
PRODUCTOS GELIFICADOS DE ROSA MOSQUETA: EFECTO DE DIVERSOS MÉTODOS DE SECADO EN LA RETENCIÓN DE CALIDAD

Silvana M. Demarchi^{1,2} y Sergio A. Giner^{1,3,4}

1 *Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA), UNLP-CONICET-CIC, 47 y 116 La Plata (B1900 AJJ), Argentina.*

2 *Facultad de Cs. Exactas, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.*

3 *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.*

4 *Comisión de Investigaciones Científicas (CICPBA), La Plata, Argentina.*

E-mail: silvanademarchi@quimica.unlp.edu.ar

RESUMEN

Se desarrollaron “leathers” o láminas gelificadas de rosa mosqueta, convencionales y reducidas en calorías, a partir de varios métodos de secado: por convección y al vacío, con y sin un proceso de preconcentración, y combinados con una etapa final de secado por microondas. El objetivo del estudio fue reducir el tiempo de procesamiento y mejorar la retención de calidad, en comparación con el secado convencional por convección. La humedad y temperatura del producto en función del tiempo fueron analizadas en cada proceso. La calidad organoléptica y nutricional de los productos se evaluó a través del color instrumental y el contenido de ácido ascórbico. Los tiempos totales de secado variaron entre 120 y 870 min. El color se vio afectado principalmente por un efecto combinado del tiempo y la temperatura, mientras que la retención de ácido ascórbico mostró una dependencia con la presión parcial de oxígeno. La preconcentración no causó ninguna mejora en la velocidad de secado por convección o al vacío posteriores, ni en la calidad de los productos. La aplicación de microondas condujo a menores tiempos de procesamiento, aunque fue perjudicial para el color y la retención nutricional de los leathers a un nivel de potencia absorbida de 1 W/g. El secado al vacío resultó ser la mejor opción entre las estudiadas aquí, ya que implica un menor tiempo de procesamiento y una mayor retención de calidad en comparación con el secado por convección.

Palabras claves: rosa mosqueta, secado, calidad

1. Introducción

Las frutas y verduras deshidratadas generalmente se procesan por convección forzada de aire caliente (en adelante, "secado convectivo"), que es el método convencional. La calidad nutricional de los productos de origen vegetal puede verse muy afectada en las condiciones típicas de secado convectivo, lo que ha sido confirmado por varios autores (Demarchi y col., 2013; Goula y Adamopoulos, 2006; Mejia-Meza y col., 2008). Por lo tanto, es importante estudiar procesos de secado alternativos para mejorar la retención de antioxidantes y vitaminas, así como la calidad general de los productos. En este trabajo se aplicaron diferentes métodos de secado para obtener geles pécticos deshidratados (GPDs) de rosa mosqueta, un snack de fruta saludable con potencial como alimento funcional, ya que los frutos de rosa mosqueta son particularmente ricos en vitamina C. Dado que el ácido ascórbico

puede ser degradado por mecanismos oxidativos (Sablani, 2006), se propuso estudiar el efecto de la presión parcial de oxígeno durante el secado sobre la calidad de los GPDs de rosa mosqueta, comparando los procesos de secado por convección y al vacío, ambos a 60 °C. Por otro lado, se observó que la aplicación de microondas en las etapas finales del secado reduce los tiempos totales de procesamiento e incluso mejora la retención nutricional de frutas deshidratadas (Figiel, 2010; Orsat y col., 2007). Por lo tanto, se evaluaron procesos combinados que consisten en una primera etapa de secado por convección o vacío, seguida de un secado final por microondas. Finalmente, se ensayó un proceso de preconcentración (alta temperatura, corto tiempo) para generar una formulación de menor humedad inicial, deshidratada luego por convección o vacío, siguiendo la hipótesis de prevalencia del efecto tiempo sobre el efecto temperatura (López y col., 2010). Los procesos y productos obtenidos se compararon con el fin de reducir los tiempos de procesamiento y mejorar la retención de calidad, en comparación con el secado convectivo convencional.

