA, O., GARCIA-JIMENEZ, F. and MELENDEZ-GORDILLO, R. Comparative study of carotenoid composition in three Mexican varieties of *Capsicum annuum* L. *Food Chemistry*, 90, 2005, p. 109–114.
- [24] ERGUNES, G. and TARHAN, S. Color retention of red peppers by chemical pretreatments during greenhouse and open sun drying. *Journal of Food Engineering*, 76, 2006, p. 446–452.
- [25] TOPUZ, A. and OZDEMIR, F. Assessment of carotenoids, capsaicinoids and ascorbic acid composition of some selected pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) grown in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 2007, p. 596–602.
- [26] DELGADO-PELAYO, R., GALLARDO-GUERRERO, L. and HORNERO-MÉNDEZ, D. Chlorophyll and carotenoid pigments in the peel and flesh of commercial apple fruit varieties. *Food Research International*, 65, 2014, p. 272–281.
- [27] ÁLVAREZ, R., MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A.J., VICARIO, I.M. and ALCALDE, M.J. Effect of pasture and concentrate diets on concentrations of carotenoids, vitamin A and vitamin E in plasma and adipose tissue of lambs. *Journal of Food Composition and Analysis*, 36, 2014, p. 59–65.
- [28] ÁLVAREZ, R., MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A.J., VICARIO, I.M. and ALCALDE, M. Effect of different carotenoid-containing diets on the vitamin A levels and colour parameters in Iberian pigs' tissues: utility as biomarkers of traceability. *Meat Science*, 98, 2014, p.187–192.
- [29] FUH-JUIN, K., YU-SHAN, C. and WEN-DEE, C. Effect of water cooking on antioxidant capacity of carotenoid-rich vegetables in Taiwan. *Journal of Food and Drug Analysis*, 22, 2014, p. 202-209.
- [30] EKESA, B., NABUUMA, D., BLOMME, G. and VAN DEN BERGH, I. Provitamin A carotenoid content of unripe and ripe banana cultivars for potential adoption in eastern Africa. *Journal of Food Composition and Analysis*, 43, 2015, p.1–6.

- [31] RODRIGUEZ-AMAYA, D.B., KIMURA, M., GODOY, H.T. and AMAYA-FARFAN, J. Updated Brazilian database on food carotenoids: Factors affecting carotenoid composition. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 2008, p. 445–463.
- [32] TOPUZ, A., FENG, H. and KUSHAD, M. The effect of drying method and storage on color characteristics of paprika. *Journal of Food Science*, 42, 2009, p.1667–1673.