

## SECADO DE CÁSCARA DE AGRAZ (*Vaccinium meridionale Swartz*) POR VENTANA DE REFRACTANCIA: EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

Yuly Estefani Zuñiga<sup>1</sup>; Olga Lucía Angulo<sup>1</sup>; Ana María Chaux-Gutiérrez<sup>2</sup>; Alfredo Ayala-Aponte<sup>1</sup>

### RESUMEN

El objetivo de este artículo fue estudiar el uso de la ventana de refractancia en el secado de la cáscara de agraz. Fueron utilizadas tres temperaturas de secado (70, 80, 90°C) y se calcularon los coeficientes de difusión efectivo ( $D_{ef}$ ) mediante la solución analítica de la segunda ley de Fick para una geometría de placa plana. Se determinaron las propiedades fisicoquímicas: color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ), actividad de agua ( $a_w$ ), azúcares totales, proteína cruda y contenido de grasa de las cáscaras de agraz seca. Los resultados mostraron que una mayor temperatura llevó a una mayor pérdida de agua para un mismo tiempo de secado, disminuyendo la  $a_w$ . El coeficiente de difusividad aumentó significativamente con el incremento de la temperatura. En relación al color y la composición centesimal no hubo diferencias significativas. La técnica de secado por ventana de refractancia es un método promisorio para el secado de cáscara de agraz.

### INTRODUCCIÓN

El agraz también conocido como mortiño (*Vaccinium Meridionale Swartz*) es una fruta de cáscara de color púrpura oscura a negro cuando está madura, ha incrementado su consumo por sus valiosos componentes nutricionales. Sin embargo, por su alta actividad acuosa tanto en la cáscara como en la pulpa tiende a ser una matriz altamente perecedera y susceptible al deterioro microbiológico durante el almacenamiento, disminuyendo la posibilidad de ser aprovechado en productos gastronómicos; por lo que es necesario aplicar procesos que mantengan sus propiedades fisicoquímicas y nutricionales, a la vez que se pueda incrementar su vida útil. El secado es una alternativa de conservación de la cáscara de agraz, ya que reduce la actividad del agua por debajo de 0.6, lo que evita la proliferación de microorganismos y disminuye la velocidad de reacciones enzimáticas [1]. En general las frutas para su conservación se secan por diversos métodos como el secado con aire caliente, aspersión entre otros. Sin embargo, estos métodos de secado causan efectos negativos en la calidad fisicoquímica y nutricional en los alimentos en general. Particularmente, la cáscara y la pulpa del agraz se ven afectadas por altas temperaturas durante su procesamiento, ocasionando degradación de su color y disminución de sus propiedades fisicoquímicas llevando a la reducción de su actividad funcional y/o nutraceutica [2, 3].

Para disminuir el impacto de los factores arriba mencionados se ha propuesto el secado por ventana de refractancia (VR), la cual es una tecnología relativamente novedosa, económica y amigable con el medio ambiente. Además, se pueden obtener alimentos con una alta retención de compuestos bioactivos, lo que es importante para mantener la

<sup>1</sup> Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Cali, Colombia.

<sup>2</sup> Grupo de Investigación GORAS, Programa de Gastronomía, Universidad Católica Luis Amigó, Medellín, Colombia.

calidad nutricional, así como las características fisicoquímica y propiedades organolépticas, esto se consigue en cortos tiempos de proceso en comparación con otros métodos de secado [4–6]. La VR utiliza agua como medio de calentamiento a una temperatura inferior al punto de ebullición. El producto se coloca sobre una película plástica Maylar®, la cual es relativamente transparente a la radiación infrarroja del agua [7]. Durante el secado, se presentan los tres mecanismos de transferencia de calor: convección, conducción y radiación. La combinación de estos permite que el proceso de secado por VR sea corto con una alta retención de la calidad del producto.