2. Materiales y Métodos

2.1. Procesamiento de los frutos

Se usaron frutos de rosa mosqueta (*Rosa rubiginosa* L., syn. *Rosa eglanteria* L.) cosechados en El Bolsón, Río Negro, Argentina. Las frutas enteras maduras se hirvieron durante 30 min en una paila a presión atmosférica y luego se procesaron con una pulpadora. Las semillas y material no comestible se eliminaron con un tamiz de 0,5 mm, obteniéndose una pulpa homogénea que se llevó a 14 °Brix. Luego la pulpa (5,85 kg agua/kg materia seca) se enfrió, se congeló y se almacenó a -20 °C hasta su uso.

2.2. Formulaciones de rosa mosqueta

La pulpa se descongeló a 4 °C, se homogeneizó y se dividió en dos porciones para preparar sendas formulaciones: una con agregado de sacarosa (FSac) desarrollada para GPDs de rosa mosqueta "convencionales", y una con polidextrosa (FPol) diseñada para generar un producto reducido en calorías. Sus composiciones se detallan en un trabajo anterior (Demarchi y col., 2018). Los ingredientes se homogeneizaron con una procesadora eléctrica y luego las formulaciones (2,08 ± 0,12 kg agua/kg materia seca) se mantuvieron en frascos sellados a 4°C durante 24 h.

2.3. Consideraciones Generales

Para obtener resultados comparables fue necesario unificar la geometría de las muestras y la carga de producto por tanda de secado. Las restricciones estuvieron dadas por el equipo de microondas, para el cual la disposición espacial, geometría y carga del producto influyen fuertemente sobre la cinética de secado (Zhang y Datta,

2001). Por este motivo, se seleccionaron moldes individuales de silicona para contener las muestras, ya que resultaron adecuados para todos los métodos de secado. Se utilizaron nueve moldes tipo muffin de 0,051 m de diámetro interno en cada tanda de secado. De acuerdo con datos modelados previamente (Leiva Díaz y col., 2009), para obtener un producto final de 0,002 m de espesor se requirió un espesor inicial de 0,006 m. Para ello se pesó una masa de formulación de 0,015 kg por molde. Se definió un contenido de humedad final de 0,23 kg agua/kg materia seca para los GPDs con sacarosa y 0,17 kg agua/kg materia seca para los productos con povidona, ambos correspondientes a una actividad de agua (a_w) de 0,6. Dichos valores se definieron considerando la seguridad microbiológica (a_w menor a 0,7) y también restricciones tecnológicas, relacionadas con la textura del producto.

2.4. Secado convectivo (C)

Los moldes con las formulaciones correspondientes se colocaron en un secadero de bandejas a escala piloto con control automático de temperatura y velocidad de aire. El flujo de aire se ajustó a $60,0 \pm 0,5$ °C y $2,5 \pm 0,1$ m/s, condiciones generalmente aplicadas en la industria alimentaria (Greensmith, 1998). La humedad inicial se determinó antes de cada secado por el método AOAC 984.25 (AOAC, 1998) hasta peso constante. Para construir la cinética de secado, la bandeja con la muestra se retiró del secadero a tiempos establecidos y se pesó en una balanza digital (resolución: 0,01 g). Luego, la cinética se resolvió mediante un balance de masa, suponiendo materia seca constante. En una bandeja adicional que no se retiró para pesar, se fijaron termocuplas tipo K en tres de los nueve moldes elegidos al azar, registrando la temperatura del producto en función del tiempo con un adquirente de datos. Las curvas de secado e historias térmicas para cada formulación se obtuvieron por triplicado a partir de tandas de secado independientes.

