



XXI CONGRESO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE
DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

XVII CONGRESO ARGENTINO DE CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

CYTAL®-ALACCCTA 2019

20 al 22 de Noviembre de 2019
Universidad Católica Argentina
Sede Puerto Madero
Buenos Aires - Argentina



Congreso de Tecnología de Alimentos -CyTAL®-ALACCCTA

Libro de trabajos completos CyTAL®-ALACCCTA 2019 : parte I / compilado por Stella Maris Alzamora. - 1a ed compendiada. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Asociación Argentina de Tecnólogos Alimentarios - AATA , 2020.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

Edición para Asociación Argentina de Tecnólogos Alimentarios - AATA

ISBN 978-987-47615-0-7

1. Tecnología de los Alimentos. I. Alzamora, Stella Maris, comp. II. Título.

CDD 664.001

ISBN 978-987-47615-0-7



9 789874 761507



CAMBIOS DE COLOR DE SNACKS FRITOS DE MANDIOCA EN RELACIÓN AL CONTENIDO DE AGUA Y ACEITE

S. L. Hase; A. R. Linares; L. L. Kachuk

*Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de
Misiones, 3300 Posadas, Argentina*
E-mail: sandra.hase2011@gmail.com

RESUMEN

Los snacks de mandioca, con un bajo contenido de azúcares reductores, son inicialmente claros. Durante la fritura por inmersión profunda, la luminosidad disminuye y el parámetro cromático “*redness*” aumenta. La luminosidad depende de la cantidad de agua libre presente en la superficie que favorece la reflexión de la luz, y su disminución puede deberse a una deshidratación rápida de la superficie durante el proceso. El aumento del parámetro cromático puede ser atribuido a la caramelización. Los cambios de color están asociados a la pérdida de agua y la ganancia de aceite y la velocidad a la que ocurren estos cambios depende de la temperatura y tipo de aceite utilizado. El objetivo de este trabajo fue evaluar las relaciones entre luminosidad y “*redness*” con el contenido de agua y aceite, durante el proceso de fritura. Los snacks de mandioca se fritaron en aceite de girasol (AG) y en aceite de girasol de alto oleico (AGAO), a 150, 170 y 190 °C. Los snacks fueron extraídos a 30, 60, 120, 180 y 240 s. El contenido de agua de los snacks fritos fue medido por secado de las muestras en estufa hasta peso constante a 100 °C. El contenido de aceite fue determinado mediante extracción con Twisselman sobre las muestras secas y molidas con éter de petróleo. Los parámetros de color (luminosidad y “*redness*”) fueron medidos con un colorímetro HunterLab D25-9.

Los datos de luminosidad ($L^* - L_0^*$) y de “*redness*” ($a^* - a_0^*$) se graficaron en función del contenido de agua y de aceite, para los dos aceites y las tres temperaturas ensayadas. En las mismas se observó que: 1) a menor contenido de agua, menor fue la luminosidad y mayor el “*redness*”; 2) efecto de la temperatura: a igual contenido de agua, la luminosidad fue menor a mayor temperatura de fritura, en ambos aceites; a igual contenido de agua, el “*redness*” de los snacks fue similar en las tres temperaturas cuando se fritaron en AG, en tanto que el “*redness*” de los snacks fue mayor, a mayor temperatura cuando se fritaron en AGAO; 3) efecto del tipo de aceite: a igual contenido de agua, la luminosidad fue similar en los dos aceites a bajas temperaturas; sin embargo, a 190°C la luminosidad fue menor en AGAO; a igual contenido de agua, el “*redness*” fue mayor en AGAO a las tres temperaturas ensayadas; 4) la luminosidad disminuyó linealmente cuando el contenido de aceite aumentó; 5) a igual contenido de aceite, la luminosidad fue menor a mayor temperatura de fritura; 6) a igual contenido de aceite, a bajas temperaturas la luminosidad fue mayor en AGAO y a altas temperaturas (190 °C) la luminosidad fue mayor en AG.

