

NIVELES DE CALCIO Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MAMÓN (*Carica papaya* L.) EN ALMÍBAR

LIOTTA, T.; RAMALLO, L. A.¹

¹FCEQyN- UNaM Felix de Azara 1552 - (3300) Posadas, Misiones, Argentina
lrarn@fceqyn.unam.edu.ar

Resumen

En el presente trabajo estudió el efecto de las condiciones de impregnación con calcio sobre el incremento del mineral en la matriz vegetal y sobre las propiedades mecánicas del mamón en almíbar. La fruta de mamón se seccionó en cilindros de aproximadamente 1 cm de longitud y 2.5 cm de diámetro. Se aplicaron diferentes condiciones de pre-tratamiento con hidróxido de calcio, combinando distintos niveles de concentración y temperatura de la solución de calcio, y tiempo de impregnación de acuerdo a un diseño factorial completo 2³. La respuesta del sistema se midió en función del aumento de calcio en la matriz vegetal y valores de las propiedades mecánicas del alimento elaborado. Los resultados indicaron que la concentración de la solución y el tiempo de inmersión son las variables de mayor relevancia sobre la dureza de la película calcárea. La incorporación de calcio fue significativamente afectada por la temperatura, el tiempo y la concentración de la solución de calcio del pre-tratamiento.

Palabras clave: Impregnación con calcio, Textura, mamón.

1. Introducción

El mamón *Carica papaya* L. originario de América tropical, actualmente es cultivado comercialmente en algunas regiones de clima subtropical, donde las heladas son escasas. En la Provincia de Misiones el cultivo del mamón se ha ido expandiendo en los últimos años, ensayándose cultivos con variedades y selecciones locales, en la búsqueda de características productivas acordes al clima local.

El calcio se relaciona con la firmeza del tejido vegetal debido a su capacidad de interactuar con las pectinas, por lo cual la adición de calcio a la matriz vegetal resulta en un aumento de la firmeza del tejido (Grant y col., 1973). Tanto el zapallo como el mamón en almíbar poseen características de textura singulares: superficie externa rígida e interior tierno. En un estudio previo (Montiveros y Ramallo, 2007) se ensayaron diferentes sales en la elaboración de zapallo almíbar y se observó que las características de textura antes descritas se logran con Ca(OH)₂ (cal).

Existen estudios que señalan las ventajas de la impregnación de matrices vegetales con calcio en la preservación de las propiedades mecánicas y sensoriales: ha sido aplicado en la prolongación de la vida útil de melones (Luna-Guzmán y Barret, 2000; Luna-Guzmán et al., 1999), de lechugas (Martín-Diana y col., 2006), de frutillas (Verdini y col., 2004), de mangos (Vanegas y Antonio, 2004). Se encontró que un pre-tratamiento con calcio disminuye los efectos del proceso de congelado-descongelado sobre la apariencia y textura de frutas (Sousa y col., 2007) y disminuye los efectos de degradación de la firmeza del tejido que ejercen los procesos térmicos de cocción sobre zanahorias (Smout y col., 2005). La incorporación de sales de calcio a los procesos de deshidratación osmótica de frutas confiere mayor firmeza a los productos resultantes (Anino y col., 2006; Rodrigues y col., 2003).

Desde el punto de vista nutricional, se han publicado estudios que analizan la viabilidad de obtener alimentos funcionales a través del enriquecimiento de la matriz vegetal con iones calcio (Gras y col., 2003; Alzamora y col., 2005; Anino y col., 2006). Por otra parte, una de las principales frutas cuyo consumo se recomienda para la prevención de la deficiencia de vitamina A es la papaya (Chandrika y col., 2003).

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de las variables del proceso de pre-tratamiento con calcio -concentración de la solución de hidróxido de calcio, temperatura y tiempo de impregnación- sobre la textura y enriquecimiento mineral del alimento elaborado.

2. Materiales y Métodos

2.1 Preparación de la muestra y pretratamientos

Se trabajó con mamón (*Carica papaya* L.) en grado de maduración óptimo y aproximadamente 0.8 kg de peso. La fruta fue lavada y pelada, luego se seccionó, con un sacabocados, en cilindros de 10.5 ± 0.5 mm de altura y 2.5 cm de diámetro.

