

DESARROLLO DE GOLOSINAS SALUDABLES A BASE DE FRUTA

Demarchi, Silvana M.¹; Quintero Ruiz, Natalia A.¹; Giner, Sergio A.^{1,2,3}

¹ Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos, (CIDCA-UNLP-CONICET),
Calle 116 esq. 47, (1900), La Plata, Buenos Aires, Argentina.

² Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ingeniería, (UNLP)

³ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, (CIC)
(silvanademarchi@hotmail.com)

PALABRAS CLAVE: Deshidratación; gelificación péctica; frutas; calidad nutricional

INTRODUCCIÓN

Las nuevas tendencias en alimentación y el ritmo de vida actual influyen fuertemente sobre la dieta de la población, por lo cual los investigadores, tanto de la academia como de la industria, debemos estar a la vanguardia en el desarrollo de alimentos listos para consumir, que no requieran preparación ni refrigeración, que sean nutritivos, saludables, libres o con un bajo contenido de aditivos inorgánicos. Por eso el grupo de investigación en Deshidratación de Alimentos del CIDCA, integrado por miembros de las Facultades de Ingeniería y de Ciencias Exactas, ha trabajado durante los últimos 10 años en la producción de geles pécticos deshidratados a base de frutas, utilizando frutos producidos en Argentina tales como el tomate, la manzana verde y la rosa mosqueta. Los primeros desarrollos condujeron a la obtención de un laminado de tomate mediante un proceso de deshidratación con aire caliente. Se estudió la transferencia de calor y materia, las cinéticas de secado y la variación de calidad durante el procesamiento. De estas primeras observaciones se derivó un estudio sobre la matriz a base de manzana verde y los efectos del procesamiento y almacenamiento en la calidad del mismo. Como conclusión de estas investigaciones se determinó que la calidad es afectada principalmente por el proceso de deshidratación, por lo que se incorporaron nuevas tecnologías de secado como el vacío y las microondas, en busca de mejorar la retención nutricional durante el proceso de producción de las golosinas.

PARTE EXPERIMENTAL

Los geles pécticos se elaboraron mediante el mecanismo de gelificación sacárido-ácido-pectina inducido por deshidratación. Las condiciones mínimas requeridas para la formación de los geles son: una concentración de sólidos solubles superior al 60% (p/p), un pH inferior a 3,5 y la presencia de pectinas de alto metoxilo (Visser y Voragen, 1995). Las pulpas de fruta estudiadas contienen naturalmente las pectinas necesarias para la gelificación, pero el pH y el contenido de sólidos deben ser corregidos adicionando ácido cítrico y sacarosa. Se seleccionaron frutos maduros en buen estado y se procesaron para obtener las pulpas como se describe en la Fig. 1.

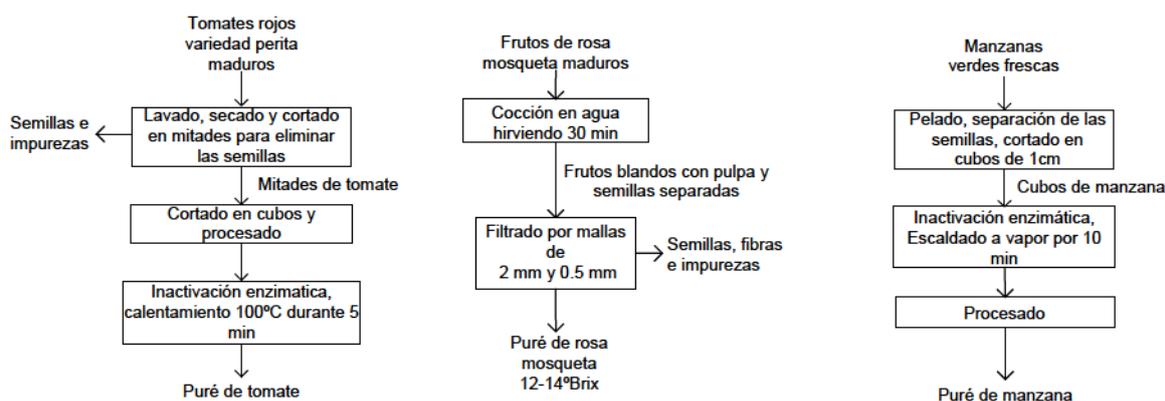


Figura 1. Procesos para la obtención de las pulpas de fruta.

