

22TCQ. ENCAPSULADOS DE MINERALES EMPLEANDO ALGINATO DE SODIO

CAMPAÑONE L.^{1,2}, BRUNO E.^{1,3} y MARTINO M.^{1,2}

1CIDCA (Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología de Alimentos) (CCT La Plata –CONICET y UNLP), 2 Facultad de Ingeniería, 3 Facultad de Ciencias Veterinarias. La Plata (1900)-Argentina- lacampa@ing.unlp.edu.ar

Resumen: La encapsulación es una técnica que se aplica para proteger compuestos activos sólidos, líquidos o gaseosos de interacciones con el medio circundante. Estos sistemas tienen la propiedad de preservar la estabilidad de las sustancias activas y liberarlas controladamente. Resulta de interés proteger minerales como sales de Ca, Fe, Zn para enriquecer la ingesta diaria. La encapsulación permitiría aumentar su ingesta enmascarando el sabor de la sal, sin perder el sabor original del alimento fortificado. Una aplicación suplementaria, basada en las marcadas propiedades dieléctricas de las sales, es la incorporación de estos encapsulados en alimentos destinados al calentamiento en hornos microondas. Existe evidencia científica que las sales interactúan con las microondas debido a su comportamiento iónico. En este trabajo se desarrolló una formulación utilizando sales de sulfato de Zn, sulfato de Fe y alginato de Na para formar cápsulas de hidrogeles. Para mejorar las propiedades mecánicas, una partida de muestras fue sumergida en CaCl_2 (cápsulas de alginato Zn-Ca, alginato Zn-Fe-Ca). Las cápsulas se caracterizaron a través de los perfiles de textura (TPA) y calorimetría diferencial de barrido (DSC). A través del TPA se observó que la presencia de Ca aumenta la resistencia mecánica de las cápsulas. Los termogramas de DSC revelan diferencias en los comportamientos de los tres tipos de encapsulados (AZn, AZn-Ca, AZn-Fe-Ca). Durante el calentamiento empleando microondas se observó que las cápsulas de alginato de Zn-Ca y Zn-Fe-Ca sumergidas en agua producen un aumento significativo en la temperatura interna.

1. Introducción:

Los aditivos sensibles (vitaminas), reactivos (antioxidantes) o minerales de sabores desagradables pueden revertir estos inconvenientes cuando son encapsulados. La encapsulación es un proceso en el cual se aplican recubrimientos de polímeros a pequeñas partículas sólidas, gotas de líquidos o gases que quedan contenidas dentro de las paredes de la cápsula, en algunos casos una pequeña porción del material activo puede permanecer expuesta en la superficie (Shahidi y Han, 1993; Deladino y col., 2008). Esta técnica es muy aplicada en la industria farmacéutica. En el caso de la industria alimentaria permitirá no sólo agregar valor a un alimento, sino que es fuente de nuevos ingredientes con propiedades únicas. Este método ofrece además, la ventajas de mantener un producto atrapado y ser liberado en forma controlada dentro del organismo humano.

Un mineral muy interesante para la nutrición humana es el Zn. Este es uno de los elementos esenciales que participa en procesos bioquímicos necesarios para el desarrollo de la vida; entre éstos cabe destacar la respiración celular, la reproducción tanto de ADN como de ARN, el mantenimiento de la integridad de la membrana celular y la eliminación de radicales libres, proceso que se hace a través de una cascada de sistemas enzimáticos (Fennema, 1993). El zinc está extensamente distribuido en alimentos, pero tal como ocurre con otros elementos, los contenidos son bajos y variables, teniendo en consideración que es un elemento necesario para

las funciones orgánicas. Por otro lado, el Fe también es un nutriente esencial, su deficiencia provoca anemia, alteraciones de la respuesta inmune, como así también del desarrollo cognitivo en niños (Fennema, 1993). La encapsulación permitiría aumentar las ingestas diarias de ambos minerales sin modificar el sabor original de la preparación.

Otra aplicación adicional, basada en las marcadas propiedades dieléctricas de las sales, sería la incorporación de estos encapsulados en alimentos destinados al calentamiento en hornos microondas. Existe evidencia científica que las sales interactúan con las microondas debido a su comportamiento iónico, ya que las sales conforman moléculas polares que tienden a orientarse en la dirección del campo y cuando el mismo es alternante, las moléculas colisionan transfiriendo energía térmica a sus vecinas y luego a todas las partes del material por conducción térmica (Wong y col., 2002; Datta y col., 2005).