## OBJETIVO

Aplicar la tecnología de ventana de refractancia (VR) para la obtención de cáscara seca de agraz (*Vaccinium Meridionale Swartz*) con alta retención de calidad. Como objetivo específico se pretende determinar el efecto de la temperatura sobre las cinéticas de secado, el coeficiente de difusión y propiedades fisicoquímicas de la cáscara de agraz seca.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se emplearon frutos de agraz con un estado de madurez 5 (color negro) según la clasificación de Arteaga Dalgo et al. [8]. Se cortaron a la mitad para obtener la cascara y su posterior secado. Se emplearon tres temperaturas de secado (70, 80 y 90°C) usando la técnica de ventana de refractancia. A diferentes tiempos de secado se determinó la humedad. Los coeficientes de difusión efectivo ( $D_{ef}$ ) se calculó a partir de la solución de la segunda ley de Fick de la difusión para una placa plana (Espesor = 2l) [6]. Se determinaron de las propiedades fisicoquímicas como el color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ), actividad de agua ( $a_w$ ), azúcares totales, proteína cruda y contenido de grasa se midieron en la cascara de agraz seca con un contenido de humedad en base húmeda (b.h) del 10%. Los resultados se realizaron por triplicado y se analizaron mediante análisis de la varianza (ANOVA).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra las curvas de secado de cáscara de Agraz secadas por VR a diferentes temperaturas. El contenido de humedad inicial de la cáscara de Agraz fue de 83.97% (b.h). De acuerdo con el análisis de ANOVA, la temperatura de secado mostró un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) sobre el contenido de humedad en cáscara de agraz. Se observó que a mayor temperatura mayor fue la pérdida de humedad para un mismo tiempo de secado. Los resultados indican que a mayor temperatura el tiempo de proceso fue menor para alcanzar un mismo nivel de humedad. Se destaca que, para alcanzar un contenido de humedad del 10% (b.h), el tratamiento a 90°C requirió 31 min, mientras que los tratamientos de 80 y 70°C requirieron respectivamente 60 y 104 min. Un comportamiento similar fue reportado en el secado de gel de Aloe vera [1, 9] y en snacks de piña [10].

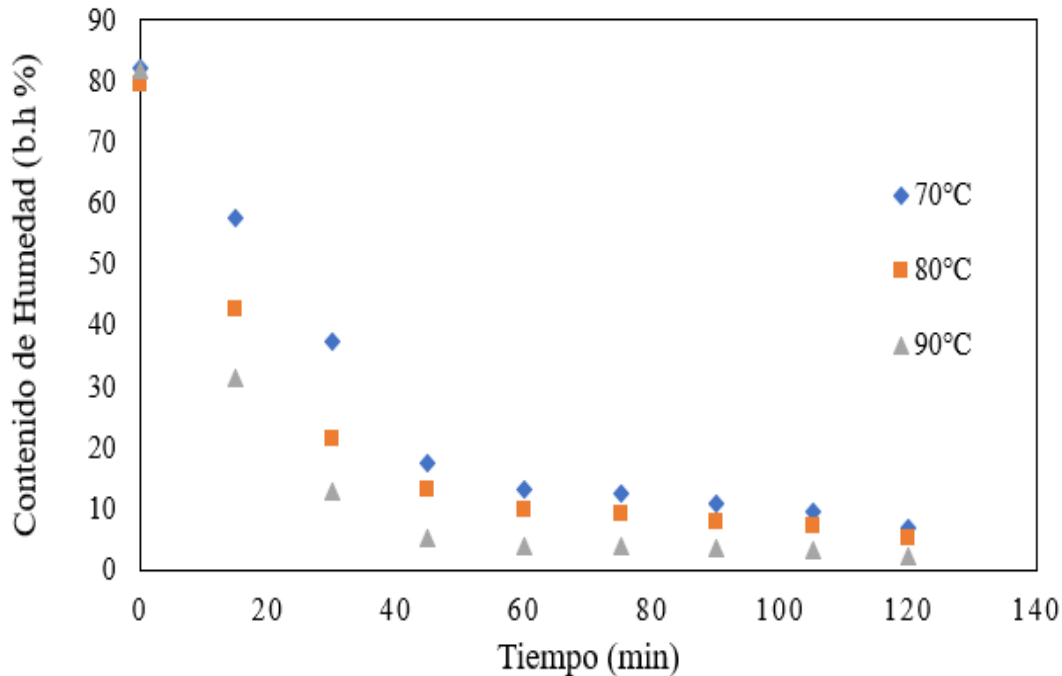


Figura 1. Curvas de secado de cáscara de agraz por la técnica de ventana de refractancia.