A partir de las pulpas se desarrollaron las formulaciones utilizando paneles sensoriales para optimizar los puntos de acidez y dulzor, considerados los más relevantes en el momento de la evaluación. Para estudiar el comportamiento de las formulaciones durante el proceso de deshidratación, se construyeron isotermas de desorción a distintas temperaturas mediante los métodos estático gravimétrico e higrométrico (Demarchi, Quintero Ruiz y col., 2013). Los métodos de secado utilizados fueron (1) secado con aire caliente en un túnel de bandejas con pesada *in situ*, (2) secado en estufa de vacío y (3) secado por microondas. En la Fig. 2 se muestran fotografías de los equipos utilizados.



Figura 2. Equipos utilizados en la elaboración de las golosinas. De izquierda a derecha: túnel de bandejas, estufa de vacío y horno de microondas.

En el caso del túnel de bandejas se contó con la colaboración del Grupo de Ensayos Mecánicos Aplicados de la Facultad de Ingeniería (GEMA) para la adaptación y puesta en marcha del equipo, mientras que el Ing. Dardo Guaragliaparticipó en la adaptación del sistema de secado por microondas. Las condiciones operativas utilizadas en cada caso se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Condiciones operativas para cada tipo de secado.

Método	Temperatura	Convección	Presión	Observaciones
Aire Caliente	40-80°C	Si	atmosférica	El rango de velocidad del aire fue de 0,5 a 4,0 m/s
Vacío	40-70°C	No	50 mbar	A la presión de trabajo, el agua se encuentra en estado gaseoso para el rango de temperatura utilizado
Microondas*	n.c.	Si	atmosférica	Se ensayó en modo no pulsado y pulsado al 50% (15 s on / 15 s off)

n.c.: parámetro no controlado durante el proceso.

* La potencia específica aplicada fue de 4,4 W/g. En el modo pulsado, la potencia aplicada equivale al 50% de la del modo no pulsado.

Durante el proceso de obtención y almacenamiento de las golosinas se midieron el contenido de materia seca, actividad acuosa, pH, color, temperatura superficial y contenido de sólidos solubles. Se puede encontrar la metodología en los trabajos publicados por el grupo de investigación (Demarchi, Quintero Ruiz y col., 2013; Fiorentini, Leiva Díaz y col., 2008; Leiva Díaz, Giannuzzi y col., 2009; Quintero Ruiz, Demarchi y col., 2012). Adicionalmente se estudió la calidad nutricional mediante la cuantificación de la actividad antioxidante total (por ensayo de ABTS^{•+}) y el contenido de ácido ascórbico (por HPLC). Las técnicas utilizadas se describen en Quintero Ruiz y Giner (2012).

Con respecto al modelado matemático, se utilizó la solución analítica para control interno-externo del balance microscópico de materia no estacionario, considerando difusión molecular aplicada a geometría de placa plana (Crank, 1975) y un balance macroscópico diferencial de energía para modelar la transferencia de calor. En el seguimiento de los parámetros de calidad durante el proceso y el almacenamiento, se ajustaron modelos cinéticos de orden cero y de primer orden a los datos experimentales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parte del desarrollo inicial de las golosinas fue la optimización de las formulaciones para cada una de las frutas estudiadas y la caracterización fisicoquímica de las mismas. Las proporciones definitivas de cada componente y los parámetros medidos se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Características de las formulaciones desarrolladas.

Producto	Formulación		Humedad (kg agua/kg masa seca)	Actividad acuosa	pH
	Componente	(%p/p)			
Tomate	Puré	84,30	7,70	0,989	3,61
	Polidextrosa	12,95			
	Sacarosa	1,50			
	Pectina	1,00			
	Ac. Cítrico	0,25			
Manzana	Puré	79,00	2,34	0,965	3,34
	Sacarosa	18,00			
	Ac. Cítrico	3,00			
Manzana reducido en calorías	Puré	78,98	2,46	0,969	3,50
	Sacarosa	9,00			
	Polidextrosa	9,00			
	Ac. Cítrico	3,00			
	Sucralosa	0,02			
Rosa mosqueta	Puré	77,95	2,18	0,967	3,22
	Sacarosa	21,00			
	Ac. Cítrico	1,00			
	Sucralosa	0,05			
Rosa mosqueta reducido en calorías	Puré	77,92	2,19	0,972	3,25
	Polidextrosa	21,00			
	Ac. Cítrico	1,00			
	Sucralosa	0,08			

Los modelos empleados para describir el comportamiento sorcional fueron: Halsey, Oswin, GAB y el modelo de Leiva Díaz (Leiva Díaz, Giannuzzi y col., 2009). En la Fig. 3 se muestran algunas de las isotermas obtenidas.