El pre-tratamiento se realizó mediante inmersión de la fruta en solución acuosa de cal hidratada al 89,82% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, en condiciones constantes de temperatura y concentración, durante un período de tiempo previamente establecido y sin agitación. A continuación, las muestras se enjuagaron cinco veces consecutivas con agua desmineralizada, cada vez con un volumen equivalente a tres veces el ocupado por el vegetal.

Para la evaluación de textura y/o evaluación sensorial, se elaboró la fruta en almíbar mediante la cocción de las muestras pre-tratadas con calcio, en solución de sacarosa comercial de 65°Brix durante 60 minutos.

Las muestras destinadas a la cuantificación de calcio no fueron sometidas a cocción.

2.2 Determinación de humedad, acidez y pH

Se homogeneizó 10 gramos de mamón en 100 ml de agua destilada en un mixer durante 1 minuto, a velocidad media.

La acidez total se determinó por titulación ácido-base. A 100 ml de la solución anterior se agregaron 3 gotas de solución de fenolftaleína al 1% y se tituló con hidróxido de sodio 0.1N hasta cambio de coloración (pH=8.1). Los resultados de acidez fueron expresados en g de ácido por 100 g de fruta (AOAC, 1990).

El pH fue determinado sobre 50 ml de la solución obtenida con el mixer, con un pHmeter digital con electrodo de vidrio.

La humedad se determinó gravimétricamente, mediante secado de una masa de aproximadamente 5 g en estufa a 75°C hasta pesada constante (48 h aproximadamente).

2.3 Determinación del contenido de Calcio

Se adaptó el método de cuantificación de calcio total en plantas de la AOAC.

Se pesaron cuatro muestras mamón (≈ 21 g) y se calcinaron a 500-550°C. Las cenizas se trataron con 25ml de HCl. Se filtró y se completó hasta un volumen de 200ml. Se agregó 30 ml de cloruro de amonio, 20 ml de ácido oxálico al 5%, 10 ml de ácido acético y verde de bromocresol. Se llevó a ebullición y se añadió hidróxido de amonio hasta cambio de color; se dejó sedimentar en un baño a 90°C por 6 hs. El precipitado se disolvió ácido sulfúrico y se tituló con KMnO_4 . Los resultados se expresaron en mg de calcio en 100g de fruta. En cada ensayo se evaluó el contenido de calcio en la fruta fresca (C_0) y en la fruta tratada (C_t), de modo de registrar los resultados como ganancia de calcio, $\Delta\text{Ca} = C_t - C_0$.

2.4 Diseño experimental

Para evaluar el efecto de las diferentes variables (temperatura, tiempo, concentración de calcio), los ensayos de pre-tratamiento con calcio fueron organizados de acuerdo a un diseño experimental, consistente en un diseño factorial completo 2^3 con tres niveles, como se muestra en la Tabla 1. Las variables dependientes (respuestas) fueron: ganancia de calcio, ΔCa (mg/100g de fruta), tensión a la ruptura σ_{HR} (N/m²) y resistencia del tejido vegetal a la deformación, F_{max} (N).

Para cada tratamiento se evaluaron las variables dependientes sobre cinco muestras (F_{max}) y dos muestras (ganancia de Ca), respectivamente y los valores medios de estos ensayos valores fueron sometidos a análisis de regresión y varianza (Software Statgraphics).

Tabla 1: Matriz de experimentos de un diseño factorial completo 2^3 para estudiar el efecto de las variables del pre-tratamiento de inmersión de mamón en calcio

Tratamiento	Variables codificadas			Variables decodificadas		
	Temperatura (X1)	Tiempo (X2)	Concentración de calcio (X3)	Temperatura (°C)	Tiempo (Minutos)	Concentración (g/100ml)
7	-1	-1	-1	20	1.5	0.05
5	1	-1	-1	40	1.5	0.05
1	1	1	-1	40	4.5	0.05
2	1	1	1	40	4.5	0.15
4	-1	1	1	20	4.5	0.15
8	-1	-1	1	20	1.5	0.15
3	-1	1	-1	20	4.5	0.05
6	1	-1	1	40	1.5	0.15
9	0	0	0	30	3	0.1
10	0	0	0	30	3	0.1

2.5 Textura

La textura del mamón en almíbar fue evaluada sometiendo cada muestra a una prueba de compresión uniaxial en un texturómetro universal (TA.XT2 Texture Analyser, Stable Micro Systems), equipado de una célula de carga 5N.

