

# MUESTRAS DE QUESOS COMERCIALES DESHIDRATADAS POR PROCESO DE MICROONDAS AL VACÍO



## RESUMEN

Los quesos son consumidos en muchos países, pero la cantidad y variedad consumidas varían de país en país. El queso es un alimento versátil, pues se presenta en varias consistencias, colores y aromas, poseyendo infinitas posibilidades de consumo y aplicación. Los quesos con alta humedad y actividad de agua tienen una vida útil reducida, siendo por tanto un desafío para la industria de alimentos el desarrollo de procesos que prolonguen la vida útil del producto sin afectar de manera significativa su composición. Los procesos de secado/deshidratado, que inducen la evaporación de

**Neila S.P.S. Richards<sup>1</sup>; Isadora A. M. Barreto<sup>2</sup>; João Borges Laurindo<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Docente del Programa de Posgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Federal de Santa María – UFSM. Rio Grande do Sul, Brasil

<sup>2</sup>Doctorando, Programa de Posgrado en Ingeniería de Alimentos, Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

<sup>3</sup>Profesor Titular del Departamento de Ingeniería de Alimentos, Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

neilarichardsprof@gmail.com

agua de forma intensa, no sólo aumentan el tiempo de conservación del alimento, sino que también pueden mejorar la calidad del producto. Los procesos que utilizan técnicas dieléctricas pueden desempeñar en el futuro próximo un papel importante, ya que en dichos procesos hay una utilización más eficiente de la energía. Este estudio tuvo como objetivo deshidratar tres tipos de quesos comerciales (provolone, mozzarella y ricota) por el proceso de microondas al vacío, analizando la curva de secado, tenor de humedad y actividad de agua, y color objetivo de los productos antes y después de la deshidratación. Los resultados evidenciaron una drástica reducción en el tenor de humedad y actividad de agua de las muestras analizadas, comprobando la eficiencia del proceso de deshidratación por microondas.

**Palabras clave:** actividad de agua, microondas, provolone, ricota, humedad.

## INTRODUCCIÓN

El queso es un alimento de alto valor nutricional, rico en proteínas, que posee vitamina A y minerales como calcio y fósforo, de fácil conservación cuando se lo compara con la leche in natura. La industria quesera viene sufriendo rápidos cambios, los cuales modificaron la percepción de la producción, presentación y calidad del queso, siendo hoy el valor comercial y la aceptabilidad del producto más dependientes de la presencia de atri-

butos (alegaciones) que de la ausencia de defectos. Las propiedades físico-químicas y microbiológicas de la leche y las condiciones de procesamiento ejercen una influencia directa en la calidad del queso (Castell-Palou *et al.*, 2011; El Zakar *et al.*, 2015).

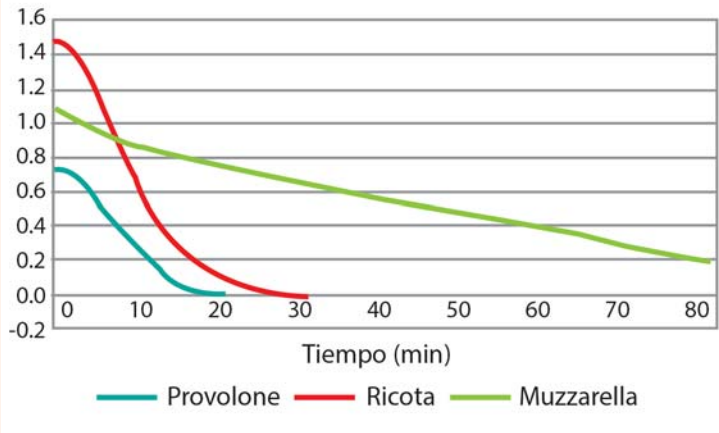
La deshidratación de alimentos es una operación unitaria compleja, afectada por varios factores. Con la remoción de buena parte de la humedad y la reducción de la actividad de agua ( $A_w$ ), el alimento se vuelve más seguro. Además de la preservación, hay reducción de peso, lo que disminuye los costos de envasado, manipulación y transporte (Greensmith, 1998). La deshidratación afecta el contenido de agua del producto y también otras propiedades físicas, biológicas y químicas, tales como actividad enzimática, deterioro microbiano, viscosidad, aroma, sabor y palatabilidad de los alimentos (Barbosa-Canovas, 1996; Gurtler *et al.*, 2014).