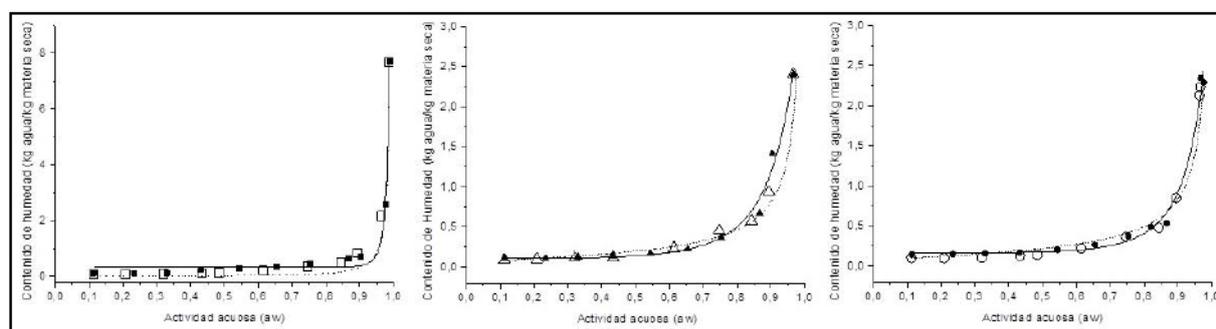


Figura 3. Isotermas gravimétricas para las formulaciones de tomate (cuadrados), manzana (triángulos) y rosa mosqueta (círculos) a 20°C (símbolos llenos) y a 40°C (símbolos vacíos). Las líneas representan los modelos de Leiva Díaz a 20°C (—) y de Halsey a 40°C (---).

Una descripción de las condiciones de proceso que permitieron obtener los mejores productos se encuentra en la Tabla 3.

Tabla 3. Condiciones óptimas de proceso para cada producto.

Producto	Método de secado	Tiempo de secado (hs)	Temperatura (°C)	Velocidad del aire (m/s)
Tomate	Aire caliente	6,60	60	2,0
Manzana	Aire caliente	5,50	60	2,0
Manzana r.c.	Aire caliente	7,25	50	2,0
Rosa mosqueta	Vacío	5,00	60	----
Rosa mosqueta r.c.	Vacío	5,00	60	----

r.c.: reducido en calorías

La humedad final del gel péctico de tomate estudiado fue de 0,56 kg agua/kg masa seca y su actividad acuosa (a_w) fue de 0,85 que limita el crecimiento de microorganismos patógenos. Los productos a base de manzana y rosa mosqueta presentaron una humedad entre 0,20 y 0,30 kg agua/kg masa seca y una a_w entre 0,56 y 0,70 que les confiere estabilidad a temperatura ambiente de 20°C. En la Fig. 4 se puede apreciar el aspecto de algunos de los productos terminados. A simple vista, los geles pécticos convencionales no se diferencian de los reducidos en calorías. El método de secado influye sobre el aspecto superficial, obteniéndose productos lisos con el secado convectivo y rugosos con el secado al vacío. Todos los geles pécticos obtuvieron altos puntajes en ensayos sensoriales de aceptabilidad.



Figura 4. Geles pécticos de tomate (izquierda) y de manzana reducido en calorías (centro), obtenidos ambos por secado con aire caliente. Gel péctico de rosa mosqueta (derecha) obtenido por secado al vacío.

Con respecto a la calidad nutricional, se observó un efecto significativo del método de secado en la retención de ácido clorogénico (en manzana) y ascórbico (en rosa mosqueta). Los geles pécticos de manzana deshidratados con aire caliente retuvieron un 16% de su actividad antioxidante total, mientras que los productos de rosa mosqueta mostraron un 60% de retención de ácido ascórbico luego del procesamiento bajo vacío.

La variación de calidad durante el almacenamiento siguió una cinética exponencial de primer orden, en concordancia con lo descrito por Burdurlu, Koca y col. (2006) en jugos cítricos almacenados y por Laing, Schlueter y col. (1978) en sistemas modelo. Los productos de manzana retuvieron más del 80% del ácido clorogénico luego de 7 meses de almacenamiento a 20 °C. Los geles de rosa mosqueta conservaron el 28% del ácido ascórbico a los seis meses de almacenamiento a 20°C, siendo este valor todavía 1,7 veces superior al que aporta la misma cantidad de naranja fresca. La Fig. 5 muestra las cinéticas de degradación de los principales índices de calidad nutricional durante almacenamientos a temperatura ambiente y acelerados (30 y 40°C). En base a las cinéticas modeladas se obtuvieron los valores de Q_{10} para la variación de calidad en el almacenamiento, resultando ser 2,6 para el ácido ascórbico y 19,9 para el clorogénico. Estos índices reflejan la sensibilidad del producto a los cambios de temperatura y resultan de gran utilidad en estudios de almacenamiento acelerado para la industria.