Los tiempos de secado obtenidos en este trabajo se consideran significativamente cortos con respecto a los encontrados usando otras tecnologías en el secado de diversos alimentos. La pérdida rápida de agua observada en la VR se puede explicar debido al efecto combinado de los tres mecanismos de transferencia de calor, convección, conducción y radiación. La convección se incrementa con la circulación continua de agua caliente debajo de la membrana plástica (Mylar®) y con la circulación del aire encima de las muestras. Mientras que la radiación y la conducción se incrementan (energía infrarroja del agua) debido a la alta conductividad térmica de la membrana desde agua caliente hasta el alimento [1]. Con respecto al efecto de la temperatura en la reducción del tiempo de secado, el cual fue asociado a un mayor coeficiente de difusión debido al mayor gradiente de temperatura entre el agua caliente y las cáscaras de agraz, favoreciendo una rápida salida del agua en el alimento por el incremento de la velocidad de transferencia de calor. Los valores del coeficiente de difusividad efectiva ( $D_e$ ) del agua en las muestras de cáscara de agraz (Tabla 1) variaron significativamente ( $P < 0.05$ ) por efecto de la temperatura entre  $1,022 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$  y  $7.080 \times 10^{-9}$ . Estos valores de  $D_{ef}$  están dentro del rango general de  $10^{-11} - 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$  para el secado de alimentos [11, 12]. El incremento de la  $D_{ef}$  por aumento de la temperatura puede estar asociado a que las muestras al secarse a mayor temperatura se incrementa la energía de calentamiento y la actividad de las moléculas de agua permitiendo mayor difusión de la humedad [13].

Tabla 1. Parámetros de color,  $a_w$ , coeficiente de difusión y composición centesimal de la cáscara de agraz seca.

Temp de secado (°C)	Color			$a_w$	Coeficiente de difusión (m <sup>2</sup> /s)	Azúcares totales (g/100g)	Proteína cruda (g/100g)	Contenido de grasa (g/100g)
	$L^*$	$a^*$	$b^*$					
Cáscara fresca	20,01±0,08	11,62±0,01	14,21±0,07	0,73±0,01	-	-	-	-
70	21,83±0,14	11,74±0,14	14,99±0,03	0,49±0,00	1,022x10 <sup>-10</sup>	24,02	5,8	3,52
80	21,26±0,17	11,08±0,13	14,83±0,12	0,49±0,00	1,22x10 <sup>-9</sup>	23,98	5,8	3,45
90	20,09±0,10	11,5±0,05	14,15±0,14	0,48±0,00	7,08x10 <sup>-9</sup>	24,01	5,91	3,53

La Tabla 1 muestra las propiedades fisicoquímicas de la cáscara seca de agraz (10%, b.h) en las 3 temperaturas de secado. Puede notarse que la  $a_w$  disminuyó durante el secado hasta valores cercanos a 0.49 en las tres temperaturas. Este resultado indica que la cáscara de agraz deshidratada es estable en el almacenamiento ante la proliferación de microorganismos, por alcanzar una  $a_w < 0,6$ , la cual es el valor crítico de crecimiento de microorganismos [14]. El color no mostró cambios significativos en sus parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  por efecto de la temperatura y tiempo de secado, conservándose el color violeta característico del agraz, los resultados indican que no hay pérdidas significativas de pigmentos en la cáscara de agraz. Igualmente, los azúcares totales, la proteína cruda y el contenido de grasa no variaron entre los tratamientos por efecto de la temperatura, resaltándose de esta forma las bondades del método de ventana de refractancia sobre estos parámetros.