2.5. Secado al vacío (V)

Se utilizó una estufa de vacío Arcano® (China) conectada a una bomba de diafragma Vacuubrand PC 500 Series (Alemania). Se operó a una temperatura de $60,0 \pm 0,5$ °C y una presión de 5 kPa. Sobre la placa calefactora de la estufa se colocó una bandeja delgada de aluminio flexible para contener los nueve moldes, facilitando la pesada simultánea de los mismos. Para determinar la cinética (por triplicado), la bandeja debió retirarse de la estufa, interrumpiendo el vacío por unos pocos segundos y restableciéndolo inmediatamente. Para registrar las historias térmicas se colocaron las termocuplas tipo K en tres moldes que no fueron retirados para pesar.

2.6. Preconcentración seguida de secado convectivo ($P+C$)

Se concentró una masa de 0,8 kg de formulación en una cacerola de teflón sobre llama directa, alcanzando temperaturas de ebullición tal como en una paila. Se aplicó agitación manual continua para asegurar el raspado de las paredes y fondo de la olla. El proceso se realizó por triplicado, durante un tiempo fijo de 22 minutos, después de lo cual se alcanzaron contenidos de humedad de 1,5 kg agua/kg materia seca en FSac y de 1,4 kg agua/kg materia seca en FPol. En este punto, las muestras todavía tenían la fluidez requerida para autonivelarse en los moldes. El proceso fue demasiado corto para determinar una cinética con precisión. Sin embargo, como el efecto de la temperatura es relevante, se midió la historia térmica fijando una termocupla de modo que quedase cubierta por el producto sin tocar las paredes o el fondo de la olla. Las formulaciones preconcentradas se mantuvieron a 4 °C hasta el día siguiente, para ser secadas por convección. Luego, se aplicó el procedimiento experimental ya descrito en 2.4.

2.7. Preconcentración seguida de secado al vacío ($P+V$)

Las formulaciones se preconcentraron como se explica en 2.6 y luego se secaron al vacío, siguiendo el procedimiento experimental detallado en 2.5.

2.8. Secado por convección con etapa final de microondas ($C+MW$)

Las muestras se deshidrataron por convección durante un tiempo fijo de 60 min y luego se colocaron en el horno de microondas para continuar el secado. Durante la etapa de convección, las cinéticas e historias térmicas se registraron como se describe en 2.4. La duración fija de esta primera etapa se determinó en función de un criterio cinético, comparable a los descriptos por Maskan (2001) y Figiel (2010). La etapa final de microondas se llevó a cabo en un horno de microondas BGH Quick Chef (Modelo B330DSS, BGH S.A. Argentina). El circuito eléctrico original se modificó utilizando un autotransformador variable (El Toroide, Argentina), lo que permitió seleccionar la potencia de salida del magnetrón dentro de una escala continua. Para asegurar el tratamiento uniforme de las muestras, los nueve moldes se colocaron formando un anillo en el plato giratorio y los tiempos de muestreo se ajustaron a un número entero de vueltas del plato. Se utilizó el modo pulsado al 50% (15 s encendido/15 s apagado), aplicando un voltaje de 170 V con convección forzada. En estas condiciones se obtuvo una densidad de potencia equivalente a 1 W/g de agua, valor usualmente aplicado en deshidratación de alimentos por microondas (Orsat y col., 2007; Hemis y col., 2015). La metodología de interrumpir

el secado para pesar las muestras y reanudar la cinética no pudo aplicarse en este caso, dado que se producen cambios bruscos en la temperatura de la muestra, lo cual afecta el desarrollo de la cinética posterior. Por lo tanto, se realizaron ensayos independientes de diferentes duraciones, retirando el plato para pesar la muestra y renovando cada vez la carga inicial. Para evitar la introducción de termocuplas en el microondas, se construyó un soporte con tres termocuplas fijas, que permitió una medición rápida de la temperatura del producto en tres moldes al azar en el momento de retirar el plato, justo antes de pesar las muestras.