La necesidad clara de optimizar recursos naturales a través de la reducción de los requisitos de energía ha forzado a la comunidad científica y a las industrias a avanzar en los campos multidisciplinarios de tecnología de secado, una de esas tecnologías es la deshidratación por microondas. En este proceso, la absorción de energía es transitoria y provoca la evaporación rápida del agua, creando un flujo externo de vapor. Las microondas penetran directamente en el material a ser secado, resultando en el calentamiento volumétrico de la muestra (Ratti, 2009). En esta perspectiva, el presente estudio tuvo como objetivo deshidratar tres tipos de quesos (provolone, mozzarella y ricota) por el proceso de microondas al vacío, analizando la curva de secado, tenor de humedad y actividad de agua y el color objetivo de los productos antes y después de la deshidratación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Muestras comerciales de tres diferentes tipos de quesos (provolone, mozzarella y ricota) ( $n=9$ ) fueron colectadas en supermercados de la ciudad de Florianópolis, SC, llevadas al Laboratorio de Propiedades Físicas (PROFI) de la UFSC y almacenadas por 24 horas bajo refrigeración ( $5^{\circ}\text{C}$ ). Las muestras fueron cortadas con 37 mm de diámetro y seis mm de espesor y a continuación fueron dispuestas en lotes en el interior del equipo de microondas. Inicialmente se redujo la presión hasta aproximadamente 20 mbar, cuando el generador de microondas fue encendido, manteniendo la bomba de vacío en marcha hasta el final del proceso de secado. La potencia de salida del magnetron utilizada fue de 500 W y la frecuencia de las ondas

**FIGURA 1-** Evolución temporal de la Xbs de muestras de quesos comerciales (provolone, mozzarella y ricota) durante el secado por microondas al vacío (potencia nominal 500 W)



de 2.450 MHz. En las muestras de quesos húmedos y deshidratados se analizó tenor de humedad (g/100g) (AOAC, 1995) y actividad de agua ( $a_w$ ) (Aqualab), los parámetros de color fueron determinados por el sistema de colores CIELab, en colorímetro Konica Minolta modelo CR-300, con iluminante patrón D65 y ángulo de observación de  $2^{\circ}$ , por medio de los parámetros de luminosidad ( $L^*$ ) y coordenadas de cromaticidad ( $a^*$  y  $b^*$ ). Los resultados obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza (ANOVA) y las medias comparadas por el test de Tukey ( $p<0,05$ ) (software estadístico SPSS 17.0).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 está presentada la evolución del tenor de humedad de los diferentes tipos de quesos secados por microondas al vacío. Se puede observar que el secado del queso mozzarella fue de mayor tiempo (80 minutos), comparado con la ricota y el provolone. El tenor de humedad final de las muestras de mozzarella y ricota fueron semejantes, mientras que el de la ricota fue mayor. El tiempo de secado observado para el provolone fue un 74% menor que el tiempo de secado observado para mozzarella.

La Figura 1 presenta los datos de la evolución temporal de la Xbs de las muestras durante el secado por microondas para potencia nominal de horno de microondas de 500 W. Las masas de queso utilizadas en los procesos de secado fueron de  $520 \pm 1$  g (media  $\pm$  desvío estándar).

Según Zhang *et al.* (2006), el secado por microondas presenta tres períodos: (1) período de calentamiento; (2) período de secado rápido y (3) período de tasa decreciente de secado. Inicialmente, la energía de microondas es convertida en energía térmica dentro de los materiales húmedos, aumentando la temperatura del producto hasta la temperatura de ebullición del agua en vacío (período de calentamiento), ese período de calentamiento

**Tabla 1 – Resultados medios de humedad (g/100g) (base húmeda); actividad de agua (Aw) y parámetros de color (L\*, a\* y b\*) de muestras de quesos comerciales sometidos a proceso de deshidratación por microondas al vacío**

