

Estudio microestructural y morfológico de leches en polvo mediante Microscopia Electrónica de Barrido Ambiental (MEBA)

***Perea-Flores, M.J., *Arzate-Vazquez, I., **Terrés-Rojas, E., **Pacheco-Alcalá, U.S., *Alamilla-Beltrán, L., *Gutiérrez-López, G.F., **Garibay-Febles, V., *Chanona-Pérez, J.J.**

* Departamento de Graduados e Investigación en Alimentos. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. Plan de Ayala y Carpio s/n. Col. Plutarco Elías Calles, 11340. México, D.F.

** Laboratorio de Microscopia de Ultra Alta Resolución. Instituto Mexicano del Petróleo. Eje Central Lázaro Cárdenas N.152, México D.F.

peflo_ma@hotmail.com, jchanona@ipn.mx

INTRODUCCIÓN

Propiedades de rehidratación como la humectabilidad, dispersabilidad y solubilidad son prerrequisitos para una óptima reconstitución de los polvos [9]. Recientes investigaciones señalan que existe una relación entre la estructura de los alimentos y sus propiedades-funcionalidad [1] ya que la información microestructural generada puede ser utilizada para entender por ejemplo los mecanismos de transporte durante el secado y para evaluar la funcionalidad de los productos finales; por tal motivo es importante estudiar la microestructura y morfología de alimentos en polvo y su relación con las propiedades de rehidratación; lo que actualmente es posible, con la ayuda de microscopios y de técnicas de análisis de imágenes. Las técnicas de análisis de imágenes pueden caracterizar cuantitativamente características físicas como tamaño, morfología y propiedades de textura de cualquier imagen digital [3], [5]. Pedreschi et al. (2004) describe que generalmente la técnica de análisis de imágenes consiste en cinco etapas: 1) adquisición de la imagen, 2) pre-procesamiento, 3) segmentación 4) extracción de características y 5) clasificación. Para la adquisición de la imagen, se han empleado el Microscopio Electrónico de Barrido Ambiental (MEBA) y Microscopios de Fuerza Atómica (MFA). Dentro de estos microscopios, el MEBA posee la ventaja de que la muestra puede ser observada en su estado nativo y no requiere un pretratamiento para volver a la muestra conductora para visualizar las características de los polvos y permitir la obtención de imágenes; debido a estas ventajas este tipo de microscopio puede ser empleado para el estudio microestructural y morfológico de sistemas alimenticios [8].

OBJETIVO

Evaluar y analizar la microestructura y morfología de leches en polvo mediante Microscopia Electrónica de Barrido Ambiental (MEBA) y técnicas de análisis de imágenes, así como su relación con las propiedades de rehidratación.

METODOLOGÍA

Se utilizaron 5 muestras de leche en polvo de marcas comerciales adquiridas en tiendas departamentales. Se determinaron propiedades de rehidratación como la humectabilidad, dispersabilidad y solubilidad, estas fueron determinadas por métodos tradicionalmente empleados para aglomerados y polvos [6]; las pruebas se realizaron por quintuplicado. Posteriormente se analizó la microestructura y morfología de las imágenes de los aglomerados obtenidas con un microscopio electrónico de barrido ambiental (ESEM XL 30, Phillips, Netherlands), con la ayuda del análisis de imágenes y fractal [7]. A las imágenes obtenidas se les determinó la Textura fractal (Tf) mediante el algoritmo SDBC (Scattering Differential Box Counting) [2] del plugin Fractal Count; la entropía y el contraste de la

imagen también se midieron mediante el plugin GLCM Texture (Grey level Co-occurrence Matrix) [4] del programa ImageJ.

RESULTADOS

Propiedades de rehidratación. En la tabla 1 se muestran los valores promedio de las tres propiedades de rehidratación que se determinaron a cada una de las muestras. Se realizó un análisis de varianza unifactorial ANOVA de una vía y se determinó que no existen diferencias estadísticamente significativas en los valores promedio de dispersabilidad para las 5 muestras. Con respecto a la humectabilidad, la muestra 2 fue la que tardó más tiempo en humectarse, mientras que la muestra 4 fue la que se humectó más rápidamente; esta diferencia se puede deber a la composición de cada una de las muestras. Por otra parte las muestras 1 y 3, no presentaron diferencias significativas en los valores de humectabilidad y solubilidad. La muestra 5 presentó la mayor solubilidad y con relación a esto obtuvo una humectabilidad alta.