Los snacks fritos a 170 °C durante 180 s mostraron un color adecuado ($L^* - L_0^* = -36,77 \pm 0,67$; $a^* - a_0^* = 14,61 \pm 0,57$ en AG; $L^* - L_0^* = -30,02 \pm 0,95$; $a^* - a_0^* = 15,12 \pm 0,53$ en AGAO) con el menor contenido de agua y aceite (Ws (% de agua / muestra seca

desgrasada) = $12,149 \pm 9,102$ en AG y $15,162 \pm 6,195$ en AGAO; y Fs (% de aceite/muestra seca desgrasada) = $29,496 \pm 3,864$ en AG y $29,137 \pm 6,612$ en AGAO).

Palabras claves: mandioca, fritura, color, agua, aceite.

1. Introducción

Los snacks de mandioca obtenidos por fritura son una alternativa para adicionar valor a las raíces de mandioca frescas, ofreciendo un producto que satisfaga las expectativas de un grupo de consumidores, abriendo un espacio nuevo para el sector de la industria y a un precio más competitivo en comparación con las raíces frescas.

El color de un snack es el parámetro de calidad más significativo evaluado por los consumidores y es crítico en la aceptación del producto, aún antes de que el mismo entre a la boca (Pedreschi *et al.*, 2005). Los consumidores tienden a asociar color con flavor, seguridad, tiempo de almacenamiento, nutrición y nivel de satisfacción porque correlaciona bien con las evaluaciones físicas, químicas y sensoriales de calidad de los alimentos (Yunsheng, 2005; Pedreschi y Zúñiga, 2009; Abdollahi Moghaddam *et al.*, 2015). La medición instrumental del color puede ofrecer una base cuantitativa para la evaluación de los parámetros cinéticos de cambio de color durante la fritura que permita predecir cambios durante el proceso y seleccionar aquellas condiciones que conduzcan a la mejor apariencia del producto (Baik y Mittal, 2003; Krokida *et al.*, 2001).

La medición instrumental del color de alimentos se realiza con frecuencia usando colorímetros y espectrofotómetros, que permiten medidas de color exactas y reproducibles. (Pedreschi *et al.*, 2005; Baik y Mittal, 2003; Krokida *et al.*, 2001a). Usualmente se mide en unidades L^* , a^* b^* , un estándar internacional para la medición de color adoptado por la Comisión Internacional l'éclairage (CIE). L^* es la luminosidad, y los parámetros cromáticos son: a^* (de verde a rojo) y b^* (de azul a amarillo). En el espacio L, a, b la percepción del color es uniforme lo cual significa que la distancia Euclidiana entre dos colores corresponde aproximadamente a la diferencia de color percibido por el ojo humano (Pedreschi *et al.*, 2005).

Los snacks de mandioca, con un bajo contenido de azúcares reductores, son inicialmente claros y el color se genera durante la fritura debido a cambios físicos y químicos causados por los fenómenos de transferencia de masa y calor que tienen lugar durante la operación (Krokida *et al.*, 2001; Baik y Mittal, 2003). Durante la fritura por inmersión profunda, la luminosidad disminuye y el parámetro cromático a^* “*redness*” aumenta. La luminosidad depende de la cantidad de agua libre presente en la superficie

que favorece la reflexión de la luz, y su disminución puede deberse a una deshidratación rápida y grande de la superficie durante el proceso (Heredia *et al.*, 2014). El aumento del parámetro cromático puede ser atribuido a la caramelización a altas temperaturas de fritura (Kumar *et al.*, 2006; Abdollahi Mogaddam *et al.*, 2015). Los cambios de color están asociados a la pérdida de agua y la ganancia de aceite y la velocidad a la que ocurren estos cambios depende de la temperatura y tipo de aceite utilizado (Yunsheng, 2005). El objetivo de este trabajo fue evaluar las relaciones entre luminosidad y “redness” con el contenido de agua y aceite, durante el proceso de fritura.