2.9. Secado al vacío con etapa final de microondas (V+MW)

Las formulaciones se secaron al vacío durante un tiempo fijo de 40 min y luego se colocaron en el horno de microondas para continuar el secado. La cinética e historia térmica durante la primera etapa se registraron como se describe en 2.5. El tiempo fijo de 40 min para el secado al vacío se determinó según el criterio ya definido en 2.8. Los datos correspondientes a la etapa final de microondas se obtuvieron según lo detallado en 2.8.

2.10. Caracterización física de los GPDs

Se realizó un muestreo aleatorio de los productos obtenidos en cada tanda de secado a fin de estimar posibles desviaciones del contenido de humedad, la a_w y el espesor fijados, debido a los procesos o las formulaciones. El contenido de humedad y la a_w (a 25 °C) se determinaron por triplicado, según los métodos AOAC 984.25 y AOAC 978.18 (AOAC, 1998). En cuanto al espesor de los GPDs, se realizaron 10 mediciones en diferentes porciones de muestra con un calibre digital (resolución: 0,01 mm). Además, se tomaron fotografías para observar la apariencia general de los productos terminados, utilizando una cámara digital.

2.11. Medición de color en el producto final

Se midieron cinco réplicas del color instrumental de los GPDs obtenidos de todos los métodos de secado con un colorímetro Konica Minolta CR-400, colocando las muestras en una superficie blanca mate. Se registraron los parámetros L^* , a^* y b^* del espacio CIELAB, y se calculó el parámetro Chroma $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$.

2.12. Determinación del contenido de ácido ascórbico en los GPDs

El ácido ascórbico (AA) se cuantificó por triplicado por HPLC con un protocolo adaptado de Nojavan y col. (2008). El analito se extrajo en ácido metafosfórico al 5% y se analizó en una columna RP C18, acoplada a un detector UV-Visible (longitud de onda de lectura: 245nm). La fase móvil (ácido metafosfórico al 0,5% y

acetonitrilo, en proporción 93:7) se eluyó de manera isocrática a 25 °C con un caudal de 1 ml/min. Para cada formulación, los resultados se expresaron como retención de AA en los GPDs, en relación a su valor inicial.

3. Resultados y discusión

3.1. Caracterización física

Todos los métodos de secado aplicados condujeron a geles pécticos flexibles, de características esperadas para el producto según trabajos previos, nuestros y de otros autores (Huang y Hsieh, 2005; Vatthanakul, 2010). La Fig. 1 muestra la apariencia general de los GPDs.

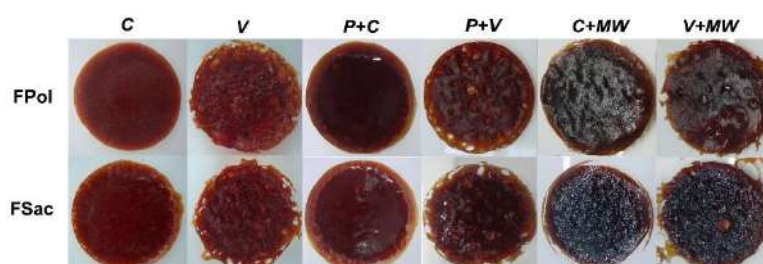


Figura 1. Aspecto de los GPDs obtenidos por los diferentes procesos de deshidratación.

El contenido de humedad final no se vio afectado por el proceso de secado, pero difirió significativamente ($\alpha=0,05$) entre las formulaciones, como se esperaba, siendo su valor medio $0,233 \pm 0,012$ kg agua/kg materia seca en los GPDs con sacarosa y $0,171 \pm 0,011$ kg agua/kg materia seca en los GPDs con povidona. Con respecto a la a_w , su valor medio fue de $0,582 \pm 0,019$, sin efecto significativo ($\alpha=0,05$) del proceso o la formulación. El espesor también fue uniforme y su valor medio fue de $2,03 \pm 0,17$ mm para todas los GPDs.