Cada muestra fue comprimida en dirección axial con el objetivo de detectar la ruptura o quiebre de la capa calcárea, usando una placa plana (75 milímetros de diámetro). La velocidad de compresión aplicada fue de 0.5 mm min⁻¹ recorriendo una distancia de 8 mm. Se realizó una medida por cilindro y cinco cilindros de mamón fueron probados para cada tratamiento; sus valores medios se tomaron para representar el valor de textura de las muestras del ensayo. En una computadora conectada al texturómetro, se registraron los datos de fuerza $F(t)$ (N) y distancia $H(t)$ (mm). Estos datos fueron posteriormente convertidos a los parámetros de Hencky: tensión (σ_H) y deformación (ϵ_H), suponiendo volumen constante durante la compresión.

$$\sigma_H = \frac{F(t)H(t)}{H_0A_0} \quad (1)$$

3. Resultados y discusión

Con el objetivo de obtener un producto de apropiada calidad nutricional, se trabajó con frutas de mamón en grado de madurez óptimo para el consumo como fruta fresca (90% de color amarillo en la cáscara), puesto que es entonces cuando la fruta ha desarrollado la mayor cantidad de carotenos (Cano y col., 1999). Para caracterizar la fruta se evaluó el pH y la acidez como g de ácido/100 g de fruta. Los valores medios registrados de la evaluación sobre 10 frutas fueron de 5.74 ± 0.018 y 13.5 ± 0.84 , para el pH y la acidez, respectivamente.

El contenido de agua en cada fruta se evaluó por triplicado y el valor promedio sobre 10 frutas fue de 89.66 ± 0.87 g de agua en 100 g de fruta.

El contenido de calcio en el material fresco, sobre un total de 10 frutas, fue de 47.4 ± 3.70 mg/100g de fruta. En las muestras de fruta procesada el máximo contenido de calcio fue 116.7 mg/100g de fruta. Si bien la máxima cantidad de calcio incorporado a 100g de mamón, en este trabajo, solo satisface el 12% de la ingesta diaria recomendada (IDR), se duplica el contenido del mineral respecto del nativo.

Se midieron dos tipos de respuestas: aumento en la concentración de calcio en la fruta y propiedades mecánicas (σ_{HR} y F_{max}) del dulce de mamón elaborado bajo diferentes pre-tratamientos. El ajuste del modelo estadístico para la ganancia de calcio, F_{max} y σ_{HR} , con los efectos significativos y no significativos, muestra que el mismo es adecuado para predecir la respuesta del sistema (Tabla 2). El análisis de varianza indica que el modelo explica el 98.9%, 96.4% y 85.2% de la variabilidad de los resultados observados en la ganancia de calcio, σ_{HR} y F_{max} , respectivamente.