2. Materiales y métodos

2.1 Snacks de mandioca: Los snacks de mandioca se prepararon a partir de raíces de mandioca, variedad Rocha, cocidas al vapor, extruidos a través de orificios de 6 mm de diámetro y fritos por 30, 60, 120, 180 y 240 segundos por inmersión profunda.

2.2 Fritura: Para la fritura por inmersión se utilizó una freidora marca MOULINEX® de 1,2 kg de capacidad con control de temperatura. La temperatura del aceite se controló mediante una termocupla marca Testo con sonda de inmersión flexible estanca tipo K clase 1, rango de -60°C a +1000°C, transductor patrón Testo un canal T/P modelo 925, con tiempo de respuesta 2 segundos. La freidora se cargó con 2,2 l de aceite y se mantuvo una relación snacks/aceite de 0,2% P/V. La temperatura de fritura se fijó en 150 °C, 170 °C o 190 °C. Los snacks fritos fueron removidos del aceite mediante una cesta extraíble provista por la freidora y colocados sobre papel adsorbente. Después de cada experiencia se controló el nivel de aceite. El aceite fue cambiado después de una hora de tiempo de fritura. Todas las experiencias se realizaron por triplicado y los resultados presentes son un promedio de los valores individuales obtenidos.

2.3 Aceite: Para la fritura de utilizan dos tipos de aceite, aceite de girasol (AG) marca Natura® (100% puro de girasol, extraído de Primera prensada en frío, doble refinación y cinco procesos de filtrado) y aceite de girasol de alto oleico (AGAO) marca Cocinero®.

2.4 El contenido de agua de los snacks fritos se obtuvo por secado de las muestras en estufa hasta peso constante a 100°C.

2.5 El contenido de aceite se determinó mediante extracción con Twisselman. Las muestras secas fueron molidas y extraídas con éter de petróleo (p.e. 60-80°C) por 4

horas. El éter de petróleo fue removido por evaporación, los matraces Twisselman fueron colocados a 60°C en estufa por 24 h y el aceite recuperado fue pesado.

2.6 Medición del color: Las muestras de snacks convenientemente molidas fueron colocadas en un disco Petri para la medición de color. Los parámetros de color (L^* , a^* , b^*) fueron medidos con un colorímetro HunterLab D25-9 (Hunter Associates Laboratory, Reston, VA). Tres muestras fueron escaneadas en ocho diferentes localizaciones para determinar los valores de L^* (Luminosidad) y a^* (*redness*).

2.6 Modelos cinéticos:

Para describir los cambios de los parámetros de color con el contenido de agua se utilizó un modelo logarítmico:

$$C^* - C_0^* = a * \ln(W_s) + b \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde: $C-C_0$ fue el cambio de los parámetros de color respecto a la muestra cruda, W_s fueron los g de agua/100 g de muestra seca desgrasada, a y b fueron constantes del modelo estimadas por regresión no lineal.

Para calcular la energía de activación de Arrhenius, se utilizó la ecuación:

$$\ln k = A - \frac{E_a}{RT} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde: k fue la constante cinética de velocidad, R fue la constante de los gases (8,3142 J mol⁻¹ K⁻¹), T fue la temperatura de fritura (K), E_a fue la energía de activación que se estimó por regresión lineal.

Los valores medios de todas las determinaciones se expresaron como valor medio \pm DS. La bondad del ajuste de los modelos a los datos experimentales se evaluó mediante R^2 y RMSE:

$$RMSE = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (c_{cal} - c_{exp})^2}{n} \right)^{0,5} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde c_{cal} fue el valor estimado por el modelo, c_{exp} fue el valor obtenido experimentalmente y n fue el número de datos experimentales.

Análisis estadístico: Los datos se ajustaron por regresión lineal. La comparación de las pendientes se realizó considerando los intervalos de confianza (NC 95%). Para el análisis de datos se utilizó el programa Statgraphics Centurion XVII. Versión 17.2.00 (2016).