3.2. Cinéticas e historias térmicas.

La Fig. 2 muestra la humedad W_n (normalizada respecto a la inicial) en función del tiempo para cada método de secado en ambas formulaciones (W_n final de los GPDs: 0,11 para FSac y 0,08 para FPol). Las curvas experimentales fueron claramente diferentes y los tiempos de procesamiento variaron en un rango considerable (ver Tabla 1), dependiendo del proceso pero no de la formulación ($\alpha=0,05$). Los procesos que involucraron microondas fueron los más rápidos, como se esperaba (Figiel, 2010). La preconcentración tuvo un efecto negativo en el secado convectivo posterior. Se analizaron en paralelo las historias térmicas que se muestran en la Fig. 3.

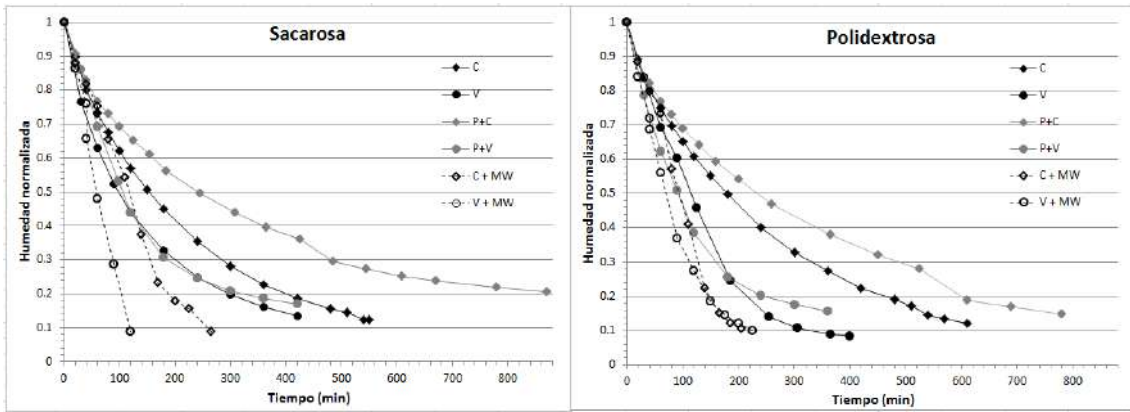


Figura 2. Humedad normalizada (W_n) en función del tiempo para los métodos estudiados en ambas formulaciones.

Tabla 1. Tiempos medios ($n=6$) para la obtención de GPDs. Supraíndices diferentes indican valores que difieren significativamente ($\alpha=0,05$).

Método	Tiempo total medio (min)	Desvío estándar (min)
<i>V+MW</i>	177.5 ^a	60.9
<i>C+MW</i>	235.0 ^a	31.9
<i>V</i>	396.2 ^b	39.0
<i>P+V</i>	410.0 ^b	66.3
<i>C</i>	605.0 ^c	45.1
<i>P+C</i>	795.0 ^d	52.0

