



APLICACIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA Y LA TERMODINÁMICA A LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

Gustavo F. Gutiérrez, Liliana Alamilla, Ebner Azuara, Luz A. Pascual y Enrique Flores
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala, Col. Plutarco Elías Calles Delegación Miguel Hidalgo C.P 11340 México, D.F. Tel: 5557296000 ext. 62482, Fax: ext. 62462, Email: gusfgl@gmail.com

Introducción. Es necesario contar con información sobre el efecto que tiene el agua en la estabilidad termodinámica y microbiológica de los alimentos y sobre aspectos fisicoquímicos del agua enlazada a la matriz sólida del alimento. La termodinámica se ha utilizado para explicar el comportamiento del agua en el interior y en la superficie de productos. Las isothermas de sorción de agua son útiles para modelar cambios de humedad y calcular propiedades termodinámicas y seleccionar el empaque apropiado y condiciones de almacenamiento que maximizan la retención de aroma, sabor, color, textura, nutrientes y estabilidad microbiológica en alimentos. Recientemente, algunos autores^{1,2,3} han demostrado que las condiciones óptimas para almacenar un alimento corresponden a la mínima entropía integral del agua adsorbida. Dado que puede haber crecimiento microbiano en productos con actividades de agua de hasta 0.7-0.8, el objetivo de este trabajo es demostrar que la nanotecnología puede ayudarnos a controlar la mínima entropía del agua adsorbida y a producir alimentos con mayor estabilidad física y microbiológica en los que el agua atrapada en nanoporos sea indisponible para el crecimiento microbiano no obstante la alta a_w del medio.

Metodología. Se determinaron las isothermas de adsorción de humedad para clinoptilolita (CA) y zeolita sintética valfor 100 (ZV) a 25, 35 y 45°C, utilizando el método gravimétrico⁴. Además, se utilizaron las isothermas de nuez de macadamia (NM) reportadas en la literatura³. Las propiedades termodinámicas y la compensación entalpía-entropía se calcularon con ecuaciones publicadas previamente¹.

Resultados y discusión. La mínima entropía integral se presenta cuando las interacciones energéticas entre el adsorbente (matriz alimenticia) y el adsorbato (agua) son más fuertes, es decir, las moléculas de agua se encuentran adsorbidas en los sitios más activos. En la mínima entropía integral, el agua está menos disponible para reacciones de deterioro y el alimento conserva su calidad funcional y microbiológica. Este criterio termodinámico se ha confirmado experimentalmente, demostrando que las mejores condiciones de humedad y temperatura para conservar estos alimentos, son las de la mínima entropía integral del agua². La Figura 1 muestra las curvas de entropía integral (control entrópico) vs actividad de agua (a_w) para NM, CA y ZV. Se observa que la mínima entropía de la nuez de macadamia se presenta en 1.6 g agua/100 g de S.S. ($a_w=0.40$), la de CA en 6 g de agua/100 g de S.S. ($a_w=0.45$) y la de ZV en 17 g de agua/100 g de S.S. ($a_w=0.80$). La NM tiene una microestructura heterogénea con un volumen de microporo (≤ 2 nm) equivalente a 1.7 g de agua/100 g de S.S.; mientras las zeolitas CA (poro de 10 nm) y ZV (poro de

4 nm) tienen una microestructura homogénea con volúmenes de microporos de 6.6 y 17.1 g de agua/100 g de S.S. respectivamente. Lo anterior sugiere que la mínima entropía integral se presenta cuando se han llenado los poros de tamaño nanométrico, y si deseamos incorporar más agua a un alimento sin tener problemas de estabilidad física y microbiológica, es necesario modificar su microestructura para producir un mayor número de microporos. Nanoestructurando la matriz alimenticia, es posible evitar el crecimiento microbiano a actividades de agua altas (≥ 0.7). Nuestro grupo de investigación ha logrado incrementar el número de microporos en alimentos y mejorar su estabilidad, utilizando la nanotecnología.

Conclusiones. Es posible mejorar la conservación de alimentos aplicando la nanotecnología para modificar su microestructura, con el fin de controlar la adsorción de vapor de agua por mecanismos entrópicos.

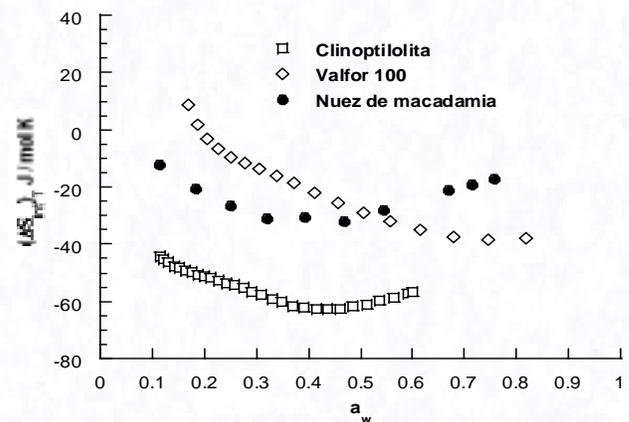


Fig. 1. Cambios de entropía integral en función del contenido de humedad.

Bibliografía.

- Azuara, E y Beristain, C.I. (2006). Enthalpic and entropic mechanisms related to water sorption of yogurt. *Drying Technol.*, 24, 1501-1507.
- Beristain, C.I., Azuara, E. y Vernon-Carter, E.J. (2002). Effect of water activity on the stability to oxidation of spray-dried encapsulated orange peel oil using mesquite gum (prosopis juliflora) as wall material. *J. Food Sci.*, 67, 206-211.
- Domínguez, I.L., Azuara, E., Vernon-Carter, E.J. y Beristain, C.I. (2007). Thermodynamic analysis of the effect of water activity on the stability of macadamia nut. *J. Food Eng.*, in press.
- Lang, K. W., McCune, T. D. y Steinberg, M. P. (1981). Proximity equilibration cell for rapid determination of sorption isotherms. *Journal of Food Science*. 46:936 – 938.

Agradecimientos: CONACYT, IPN-PIFI