Análisis	Provolone	Muzzarella	Ricota
Humedad (g/100g) (húmedo)	41.28 <sup>***</sup> ± 0.91	47.83 <sup>b</sup> ± 1.03	65.95 <sup>a</sup> ± 1.08
Humedad (g/100) (seco)	0.69 <sup>b</sup> ± 1.02	7.47 <sup>a</sup> ± 0.00	6.37 <sup>a</sup> ± 0.99
Aw (húmedo)	0.963 <sup>b</sup> ± 0.01	0.964 <sup>b</sup> ± 0.00	0.993 <sup>a</sup> ± 0.01
Aw (seco)	0.254 <sup>c</sup> ± 0.00	0.428 <sup>a</sup> ± 0.00	0.339 <sup>b</sup> ± 0.01
L* (húmedo)	18.60 <sup>b</sup> ± 0.01	28.59 <sup>a</sup> ± 0.01	30.72 <sup>a</sup> ± 0.00
L* (seco)	22.37 <sup>b</sup> ± 0.03	20.86 <sup>b</sup> ± 0.01	24.46 <sup>a</sup> ± 0.01
a* (húmedo)	1.84 <sup>a</sup> ± 0.01	0.78 <sup>b</sup> ± 0.01	1.23 <sup>ab</sup> ± 0.02
a* (seco)	2.32 <sup>a</sup> ± 0.01	0.76 <sup>b</sup> ± 0.00	2.42 <sup>a</sup> ± 0.01
b* (húmedo)	10.90 <sup>a</sup> ± 0.01	11.57 <sup>a</sup> ± 0.01	6.73 <sup>b</sup> ± 0.00
b* (seco)	13.38 <sup>a</sup> ± 0.01	12.05 <sup>b</sup> ± 0.02	12.23 <sup>ab</sup> ± 0.01

Ta\*\* Valores medios en la misma línea seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Como media de cinco determinaciones y desvío estándar.

puede ser observado cuando se analiza la Figura 1, es un período muy rápido, debido al hecho de que el secado está bajo vacío. Luego aparece el período de secado rápido (tasa constante), donde se establece un perfil estable de temperatura y la energía térmica convertida de las microondas es usada para la vaporización del agua libre, ese período es nítidamente percibido por una correlación lineal hasta el período de tasa decreciente de secado.

La Tabla 1 presenta los resultados medios de tenor de humedad, actividad de agua y parámetros de color de las muestras de quesos sometidas al proceso de deshidratación por microondas, donde se puede observar una drástica reducción en la humedad y la Aw de los quesos sometidos al proceso.

La deshidratación de los alimentos es un fenómeno complejo donde los tenores de humedad están directamente relacionados con los potenciales químicos y, por tanto, con la fuerza motriz para la realización del proceso. La transferencia de calor interno es muy rápida y generalmente reconocida como el principal límite de la velocidad durante el secado. Sin embargo, debido a la complejidad del proceso no existe ninguna teoría generalizada que explique el mecanismo de movimiento de la humedad interna, siendo la estructura del material sometido a secado de importancia fundamental en este mecanismo (Ratti, 2009; Bhandari *et al.*, 2013).

Las actividades de agua, en las muestras analizadas, estaban por debajo de los valores preconizados por la literatura en cuanto al crecimiento bacteriano. El agua “libre” de las muestras fue removida durante el período de velocidad constante de secado. El-Bakry & Sheehan (2014) afirman que la estructura terciaria de las proteínas es responsable de la propiedad de ligado de agua. La superficie

de la proteína tiene lugares donde se establecen las uniones de hidrógeno y que permiten interacciones con otras moléculas, especialmente el agua, contribuyendo a la estructura específica y la solubilidad de algunas proteínas. En el proceso de deshidratación por microondas el transporte de agua es por difusión molecular del interior a la superficie del producto, donde es removida por evaporación. Como la deshidratación es rápida, se forman poros que posteriormente presentarán la característica de crocancia, ya que no se deforman durante el enfriamiento y almacenamiento del producto final.

Un importante cambio físico que experimentan los productos sometidos a proceso de secado es la reducción de su volumen, además de las alteraciones en la forma y tamaño. El producto puede perder su capacidad de rehidratación, aparecer grietas superficiales y endurecerse. Este fenómeno no fue observado en las muestras de quesos de este estudio, notándose un aumento en el espesor de los productos de 40% a 80%, pasando de 6 mm a aproximadamente 11 mm, siendo mayor para la muestra de provolone.

El color es un atributo importante en la calidad de los productos deshidratados, durante el secado puede haber cambios en virtud de reacciones químicas y por la concentración y/o la destrucción, dependiendo del alimento, de compuestos de color. Se observaron variaciones en la coloración de las muestras. En la muestra de provolone hubo aumento de la luminosidad, en las muestras de mozzarella y de ricota este efecto no fue observado. En cuanto a la coordenada de cromaticidad a\*, las muestras de provolone y ricota tendían al rojo y la muestra de mozzarella al verde; para la coordenada b\* todas las muestras tendían al amarillo.