<i>Muestra</i>	<i>Humectabilidad (s)</i>	<i>Dispersabilidad (%)</i>	<i>Solubilidad (mL)</i>
1	46.27±2.05	99.076±0.018	0.92±0.06
2	8019±641.4	97.577±0.058	2.16±0.19
3	46.79±1.84	99.540±0.019	1.10±0.06
4	8.95±0.78	98.949±0.041	1.32±0.10
5	13.74±0.42	99.076±0.018	0.66±0.08

Tabla 1. Valores promedio de las propiedades de rehidratación con su respectivo error estándar.

Microestructura y morfología. Se obtuvieron imágenes mediante MEBA, las cuales se almacenaron en formato TIFF. Se observó que las partículas de leche en polvo forman aglomerados de diferentes tamaños, los cuales se pueden observar en la Figura 1. Se determinaron los valores de contraste, entropía y textura fractal de las superficies de los aglomerados (ver Figura 1), estas características de textura se basan en la diferencia en los tonos de gris de los píxeles que conforman una imagen y proporcionan información acerca de la morfología (textura).

El contraste es una medida de la cantidad de variaciones locales presentes en una imagen [4] y por lo tanto se relaciona con la homogeneidad. La muestra 2 tuvo un mayor contraste respecto a las demás muestras, esto se debe a que la superficie de los aglomerados presentan ciertos componentes adheridos, por lo que las partículas de los aglomerados no son homogéneas y esta característica influye sobre las propiedades de rehidratación.

Por otra parte, la entropía y la textura fractal son medidas de la complejidad e irregularidad de una imagen respectivamente [4]. En relación a la textura fractal y la entropía, la muestra 3 y 5 presentaron valores altos, lo que significa que la superficie de los aglomerados es más tortuosa y compleja, teniendo por consecuencia una mayor área de contacto lo que se puede traducir en una mayor capacidad de rehidratación. Sin embargo, la muestra 3 tuvo una menor capacidad de rehidratación debido a la diferencia en la composición química, aunque presentó una similar irregularidad que la muestra 5, la cual tiene mejores propiedades de rehidratación.

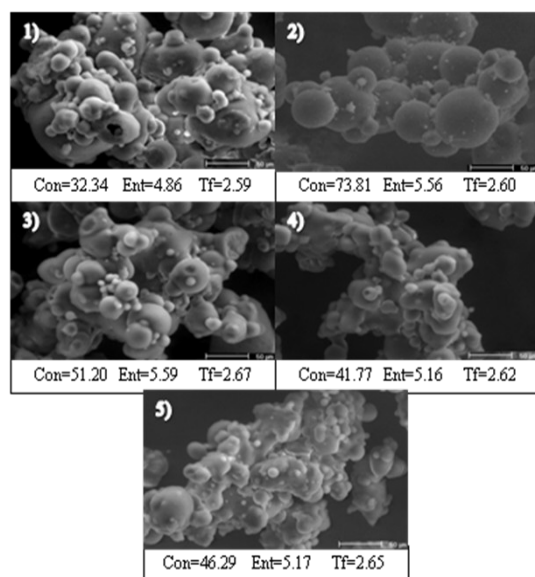


Figura 1. Galería de imágenes de las 5 muestras de leche en polvo con valores promedio de contraste (Con), entropía (Ent) y Textura fractal (Tf) de la superficie de los aglomerados.

CONCLUSIONES

El Microscopio Electrónico de Barrido Ambiental (MEBA) es una herramienta útil para el estudio de la microestructura y morfología de sistemas alimenticios, debido a sus características.

Las técnicas de análisis de imágenes pueden ser utilizadas para determinar características de textura de leches en polvo, las cuales pudieron ser relacionadas con la irregularidad y complejidad de la superficie de los aglomerados.