En literatura no se dispone de información del comportamiento de los alimentos enriquecidos con sales encapsuladas durante el calentamiento con microondas. Por lo tanto es de interés estudiar el aumento de la temperatura interna durante este proceso, como así también la variación de las propiedades estructurales del encapsulado debido al calentamiento.

2. Objetivos:

- 1) Caracterizar los hidrogeles de alginato de Zn, Zn-Ca o Zn-Fe-Ca a través de sus propiedades texturales (TPA) y físicas (DSC).
- 2) Evaluar el efecto de la presencia de cápsulas de hidrogeles en el aumento de la temperatura interna de agua conteniendo las cápsulas, cuando el sistema es sometido al calentamiento mediante microondas.

3. Métodos:

Formulación y preparación de los encapsulados

Para formular los hidrogeles se utilizaron sulfato de Zn heptahidratado (Biopack, Argentina) (0.1 g/ml) y sulfato de Fe heptahidratado (Anedra, Argentina) (0.1 g/ml). Para la formación de las cápsulas, se empleó alginato de Na (Aldrich, USA) y CaCl_2 (Cicarelli, Argentina). Las cápsulas fueron preparadas con una solución de alginato de Na al 2% utilizando una bomba (Minipuls 2 Gils, Francia) en condiciones controladas. Las cápsulas se formaron por goteo del alginato de Na en la solución de sal de Zn (AZn) y en una mezcla equivolúmica de sales de Zn y Fe (AZn-Fe) preparadas con una concentración de 0.1 g/ml. Para mejorar las propiedades mecánicas, las cápsulas se sumergieron en CaCl_2 (0.05 M) durante 15 minutos, obteniéndose capsulas AZn-Ca y AZn-Fe-Ca. De esta forma se obtuvieron cápsulas de hidrogeles de alginato de Zn, Zn-Ca y Zn-Fe-Ca.

Posteriormente fueron filtradas y lavadas con agua destilada y mantenidas a 4°C hasta realizar los ensayos.

Determinación del contenido de Zn y Fe de las cápsulas

Se determinó el contenido de Zn y Fe contenidos en las cápsulas por espectrofotometría de absorción atómica por llama directa, según las especificaciones del Standard Methods for the examination of water and wastewater APHA (1998); previa digestión ácida de las muestras según el Método 25005 (AOAC).

Textura de las cápsulas

Se empleó un texturómetro TA.XT 2i (Stable Micro Systems, UK) para obtener los perfiles de compresión (TPA). Este ensayo consistió en dos ciclos consecutivos de compresión de cápsulas de AZn, AZn-Ca, AZn-Fe-Ca colocadas en cajas de Petri de diámetro superior a la sonda de medición (2.5cm). A partir del gráfico de fuerza en función del tiempo provisto por el equipo se obtuvieron los parámetros característicos de las diferentes muestras (dureza, cohesividad y consistencia). La dureza se define físicamente como la fuerza máxima del primer ciclo de compresión ejercida sobre la muestra. La cohesividad representa el grado de deformación de la masa después de la ruptura y la consistencia representa la resistencia de la masa a dos ciclos de compresión. Los ensayos se realizaron por triplicado.

Caracterización fisicoquímica de las cápsulas

La estabilidad térmica de las muestras se realizó empleando calorimetría diferencial de barrido (DSC Q100, TA Instruments, USA). El ensayo de DSC se llevó a cabo desde 20 °C hasta 290 °C a una velocidad de calentamiento de 10°C/min. Aproximadamente 5mg de muestras secas se colocaron en cápsulas herméticas. Se empleó como referencia una cápsula vacía. Los ensayos se realizaron por triplicado.

Calentamiento de sistemas modelos empleando microondas

Un horno microondas (BGH, potencia nominal 1000 W, frecuencia 2450 MHz) se usó para el calentamiento de agua conteniendo cápsulas de hidrogeles de AZn, AZn-Ca, AZn-Fe-Ca. La temperatura del líquido durante el calentamiento se midió con un sensor óptico (Fiso Technol. Inc, Canadá). El mismo permitió la adquisición de los valores de temperatura en función del tiempo.