## CONCLUSIONES


Las cinéticas de secado por microondas al vacío presentaron tres períodos bien definidos, período de calentamiento, período de secado rápido (tasa constante) y período de tasa decreciente de secado. La potencia de 500 W proporcionó corto tiempo de procesamiento para quesos provolone y ricota, conservando de esta forma el color en la muestra deshidratada. El tenor de humedad y actividad de agua fue significativamente reducido en el proceso de deshidratación por microondas. Esta técnica (deshidratación por microondas) es un proceso complejo de transferencia de calor y de masa, que consume poca cantidad de energía, sin embargo, su comprensión aún es limitada debido, principalmente, a la naturaleza compleja del alimento. El conocimiento del producto a ser deshidratado es un punto fundamental para el desarrollo adecuado del proceso.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico -CNPq- por el apoyo financiero, y al Fondo de Posdoctorado del primer autor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 16 ed. Washington, DC. 1995. 1094p.
- BARBOSA-CANOVAS, G.V. Dehydration of foods. New York: Chapman & Hall, 1996. 330p.
- BHANDARI, B.; BANSAL, N.; ZHANG, M.; SCHUCK, P. Handbook of food powders. Cambridge: Woodhead Publishing Limited. 2013. 660p.
- CASTELL-PALOU, A., ROSSELLÓ, C., FEMENIA, A., BON, J., SIMAL, S. Moisture profiles in cheese drying determined by TD-NMR: Mathematical modeling of mass transfer. Journal of Food Engineering. n.104, p. 525-531, 2011.
- EL-BAKRY, M.; SHEEHAN, J. Analysing cheese microstructure: A review of recent developments. Journal of Food Engineering. n 125, p.84-96, 2014
- EL ZAHAR, K.; MOUNIR, S.; ALLAF, T.; ALLAF K. Fundamental Modeling, Functional Attributes, Porosity, Cohesivity index (Hausner ratio) and compressibility of Expanded-Granule Powder of Egyptian Ras Pure Cheese. LWT – Food Science and Technology. 2015. doi: 10.1016/j.lwt.2015.05.032.
- GREENSMITH, M. Practical dehydration. Cambridge: Woodhead Publishing Limited. 1998. 274p.
- GURTLER, J.B.; DOYLE, M.P.; KORNACKI, J.L. The microbiological safety of low water activity. London: Springer, 2014. 437p.
- RATTI, C. Advances in food dehydration. New York: CRC Press. 2009. 467p.
- SAINT-EVE, A., PANOUILLE, M., CAPITAINE, C., DÉLÉRIS, I., SOUCHON, I. Dynamic aspects of texture perception during cheese consumption and relationship with bolus properties. Food Hydrocolloids. v.46, p.144-152, 2015.
- ZHANG, M.; TANG, J.; MUJUMDAR, A.S.; WANG, S. Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables. Trends in Food Science & Technology, v.17, p.524-534, 2006



**CIIAL 2016**

**CIIAL 2016**  
2º CONGRESO IBEROAMERICANO DE  
**INGENIERÍA** de los  
*Alimentos*

**13 y 14**  
noviembre de 2016  
Hotel Jean Clevers. Punta del Este

### Ingeniería de Alimentos: nuevas tendencias y aplicaciones

Sé parte del mayor Congreso Iberoamericano de Ingeniería de los Alimentos

COSTOS CONGRESO		
Categorías	Hasta 20/10/16	En Sede
Socios*	US\$ 190	US\$ 230
No Socios	US\$ 240	US\$ 280
Con Convenio**	US\$ 220	US\$ 260
Estudiantes Socios*	US\$ 120	US\$ 150
Estudiantes No Socios	US\$ 190	US\$ 230

Incluye:  
Acceso a Exposición Comercial, Acceso a Sesiones Científicas, Material del Congreso, Coffee Break, Ceremonia de Apertura y Cóctel

\* Socios con más de 1 año de antigüedad a la fecha del congreso  
\*\* Costo especial para Socios de Asociaciones Auspiciantes

**Costos especiales para grupos**  
por consultas: [ciial2016@ciial.org.uy](mailto:ciial2016@ciial.org.uy)

[www.ciial.org.uy](http://www.ciial.org.uy)  
ciial2016@ciial.org.uy - secretaria@imagencorporativa.com.uy

 /ciial2016

Organiza: 