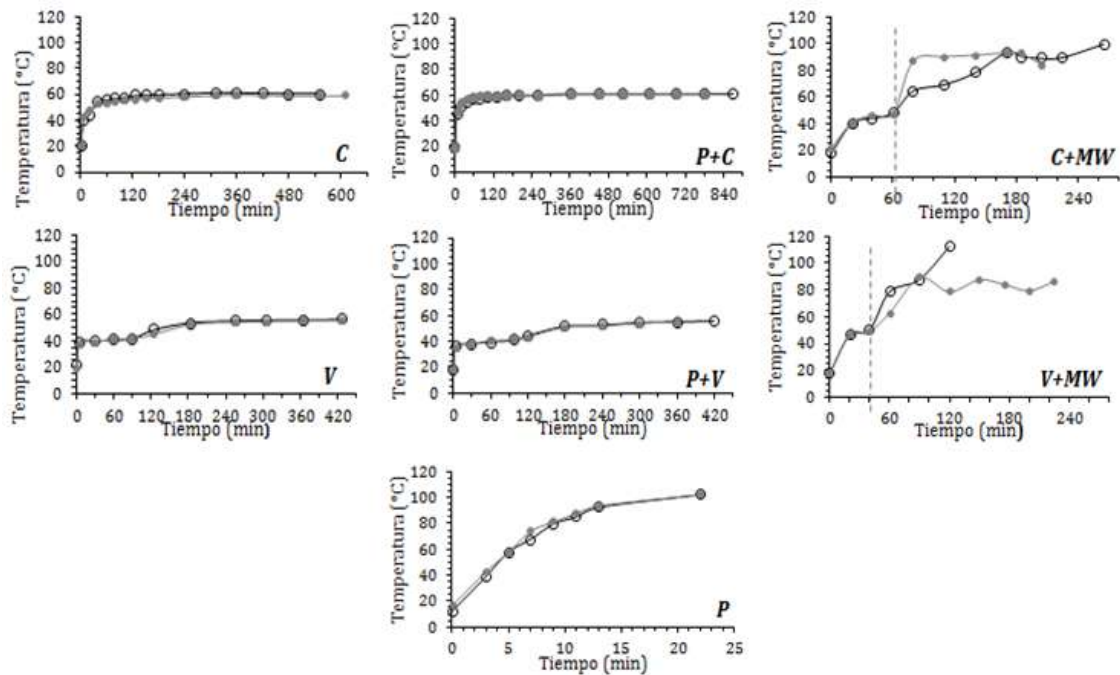


Figura 3. Historias térmicas para FSac (—○—) y FPol (—●—). Las líneas punteadas en *C+MW* y *V+MW* corresponden al inicio de la etapa de microondas. *P*: preconcentración.

Las mayores temperaturas se registraron en los procesos que involucran microondas, lo cual explica que se trate de los más rápidos. En la preconcentración también se alcanzaron altas temperaturas, pero durante tiempos reducidos. La

preconcentración no afectó las historias térmicas de *C* y *V*. La máxima temperatura alcanzada en *C* (60 °C) y en *V* (56 °C) no fue la misma, debido a que la calidad de la transferencia de calor es diferente.

3.3. Color de los productos

Los parámetros de color se promediaron para cada método de secado (ver Tabla 2), ya que no hubo diferencias entre formulaciones ($\alpha=0,05$). La luminosidad (L^*) no mostró un comportamiento claro en función del método aplicado. Si bien las muestras sometidas a microondas se vieron notablemente oscurecidas (ver Fig. 1), no se observó un decrecimiento en el valor de L^* . La variación del color se manifestó como una pérdida de cromaticidad. Esto se verificó al analizar a^* , b^* y C^* , que se vieron afectados negativamente ($\alpha=0,05$) por la preconcentración y el secado por microondas, etapas que involucraron las temperaturas más altas. Las muestras se volvieron menos rojas y menos amarillas, posiblemente correspondiendo a una pérdida de pigmentos, principalmente γ -caroteno, licopeno y antocianinas, que son sensibles al calor (Artés y col., 2002). Además, el oscurecimiento observado visualmente puede estar relacionado con productos de caramelización y reacción de Maillard (Moss, 2002), ya que tanto la sacarosa como la povidexrosa pueden experimentar estos cambios químicos.

Tabla 2. Valores medios ($n=10$) de los parámetros de color medidos en los GPDs. Supraíndices diferentes en la misma columna indican valores significativamente diferentes ($\alpha=0,05$).