4. Resultados:

Con respecto al contenido de minerales de las cápsulas, se hallaron valores medios de Na proveniente del alginato de 4.5-7.2 g/kg, 51,8 g/kg de Zn y 42,3 mg/kg de Fe.

A partir de los ensayos de textura, en la **Tabla 1** se presentan los valores de dureza, consistencia y cohesividad. Se observa que las cápsulas de AZn, AZn-Ca y AZn-Fe-Ca presentan mayor dureza, consistencia y cohesividad antes de ser sometidas al calentamiento por microondas. Además se observó que la incorporación de Ca y Fe a las cápsulas de alginato de Zn antes del tratamiento, provoca un aumento de la dureza y consistencia, no ocurre lo mismo después del tratamiento, donde la tendencia no es tan marcada.

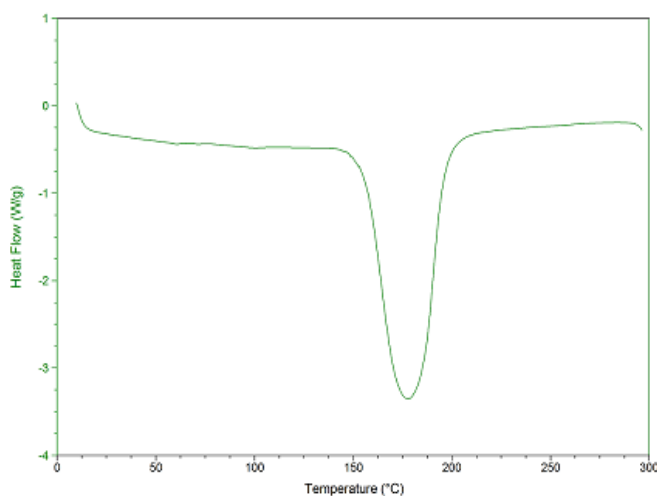
Tabla 1- Parámetros de Textura de las cápsulas antes (AM) y después (DM) del calentamiento con microondas.

Parámetros	AZn	AZn-Ca	AZn-Fe-Ca
Dureza (AM)	2.71	5.05	11.39
Dureza (DM)	17.17	12.05	12.00

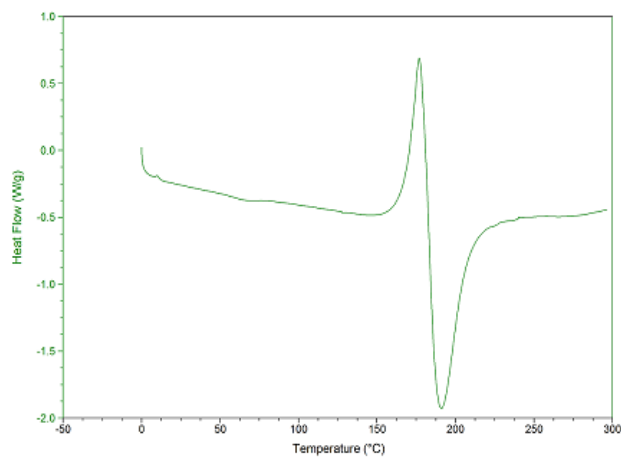
Consistencia (N) (AM)	1.42	2.57	6.20
Consistencia (N) (DM)	8.63	6.05	6.25
Cohesividad (AM)	0.037	0.019	0.09
Cohesividad (DM)	8.63	6.17	6.48

El estudio calorimétrico (DSC) permite conocer la estabilidad de las cápsulas durante el calentamiento. En la **Figura 1** se observa que las cápsulas de AZn mostraron un solo pico correspondiente a la transformación endotérmica, con un valor de temperatura de pico de 181.01 °C, mientras que las cápsulas de AZnCa presentaron un pico equivalente a 177.54 °C y otro menor entalpía que correspondería al Ca a 213.69°C (**Figura 2**). En un trabajo previo realizado en el laboratorio, cápsulas de alginato de Ca control y conteniendo extractos de antioxidantes de yerba mate mostraron un pico a 205°C atribuido al alginato de Ca (Deladino y col, 2009). La **Figura 3** presenta las curvas obtenidas para las cápsulas de AZn-Fe-Ca. En la **Figura 3 a**, se observa un pico a 100 °C atribuido a la presencia de Fe, el mismo se corre a 150 °C después del tratamiento térmico. Además se presentan los picos correspondientes al Zn y al Ca. Por último en la **Figura 4** se muestra el calentamiento de muestras con distinto contenido de iones metálicos. Se observa que el ion Zn es el responsable del efecto de la transformación de la energía radiante en térmica debido a la interacción con las microondas. La incorporación de Ca provoca un incremento de la temperatura con respecto a las cápsulas de AZn, verificando la interacción de los iones con la radiación. Además, el ión Ca mejora las características texturales contribuyendo a una mayor dureza, lo que facilitaría el manejo posterior de las cápsulas; además del aporte de otro mineral, sin perjuicio en el contenido de Zn de las mismas.