3. Resultados y discusión

3.1 Correlación entre el cambio de luminosidad ($L^* - L_0^*$) y el contenido de agua (Ws)

La luminosidad es un parámetro de color crítico de los productos fritos, es usualmente usada como un determinante de calidad y su control adecuado es de gran importancia (Oyedeeji *et al.*, 2017). Como se muestra en la Figura 1 una rápida disminución de la luminosidad fue observada a medida que disminuyó el contenido de agua, para todos los ensayos realizados. La luminosidad depende de la cantidad de agua libre presente en la superficie que favorece la reflexión de la luz y la pérdida de luminosidad podría ser el resultado de la deshidratación rápida de la superficie durante el proceso de fritura (Heredia *et al.*, 2014).

Los datos obtenidos se ajustaron a la Ecuación 1. Una comparación de los ajustes del modelo indicó que existe evidencia estadística significativa ($p < 0,05$) entre las correlaciones de $L^* - L_0^*$ y $\ln Ws$, para las diferentes temperaturas del aceite ensayadas (150, 170 y 190 °C) y entre los aceites utilizados (AG y AGAO). Los valores de las constantes “ a ” y “ b ” de la Ecuación 1 se determinaron por regresión lineal. Los valores de las constantes y la bondad de ajuste se dan en la Tabla 1. Los datos experimentales y los datos de la curva de regresión estimados a partir del modelo se muestran en la Figura 1 A y B. Los datos de los snacks fritos en AGAO a 190°C mostraron un mejor ajuste ($R^2 = 0,865$) a una ecuación lineal de primer orden (Tabla 1).

La influencia de la temperatura de fritura sobre los valores de la constante “ a ” de la curva de regresión se realizó en base a la ecuación de Arrhenius dada por la Ecuación (2). La dependencia de la constante “ a ” con temperatura se muestra en la Figura 2. Los valores de energía de activación obtenidos fueron $-35,91 \pm 3,11$ kJ/mol K (AG) y $-21,00 \pm 2,09$ kJ/mol K (AGAO). A igual contenido de agua, la luminosidad fue menor a mayor temperatura de fritura (Figura 1 A y B). El intenso amarronamiento durante la formación de la corteza debido a la exposición a altas temperaturas favorecería la disminución del parámetro (Oyedeeji *et al.*, 2017). A partir de los datos de la Tabla 1 se observó que a igual contenido de agua la luminosidad fue menor en los snacks fritos en AGAO a la misma temperatura de fritura. A 190 °C el tiempo necesario para desarrollar una superficie crocante evitando una pérdida de luminosidad que se traduce en una carbonización de la misma, fue corto y la retención de agua fue máxima (Hase y Linares, 2018). En el caso de los snacks de mandioca, con un alto contenido de almidón,

la gelatinización del mismo favorecería a la formación de una capa externa delgada y firme alrededor del material, que ofrece fuerte resistencia a la pérdida de agua, efecto que se hace más importante a mayor temperatura. El contenido de agua en los snacks determina la calidad de los mismos y mucha agua interior resulta en una pérdida de crocancia (Yunsheng, 2005).

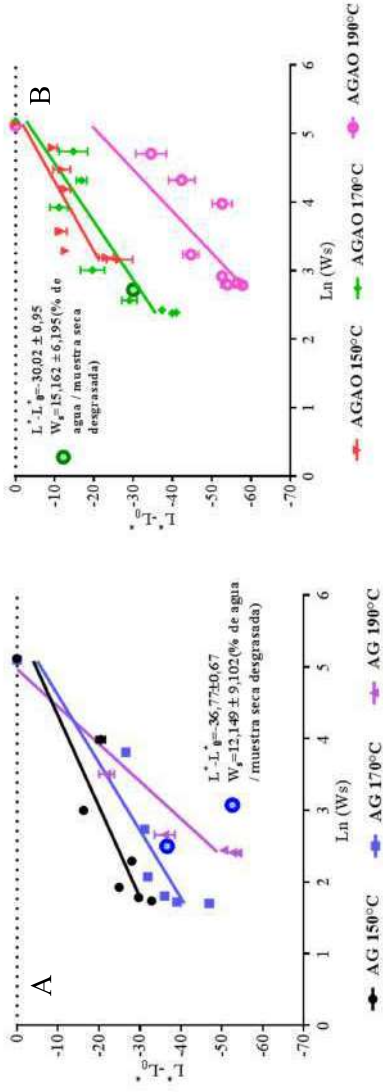


Figura 1: $L^* - L_0$ en función del $\ln(W_s)$ para muestras fritas a 150, 170 y 190 °C en AG (A) y AGAO (B)