Método	L^*	a^*	b^*	C^*
<i>C</i>	39.62 ^{bc}	9.51 ^a	5.25 ^b	10.87 ^a
<i>V</i>	42.06 ^a	10.18 ^a	5.89 ^a	11.77 ^a
<i>P+C</i>	35.46 ^d	4.97 ^c	1.85 ^d	5.31 ^c
<i>P+V</i>	41.46 ^{ab}	7.73 ^b	3.31 ^c	8.42 ^b
<i>C+MW</i>	38.56 ^c	2.34 ^d	0.89 ^e	2.53 ^d
<i>V+MW</i>	39.44 ^{bc}	3.14 ^d	0.90 ^e	3.26 ^d

3.4. Retención de ácido ascórbico

La retención de ácido ascórbico en los GPDs se expresó como una fracción de la concentración inicial, que fue de $3,5 \pm 0,2$ mg AA/g materia seca para ambas formulaciones. Los valores medios de retención de AA después de cada método de secado se pueden ver en la Fig. 4. La retención nutricional varió de acuerdo al proceso de secado, sin diferencias entre formulaciones. El efecto de la presión parcial de oxígeno se evidenció con una mayor retención en el secado al vacío (*V*) con respecto al convectivo (*C*), así como en los productos preconcentrados, siendo la retención en *P+V* mayor que en *P+C*. Por el contrario, este efecto no se observó al

comparar $C+MW$ y $V+MW$, porque la mayor parte de la pérdida nutricional se dio en la etapa de microondas. De hecho, la retención de AA en las primeras etapas no fue significativamente diferente ($\alpha=0,05$), siendo 0,8494 tanto para 60 min de C como para 40 min de V . Después de la etapa final de microondas, el valor cayó a alrededor de 0,15 en ambos casos. Por lo tanto, la reducción lograda en el tiempo de procesamiento total no pudo compensar el daño térmico. La preconcentración, que también implicó altas temperaturas, no afectó la retención final en ningún caso (no hubo diferencias entre C y $P+C$ ni entre V y $P+V$). Esto puede explicarse por los cortos tiempos de preconcentración, permitiendo la compensación de los efectos del tiempo y la temperatura en la calidad nutricional. Después de la preconcentración, la retención de AA en ambas formulaciones fue de $0,935 \pm 0,039$.

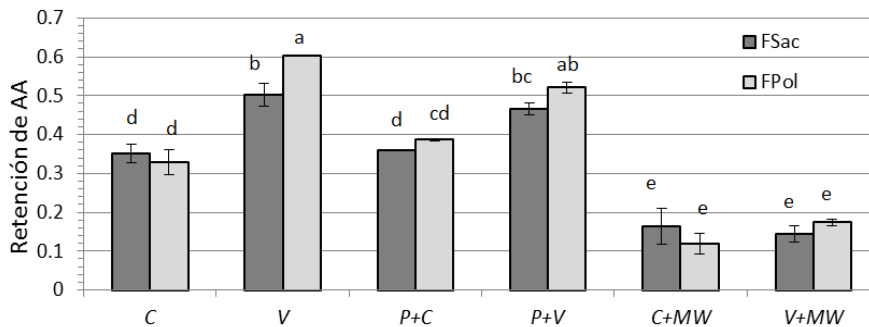


Figura 4. Retención media de ácido ascórbico en los GPDs. Letras diferentes indican valores significativamente diferentes ($\alpha=0,05$).

4. Conclusión

Se diseñaron seis procesos de secado para preparar geles pécticos de rosa mosqueta. Las formulaciones (convencional y reducida en calorías) no afectaron la cinética de secado ni la calidad final de los productos. La preconcentración no causó ninguna mejora en la velocidad de secado por convección o al vacío posteriores, ni en la calidad de los productos. La etapa final de microondas condujo a menores tiempos de procesamiento, aunque las dificultades para controlar la temperatura del producto causaron las mayores pérdidas de calidad. El secado al vacío mostró dos ventajas sobre la convección: menor tiempo de procesamiento y mayor retención de calidad. Resultó la mejor opción entre las estudiadas para el desarrollo de un snack saludable con potenciales propiedades funcionales. La calidad organoléptica se vio afectada principalmente por las temperaturas más altas, mientras que la calidad nutricional mostró una clara dependencia con la presión parcial de oxígeno. En

líneas generales, las condiciones de vacío y las temperaturas moderadas podrían ser las claves para un producto de alta calidad.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de La Plata, la CICPBA, al CONICET y a la ANPCyT por el apoyo y los fondos proporcionados.