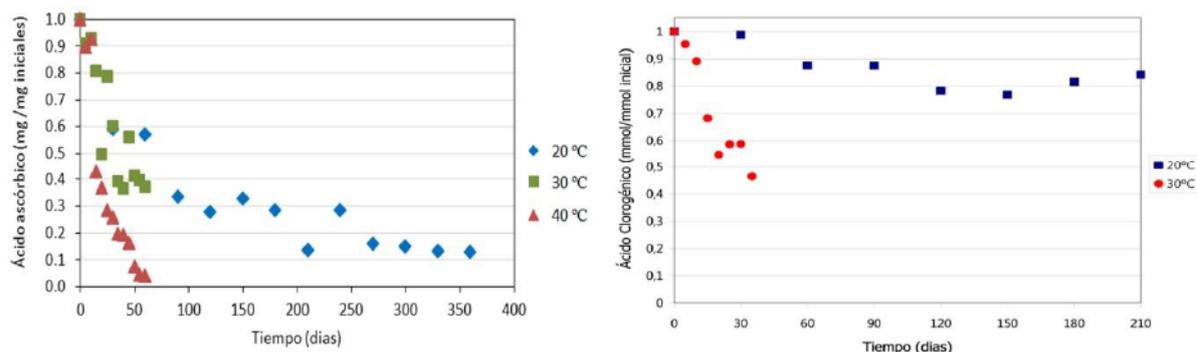


Figura 5. Valor normalizado del contenido de ácido ascórbico y clorogénico en función del tiempo para los productos almacenados a distintas temperaturas.

CONCLUSIONES

Se diseñaron y montaron equipos específicos para la deshidratación de alimentos a escala de laboratorio.

Se desarrollaron productos sensorialmente aceptables que constituyen una nueva forma de incorporar sólidos de fruta a la dieta, sin requerir aditivos para su conservación, con una vida útil estimada de 6 meses.

Se determinó que el método de secado tiene gran influencia sobre la calidad final del producto, siendo ésta mayor para el procesado al vacío que para el secado con aire caliente a la misma temperatura. El secado por microondas condujo a los valores más bajos de retención nutricional.

La calidad nutricional de los geles pécticos de manzana, seguida a través del contenido de ácido clorogénico, se vio más afectada por el proceso de secado que durante el almacenamiento. Lo inverso se observó para los productos a base de rosa mosqueta, en los cuales la mayor proporción del ácido ascórbico se perdió durante el almacenamiento.

BIBLIOGRAFIA

- Burdurlu, H. S., Koca, N. y Karadeniz, F. (2006). "Degradation of vitamin c in citrus juice concentrates during storage." *Journal of Food Engineering* 74(2): 211-216.
- Crank, J. (1975). *The mathematics of diffusion*. Oxford, Eng, Clarendon Press.
- Demarchi, S. M., Quintero Ruiz, N. A., Concellón, A. y Giner, S. A. (2013). "Effect of temperature on hot-air drying rate and on retention of antioxidant capacity in apple leathers." *Food and Bioproducts Processing* 91(4): 310-318.
- Demarchi, S. M., Quintero Ruiz, N. A., De Michelis, A. y Giner, S. A. (2013). "Sorption characteristics of rosehip, apple and tomato pulp formulations as determined by gravimetric and hygrometric methods." *LWT - Food Science and Technology* 52(1): 21-26.
- Fiorentini, C., Leiva Díaz, E. y Giner, S. A. (2008). "A mass-transfer model for the drying of an innovative tomato gel." *Food Science and Technology International* 14(1): 39-46.
- Laing, B. M., Schlueter, D. L. y Labuza, T. P. (1978). "Degradation kinetics of ascorbic acid at high temperature and water activity." *Journal of Food Science* 43(5): 1440-1443.
- Leiva Díaz, E., Giannuzzi, L. y Giner, S. (2009). "Apple pectic gel produced by dehydration." *Food and Bioprocess Technology* 2(2): 194-207.
- Quintero Ruiz, N. A., Demarchi, S. M., Massolo, J. F., Rodoni, L. M. y Giner, S. A. (2012). "Evaluation of quality during storage of apple leather." *LWT - Food Science and Technology* 47(2): 485-492.
- Quintero Ruiz, N. A. y Giner, S. A. (2012). Efecto del secado en el contenido de ácido ascórbico, sustancias fenólicas y antioxidantes totales en laminados de rosa mosqueta. IV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Córdoba, Argentina. .
- Visser, J. y Voragen, A. (1995). *Pectins and pectinases*. Amsterdam, Holanda., Elsevier Science B.V.