Tabla 1: Valores de las constantes a y b para el modelo dado por la Ecuación 1 y la bondad del ajuste del modelo para $L^* - L_0$ en función del contenido de agua W_s

Luminosidad $L^* - L_0$	Parámetros de la Ecuación 1 $L^* - L_0 = a * \ln(W_s) + b$		Parámetros de la bondad del ajuste	
	a	b	RMSE	R^2
AG 150°C	$7,89 \pm 0,27$	$-44,08 \pm 0,83$	0,157	0,839
AG 170°C	$10,61 \pm 0,32$	$-58,83 \pm 0,97$	0,175	0,871
AG 190°C	$19,16 \pm 0,44$	$-95,20 \pm 1,42$	0,193	0,933
AGAO 150°C	$9,81 \pm 0,53$	$-52,17 \pm 2,08$	0,181	0,705
AGAO 170°C	$11,77 \pm 0,37$	$-63,69 \pm 1,32$	0,162	0,827
AGAO 190°C	$16,48 \pm 0,77$	$-103,70 \pm 2,87$	0,212	0,682
	$L^* - L_0 = a * W_s + b$			
AGAO 190°C	$0,32 \pm 0,01$	$-61,59 \pm 0,65$	0,172	0,865

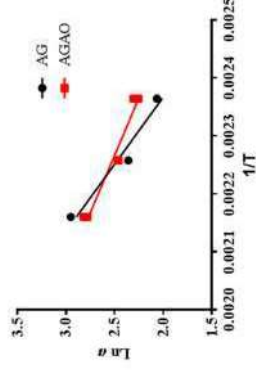


Figura 2: Gráfico de $\ln a$ (Tabla 1) vs $1/T(K^{-1})$ para la fritura en AG y AGAO

3.2 Correlación entre el cambio de luminosidad ($L^* - L_0^*$) y el contenido de aceite (F_s)

Los cambios de color están asociados no sólo a la pérdida de agua sino también a la ganancia de aceite que ocurre durante el proceso de fritura. La luminosidad disminuyó linealmente cuando el contenido de aceite aumentó (Figura 3). Una comparación de los ajustes del modelo indica que existe evidencia estadística significativa ($p < 0,05$) entre las correlaciones de $L^* - L_0^*$ y F_s , para las diferentes temperaturas del aceite ensayadas (150, 170 y 190 °C) y entre los aceites utilizados (AG y AGAO). Los valores de las constantes y la bondad de ajuste se dan en la Tabla 2. Los datos experimentales y la correlación lineal se muestran en la Figura 3.

La dependencia de la constante “a” con temperatura se muestra en la Figura 4. Los valores de energía de activación obtenidos fueron $-39,67 \pm 6,15$ kJ/mol K (AG) y $-107,17 \pm 4,11$ kJ/mol K (AGAO). A medida que aumentó la temperatura de fritura la pendiente de la recta de correlación aumentó (Tabla 2), indicando que a mayor temperatura de fritura, la luminosidad es menor a igual contenido de aceite (Figura 3), en los dos aceites ensayados. A bajas temperaturas (150 y 170 °C) la luminosidad es mayor en AGAO y a altas temperaturas (190 °C) la luminosidad es mayor en AG a igual contenido de aceite. Si bien a 150°C la luminosidad es menor, las muestras absorben la mayor cantidad de aceite.