## CONCLUSION

Se evidenció en el secado de cáscara de agraz por ventana de refractancia que al incrementar la temperatura de proceso se disminuye el tiempo de secado y en consecuencia se reduce el contenido de humedad. El coeficiente de difusión se incrementó con el aumento de la temperatura de secado indicando mayor velocidad en la salida del agua. La temperatura no influyó significativamente en el color violeta característico del mortiño lo que indica que no hubo pérdidas significativas de componentes responsables de su color. En producto seco con una humedad del 10% (b.h) no se presentaron cambios de azúcares totales, proteína y contenido graso por efecto de la temperatura. Estos hallazgos muestran que la técnica por ventana de refractancia es un método altamente potencial para el secado de cáscara de agraz, permitiendo secar el producto con bajo contenido de humedad en tiempos cortos, reduciendo la  $a_w$  a valores inferiores a 0,49 y conservando propiedades fisicoquímicas de la cáscara de agraz.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. AYALA-APONTE, A.A.; CÁRDENAS-NIETO, J.D.; TIRADO, D.F. Aloe vera gel drying by refractance window®: Drying kinetics and high-quality retention. **Foods**, v. 10, p. 1445, 2021.
2. DRÓZDZ, P.; SEŽIENE, V.; WÓJCIK J.; Evaluation of bioactive compounds, minerals and antioxidant activity of lingonberry (vaccinium vitis-idaea L.). **Fruits. Molecules**, v. 23, p. 53, 2018.
3. LIU, Z.L.; XIE, L.; ZIELINSKA, M. Pulsed vacuum drying enhances drying of blueberry by altering micro-, ultrastructure and water status and distribution. **LWT**, v.142, p. 111013, 2021.

4. NEMZER, B.; VARGAS, L.; XIA, X. Phytochemical and physical properties of blueberries, tart cherries, strawberries, and cranberries as affected by different drying methods. **Food Chemistry**, v.262, p. 242–250, 2018.
5. LEITON-RAMÍREZ, Y.M.; AYALA-APONTE A.; OCHOA-MARTÍNEZ, C.I. Physicochemical Properties of Guava Snacks as Affected by Drying Technology. **Processes**, v. 8, n.106, p. 1-12, 2020.
6. OCHOA-MARTÍNEZ, C.I.; QUINTERO, P.T.; AYALA, A.A. Drying characteristics of mango slices using the Refractance Window™ technique. **Journal of Food Engineering**, v. 109, n.1, p. 69-75, 2012.
7. RAGHAVI, L.M.; MOSES, J.A.; ANANDHARAMAKRISHNAN C. Refractance window drying of foods: A review. **Journal of Food Engineering**, v.222, p. 267–275, 2018.
8. ARTEAGA DALGO, M.; ANDRADE CUVI, M.J.; MORENO GUERRERO, C. Development relationship of color with anthocyanins and chlorophyll content in diferent degrees of maturity of mortiño (*Vaccinium floribundum*). **Enfoque UTE**, v. 5, n.2, p. 14–28, 2014.
9. SABAT, M.; PATEL. S.; KALNE, A.A. Influence of Temperature on Drying Kinetics of Aloe vera and Its Mathematical Modeling. **Current Journal of Applied Science and Technology**, v. 31, n. 5, p. 1-10, 2018.
10. GONZÁLES-HOYOS, L.V.; ARROYO-RINCON, A.M.; TOBAR-SUAREZ. A. Obtaining “Snacks” of pineapple (*Ananas Comosus*) by the combined techniques of Refractance Window and Hot Air. **Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial**, v. 20, n. 1, p. 165–178, 2022.
11. BEIGI, M. Drying of mint leaves: Influence of the process temperature on dehydration parameters, quality attributes, and energy consumption. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 21, n. 1, p. 77-88, 2019.
12. KUMAR, H.; RADHAKRISHNA, K.; NAGARAJU. P. Effect of combination drying on the physico-chemical characteristics of carrot and pumpkin. **Journal of Food Process Preservation**, v. 25, n.6, p. 447-460, 2001.
13. XIAO, H.W.; PANG, C.; WANG, L.H. Drying kinetics and quality of Monukka seedless grapes dried in an air-impingement jet dryer. **Biosystems Engineering**, v. 105, n. 2, p. 233-240, 2010.
14. CALISKAN, G.; DIRIM, S.N. The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders. **Powder Technology**, v. 287, p. 308-314, 2016.