Sin embargo, la incorporación del tercer ión (Fe) no produjo un aumento significativo de la temperatura. Esto se puede atribuir a una disminución en la movilidad de los iones debido a la presencia simultánea tres tipos de iones dentro de la cápsula. Trabajos posteriores permitirán verificar dicha hipótesis.

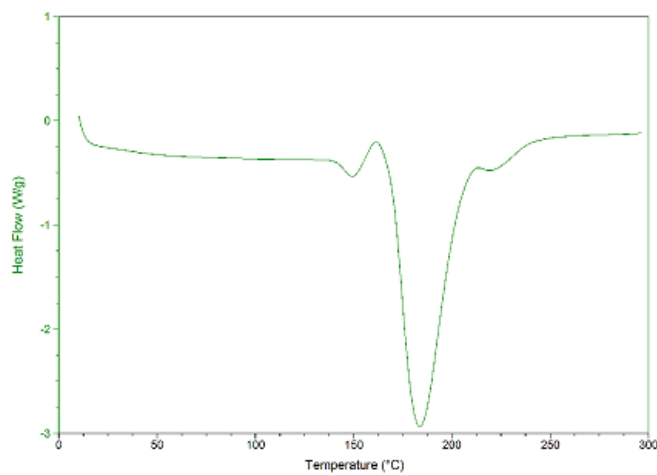


(a)

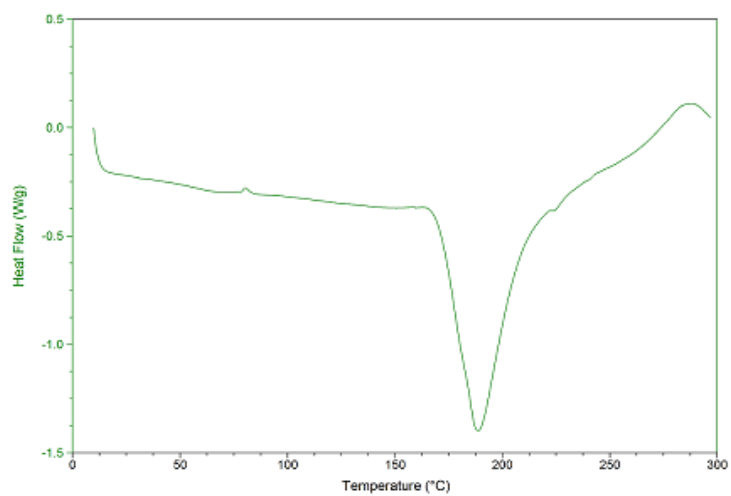


(b)

Figura1- Termogramas de DSC de cápsulas de alginato de Zn (AZn) a) antes y b) después del microondas

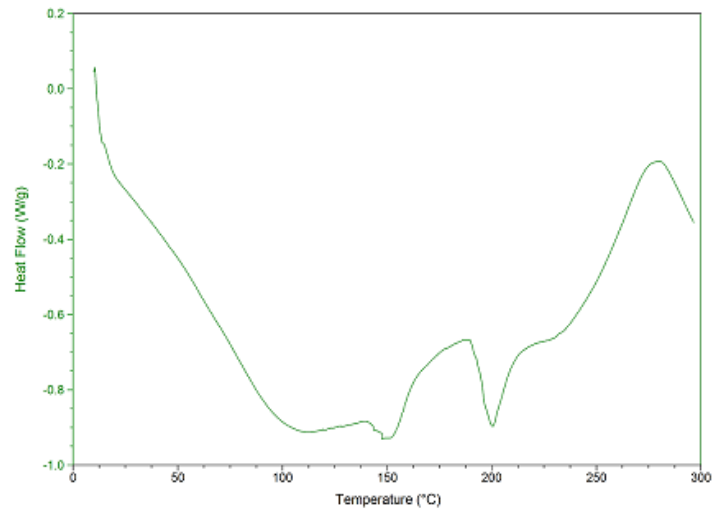


(a)