La microestructura y morfología de los aglomerados de las leches en polvo influyen directamente en las propiedades de rehidratación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Aguilera, J.M.; Chiralt, A.; Fito, P. (2003) Food dehydration and product. *Trends in Food Science & Technology*. 14: 432-437.
- [2] Chen, Wen-Shiung; Yuan, Shang-Yuan; Hsiao, Hungkuei; Hsieh, Chih-Ming. Algorithms to estimating fractal dimension of textured images.
- [3] Du, C.; Sun, D. (2004) Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trends in Food Science and Technology*. 15: 230–249.
- [4] Haralick, Robert M; Shanmugam, K; Dinstein, Its`Hak. (1973) Textural Features for Image Classification. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. SMC-3(6): 610-621.
- [5] Mendoza, F.; Dejmek, P.; Aguilera, J. (2007) Colour and image texture analysis in classification of commercial potato chips. *Food Research International*. 40: 1146–1154.
- [6] Niro. Method No. A3a, A5a y A6a. Niro Analytical Methods. (2005) [En Línea] Disponible: http://www.niro.com/ndk_website/niro/cmsdoc.nsf/WebDoc/ndkw6dknxs
- [7] Pedreschi, F.; Mery, D.; Mendoza, F.; Aguilera, J.M. (2004) Classification of potato chips using pattern recognition. *Journal of Food Science*. 69(6): E264-E270.
- [8] Reyntjens, S.; Ku`bel, C. (2005) Scanning/transmission electron microscopy and dual-beam sample preparation for the analysis of crystalline materials. *Journal of Crystal Growth*. 275:e1849-e1856.
- [9] Schoonman, A.; Mayor, G.; Dillmann, M.L.; Bisperink, C.; Ubbink, J. (2001) The microstructure of foamed maltodextrin/sodium caseinate powders: a comparative study by microscopy and physical techniques. *Food Research International*. 34:913-929.

Datos Adicionales

- a) Tema: Ciencias Biológicas.
- b) Presentación oral o cartel.
- c) Datos del responsable y co-autores.

Responsables:

*María de Jesús Perea Flores. Ingeniera en Alimentos. Estudiante de Doctorado en Ciencias en Alimentos. peflo_ma@hotmail.com

*José Jorge Chanona Pérez. Doctor en Ciencias en Alimentos. Profesor-Investigador. SNI 1 jchanona@ipn.mx

Co-autores:

*Israel Arzate Vazquez. Ingeniero Bioquímico. Estudiante del Doctorado en Ciencias en Alimentos. alexfe26@yahoo.com.mx

*Liliana Alamilla Beltrán. Doctora en Ciencias en Alimentos. Profesor-Investigador. SNI 1. liliana.alamilla@gmail.com

*Gustavo Fidel Gutiérrez López. Doctor en Ingeniería de Alimentos. Profesor-Investigador. SNI 2. gusfgl@gmail.com

**Vicente Garibay Febles. Dr. en Ciencias Físicas (Materiales y Metalurgia). Jefe del Departamento de Microscopía Electrónica de Ultra Alta Resolución. SNI 1. vgaribay@ipn.mx

**Eduardo Terres Rojas. Doctor en Ciencias Físicas (Materiales). Especialista en ESEM. SNI 1. eterres@imp.mx

**Ubaldo Sadott Pacheco Alcalá. Doctor en Ciencias Químicas. Especialista en Microscopía de Fuerza Atómica. SNI 1. spacheco@imp.mx

*Departamento de Graduados e Investigación en Alimentos, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. Plan de Ayala y Carpio s/n. Col. Plutarco Elías Calles. 11340. México, D.F.

**Laboratorio de Microscopía Electrónica de Ultra Alta Resolución. Instituto Mexicano del Petróleo (IMP). Eje Central Lázaro Cárdenas N.152, Edif. 33. Colonia San Bartolo Atepehuacan. CP. 07730. México D.F. (52) 55-91757080, (52) 55-91757578, (52) 55-91757579.