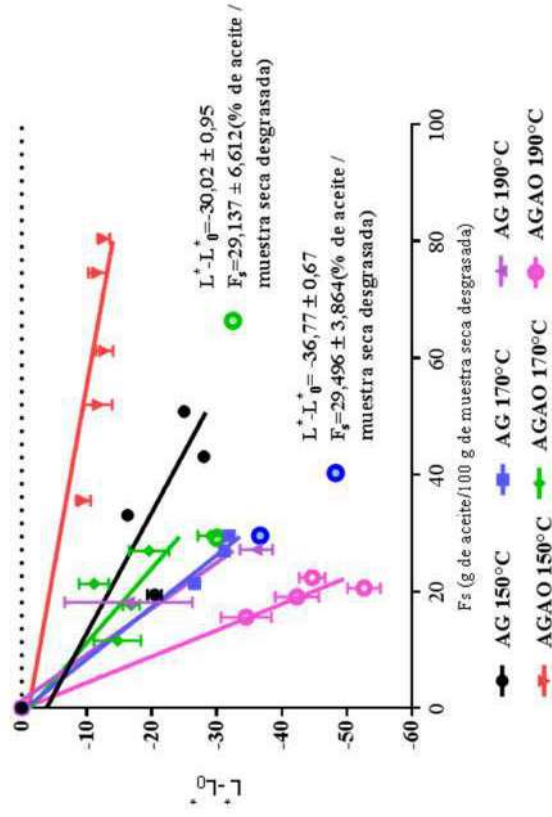


Figura 3: $L^* - L_0^*$ en función del contenido de aceite para muestras fritas en AG y AGAO a 150, 170 y 190 °C

Tabla 2 : Valores de las constantes a y b y la bondad del ajuste del modelo lineal para el cambio de luminosidad en función del contenido de aceite (Fs)

Luminosidad $L^* - L_0$	Parámetros de la Ecuación: $L^* - L_0 = a * F_s + b$		Parámetros de la bondad del ajuste	
	a	b	RMSE	R ²
AG 150°C	-0,48 ± 0,02	-3,79 ± 0,80	0,196	0,784
AG 170°C	-1,12 ± 0,01	-0,60 ± 0,30	0,125	0,987
AG 190°C	-1,27 ± 0,07	-1,64 ± 1,34	0,308	0,819
AGAO 150°C	-0,16 ± 0,01	-1,08 ± 0,42	0,147	0,847
AGAO 170°C	-0,78 ± 0,04	-1,25 ± 0,81	0,181	0,732
AGAO 190°C	-2,23 ± 0,06	-0,33 ± 0,92	0,197	0,938

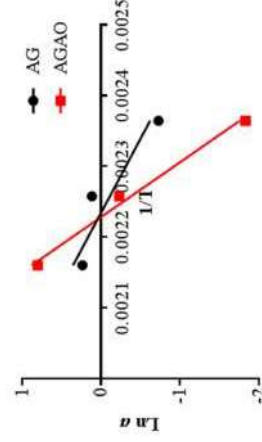


Figura 4: Gráfico de Ln a (Tabla 2) vs $1/T(K^{-1})$ para la fritura en AG y AGAO

El aumento de temperatura favorece la formación de la corteza lo cual impide el flujo de aceite dentro de la muestra durante y después de la fritura, durante la etapa de enfriamiento y por ello el aceite tomado disminuye (Oladejo *et al*, 2017). Como mencionamos anteriormente, el amarramiento de la corteza a altas temperaturas induce a la pérdida de luminosidad tal como se observa en la Figura 3.