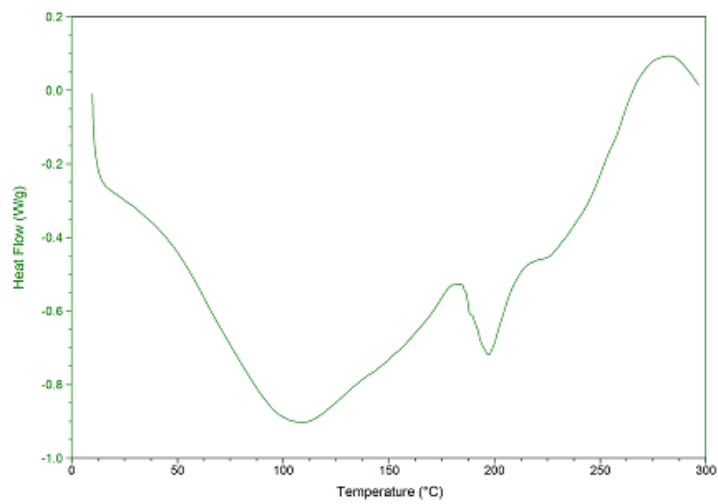


(b)

Figura2- Termogramas de DSC de cápsulas de alginato de Zn-Ca (AZnCa) a) antes y b) después del microondas



(a)



(b)

Figura3- Termogramas de DSC de cápsulas de alginato de Zn-Fe-Ca (AZnFeCa) a) antes y b) después del microondas

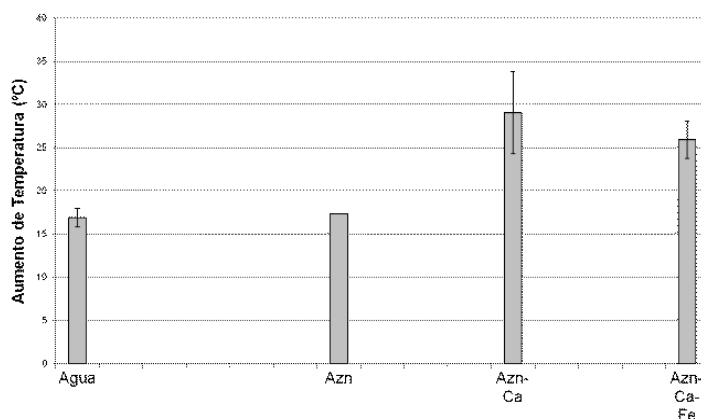


Figura 4: Aumento de temperatura debido al calentamiento de las cápsulas de AZn, AZn-Ca, AZn-Fe-Ca

5. Conclusiones:

A través del TPA se observó que la presencia de Ca aumenta la resistencia mecánica de las cápsulas. Los termogramas de DSC revelan diferencias en los comportamientos de los tres tipos de encapsulados. Por último, se evaluó la respuesta de una solución acuosa conteniendo los hidrogeles de alginato con iones Zn, Ca y Fe durante el calentamiento con microondas; observándose un aumento significativo en la temperatura interna de soluciones acuosas a medida que se incorporaban iones metálicos al encapsulado con respecto al control.

6. Bibliografía:

- Datta A.K. y Anantheswaran R.C. (2005). *Handbook of microwave technology for food applications*. Marcel Dekker Inc. USA.
- Deladino L., Anbinder P.S., Navarro A.S. y Martino M.N. (2008). Encapsulation of natural antioxidants extracted from *Ilex paraguariensis*. *Carbohydrate Polymers*, 71, 126.
- Deladino L., Anbinder P.S., Navarro A.S. y Martino M.N. (2009). Caracterización físicoquímica y liberación de extractos de yerba mate encapsulados". En *Actas del III Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos en (CD)*, Córdoba, 15 al 17 de abril 2009.
- Fennema (1993). *Química de los alimentos*. Marcel Dekker, USA.
- Sahidi F y Han X (1993). Encapsulation of food ingredients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33(6),501.
- Wong T.W., Chan L.W., Kho S.B. y Heng P.W.S. (2002). Design of controlled release solid dosage forms of alginate and chitosan using microwaves. *Journal of Controlled Release*, 84, 99.