Referencias

- AOAC (1998). *Official Methods of Analysis*. 16^o ed. AOAC International, Gaithersburg, USA.
- Artés F, Mínguez MI, Hornero D. (2002). Analysing changes in fruit pigments. In: MacDougall DB editor. *Colour in food – Improving quality*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
- Demarchi SM, Quintero Ruiz NA, Concellón A, Giner SA. (2013). Effect of temperature on hot-air drying rate and on retention of antioxidant capacity in apple leathers. *Food and Bioproducts Processing*; 91:310-318.
- Demarchi SM, Torrez Irigoyen RM, Giner SA. (2018). Vacuum drying of rosehip leathers: Modelling of coupled moisture content and temperature curves as a function of time with simultaneous time-varying ascorbic acid retention. *Journal of Food Engineering*; 233:9-16.
- Figiel A. (2010). Drying kinetics and quality of beetroots dehydrated by combination of convective and vacuum-microwave methods. *Journal of Food Engineering*; 98:461-470.
- Goula AM, Adamopoulos KG. (2006). Retention of Ascorbic Acid during Drying of Tomato Halves and Tomato Pulp. *Drying Technology: An International Journal*; 24(1):57-64.
- Greensmith, M. (1998). *Practical Dehydration*. 2^o ed. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, England.
- Hemis M, Choudhary R, Gariépy Y, Raghavan VGS. (2015). Experiments and modelling of the microwave assisted convective drying of canola seeds. *Biosystems Engineering*; 139:121-127.
- Huang X, Hsieh F. (2005) Physical properties, sensory attributes, and consumer preference of pear fruit leather. *Journal of Food Science*; 70(3):177-186.
- Leiva Díaz E, Giannuzzi L, Giner S. (2009). Apple pectic gel produced by dehydration. *Food and Bioprocess Technology*; 2(2):194-207.
- López J, Uribe E, Vega-Gálvez A, Miranda M, Vergara J, Gonzalez E, Di Scala K. (2010). Effect of air temperature on drying kinetics, vitamin C, antioxidant activity, total phenolic content, non-enzymatic browning and firmness of blueberries variety O'Neil. *Food Bioprocess Technology*; 3:772-777.
- Maskan M. (2001). Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*; 48(2):177-182.
- Mejia-Meza E, Yanez J, Davies N, Rasco B, Younce F, Remsberg C, Clary C. (2008). Improving nutritional value of dried blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) combining microwave-vacuum, hot-air drying and freeze drying technologies. *International Journal of Food Engineering* 4(5): Art. 5.
- Moss BW. (2002). The chemistry of food colour. In: MacDougall DB editor. *Colour in food – Improving quality*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
- Nojavan S, Khalilian F, Kiaie FM, Rahimi A, Arabanian A, Chalavi S. (2008). Extraction and quantitative determination of ascorbic acid during different maturity stages of rosa canina l. fruit. *Journal of Food Composition and Analysis* 21(4):300-305.
- Orsat V, Yang W, Changrue V, Raghavan GSV. (2007). Microwave-assisted drying of biomaterials. *Trans IChemE, Part C, Food and Bioproducts Processing* 85(C3):255–263.
- Sablani SS. (2006) Drying of fruits and vegetables: retention of nutritional/functional quality. *Drying Technology* 24:123–135.
- Vatthanakul S, Jangchud A, Jangchud K, Therdthai N, Wilkinson B. (2010). Gold kiwifruit leather product development using Quality function deployment approach. *Food Quality and Preference* 21:339-345.
- Zhang H, Datta AK. (2001). Electromagnetics of microwave heating: magnitude and uniformity of energy absorption in an oven. In: Datta AK, Anantheswaran RC, editors. *Handbook of Microwave Technology for Food Applications*. Marcel Dekker, Inc., New York.