3.3 Correlación entre el cambio de redness ($a^* - a_0^*$) y el contenido de agua (Ws)

Durante la fritura la componente cromática del color a^* aumenta con la temperatura y el tiempo de fritura como resultado de la caramelización debida a la degradación térmica de los azúcares sin la participación de grupos aminos. Este parámetro se utilizó para determinar el punto óptimo de fritura, porque la preferencia del consumidor indica que el color rojo no es deseable en los snacks y por otra parte se ha demostrado su correlación con el contenido de acrilamida (Pedresci *et al*, 2005). Los datos obtenidos se ajustaron a la Ecuación 1.. Una comparación de los ajustes del modelo indica que existe evidencia estadística significativa ($p < 0,05$) entre las

correlaciones de $a^* - a_0^*$ y $\ln W_s$, para las diferentes temperaturas del aceite ensayadas (150, 170 y 190 °C) y entre los aceites utilizados (AG y AGAO). Los valores de las constantes y la bondad de ajuste se dan en la Tabla 3. Los datos experimentales y los datos de la curva de regresión estimados a partir del modelo se muestran en la Figura 5 A y B. Como se muestra en la Figura 5 un rápido incremento de $a^* - a_0^*$ fue observado a medida que disminuyó el contenido de agua, para todos los ensayos realizados. Sin embargo en AG, no hay evidencia estadística significativa entre las constantes “c” de la curva de regresión, mostrados en la Tabla 3, para las diferentes temperaturas ensayadas (Figura 5 A). Para los snacks fritos en AGAO, la influencia de la temperatura de fritura sobre los valores de la constante “c” de la curva de regresión se realizó en base a la ecuación de Arrhenius dada por la Ecuación (2). La energía de activación obtenida fue $43,65 \pm 6,85$ kJ/mol K . En AGAO a mayor temperatura de fritura, mayor es el color rojo a medida que disminuye el contenido de agua (Figura 5B). El valor de $a^* - a_0^*$ a bajos contenido de agua es mayor en AGAO (Figuras 5 A y B).

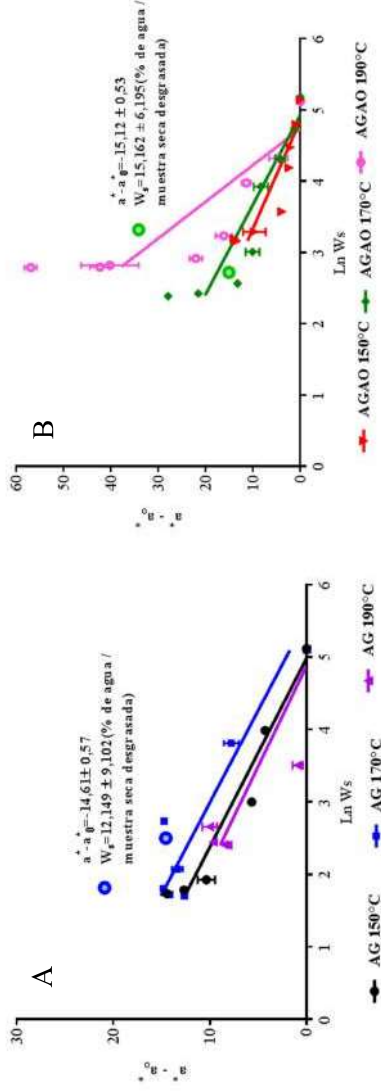


Figura 5: $a^* - a_0^*$ en función de $\ln (W_s)$ para muestras fritas a 150, 170 y 190 °C en AG (A) y AGAO (B)

Tabla 3 : Valores de las constantes c y d para el modelo dado por la Ecuación 1 y la bondad del ajuste del modelo para el cambio de rojo en función del contenido de agua W_c

$a - a_0$	"redness"		Parámetros de la Ecuación:		Parámetros de la bondad del ajuste	
	$a - a_0^*$	c	$a - a_0^* = c * \ln (W_s) + d$	d	RMSE	R^2
AG 150°C		$-3,85 \pm 0,09$		$19,17 \pm 0,29$	0,098	0,927
AG 170°C		$-3,94 \pm 0,13$		$21,80 \pm 0,38$	0,109	0,861
AG 190°C		$-3,62 \pm 0,15$		$17,65 \pm 0,49$	0,115	0,812
AGAO 150°C		$-6,59 \pm 0,25$		$32,02 \pm 1,01$	0,115	0,785
AGAO 170°C		$-7,95 \pm 0,28$		$39,22 \pm 1,05$	0,146	0,807
AGAO 190°C		$-19,48 \pm 0,92$		$92,31 \pm 3,31$	0,234	0,702

4. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos se observó que la pérdida de luminosidad de los snacks de mandioca se debió principalmente al aumento del color rojo (“redness”) y a la resistencia que ofrece la corteza a la pérdida de agua y absorción de aceite. A 150°C la corteza ofrece poca resistencia a la pérdida de agua y a la absorción del aceite, los snacks de mandioca muestran alta luminosidad, bajo “redness”, bajo contenido de agua y altos de aceite. A 190°C la corteza ofrece una fuerte resistencia a la pérdida de agua y absorción de aceite, sin embargo la misma sufre un rápido amarronamiento, lo cual conduce a un alto “redness”, bajos valores de luminosidad, altos contenidos de agua y bajos de aceite. La fritura a 170°C en AG durante 180 s resultó la más favorable, para la cual los valores experimentales de los parámetros fueron: L-L0 = -36,77 ± 0,67; a -a0 = 14,61 ± 0,57; Ws (% de agua / muestra seca desgrasada) = 12,149 ± 9,102 y Fs (% de aceite/ muestra seca desgrasada) = 29,496 ± 3,864.

5. Referencias

- Abdollahi Moghaddam, M.R.; Rafe, A.; y Taghuzadeh, M (2015). Kinetics of color and physical attributes of cookie during deep-fat frying by image processing techniques. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, 91-99.
- Baik, O.D. y Mittal, G.S. (2003). Kinetics of tofu color changes during deep-fat frying. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.* (36), 43-48.
- Hase, S. L. y Linares, A. R. (2018) Cinética de pérdida de agua y ganancia de aceite de snacks fritos de mandioca. *RECyT. Año 20 (29)*, 35-44.
- Heredia, A.; Castelló, M.L.; Argüelles, A. y Andrés, A. (2014). Evolution of mechanical and optical properties of French fries obtained by hot air-frying. *LWT – Food Science and Technology* (57), 755-760.
- Krokida, M.K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z.B. y Marinos-Kouris, D. (2001a). Colour changes during deep fat frying. *Journal of Food Engineering* (48), 219,225.
- Kumar, A.J.; Singh,R.R.B.; Patel, A.A. y Patil, G.R. (2006). Kinetics of color and texture changes in Gulanjamm balls during deep-fat frying. *LWT* (39), 827-833.
- Oladejo, A. O., Ma, H., Qu, W., Zhou, C., Wu, B., Yang X. y Onwude, D. I. (2017). Effects of ultrasound pretreatments on the kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat frying of sweet potato (Ipomea batatas). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 43, 7-17
- Oyededeji, A.B.; Sobukola, O.P.; Folake Henshaw, M.O.; Adegunwa, A.O. Ijabadeniyi, L.O. y Tomlins, K.I. (2017). Effect of Frying Treatments on Texture and Colour Parameters of Deep Fat Fried Yellow Fleshed Cassava Chips. *Journal of Food Quality, Volume 2017. Article ID 8373801, 10pages. https://doi.org/10.1155/2017/8373801*
- Pedreschi, F. y Zúñiga R.N. (2009) Capítulo 5: Kinetics of Quality Changes During Frying en: Advances in Deep-fat frying of Foods, Contemporary Food Engineering Series. *Da Wen Sun Series Editor. Edited by Serpil Sahin, Servet Gülüm Sumnu. CRC Press. Taylor & Francis Group.*
- Pedreschi, F.; Moyano, P.; Kaack, K. y Granby, K. (2005). Color changes and acrylamide formation in fried potato slices. *Food Research International* 38 (1), 1-9.
- Yunsheng Li (2005). Quality changes in chicken nuggets fried in oils with different degrees of hydrogenation. Tesis of Master of Science . *Mc Gill University, Montreal, Quebec, Canada, Department of Bioresource Engineering.*