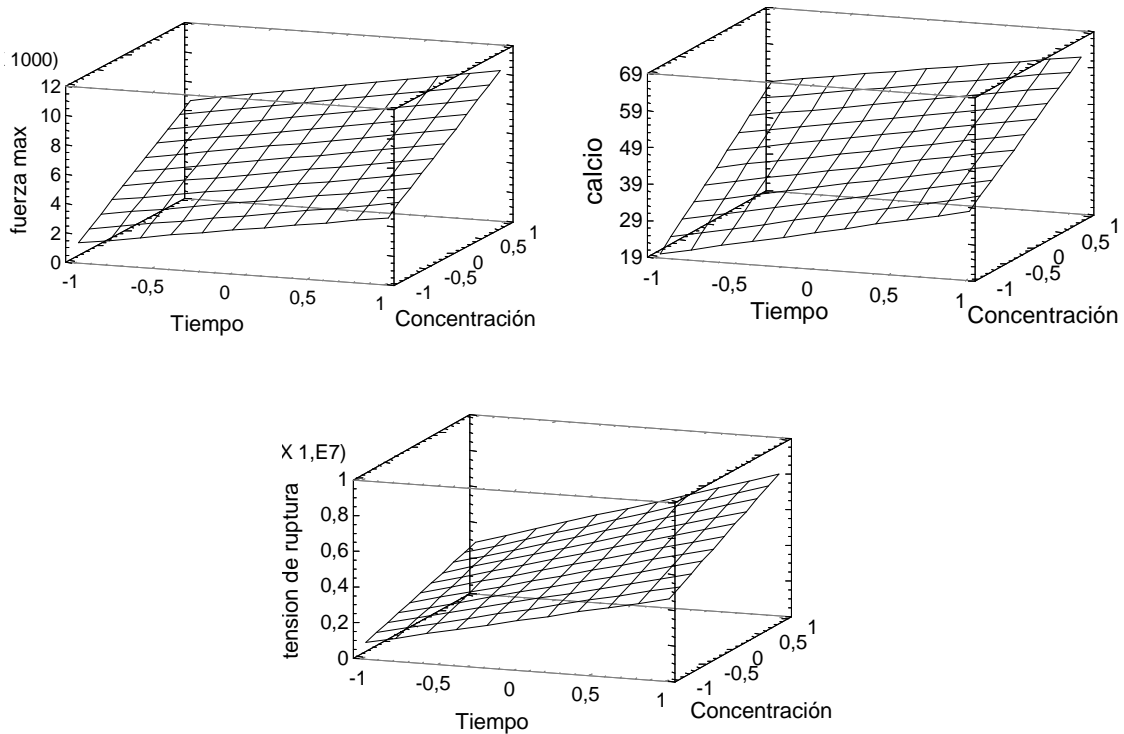


Figura 1. Superficies de respuesta para la ganancia de calcio, la tensión de ruptura y la fuerza máxima a la ruptura, a temperatura constante e igual a 30°C (cero expresado en forma de variable reducida).

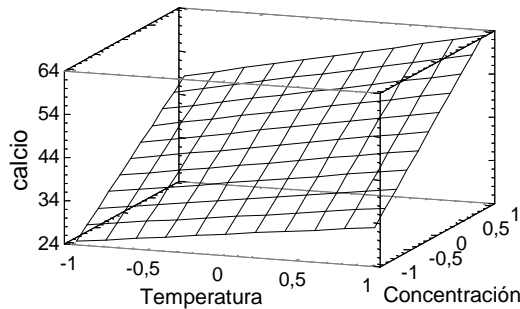


Figura 2. Superficie de respuesta para la ganancia de calcio, a tiempo de impregnación constante e igual a 3 horas (cero expresado en forma de variable reducida)

Las tres variables independientes analizadas (temperatura, tiempo y concentración de la solución) tienen un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre la ganancia de calcio, siendo la concentración de calcio en la solución de pre-tratamiento la de mayor relevancia, dentro del rango aplicado a las variables en estos ensayos, como se muestra en la Tabla 2 y en la Figura 1. El efecto de la concentración de la solución sobre la ganancia de calcio es más importante para cortos tiempos de inmersión que para largos tiempos, como se aprecia en la Figura 1. El efecto de la temperatura durante el proceso de impregnación con calcio, se refleja en la Figura 2, donde puede observarse que su efecto es menos importante a bajas concentraciones.

Tabla 2: Coeficientes del modelo de regresión y resultados del análisis de varianza

Fuente	ΔCa		F_{max}		σ_{HR}	
	coeficiente	<i>p</i> -valor	coeficiente	<i>p</i> -valor	coeficiente	<i>p</i> -valor
constante	42.24		5745.5		4.09E+06	
A	5.61	0.012	554.5	0.58	868284	0.076
B	7.64	0.005	1681.7	0.16	2.20E+06	0.0067
C	13.79	0.0009	2887	0.049	1.44E+06	0.022
AB	0.61	0.59	1607	0.17	599135	0.16
AC	1.51	0.24	126.7	0.89	659993	0.14
BC	-1.21	0.32	82	0.93	355401	0.36

p-valor <0.05 es significativo al 95% de confianza

La Tabla 2 muestra que el tiempo de inmersión y la concentración de la solución tienen efecto significativo sobre la σ_{HR} , en tanto que la temperatura tiene efecto poco relevante sobre esta respuesta. El análisis estadístico indica que la variable independiente con efecto significativo sobre la F_{max} es la concentración de la solución.

Los valores de máxima concentración de calcio en la fruta son coincidentes con los valores de máxima resistencia a la ruptura en los ensayos de compresión y se obtuvieron con condiciones de solución de pre-tratamiento: 0.15% de Ca, a 40°C, durante 4.5 horas. El análisis estadístico indica que este valor de incremento en la concentración de calcio en la fruta se puede incrementar con el aumento en el nivel de las tres variables independientes,

en forma simultánea o al menos una de ellas. La concentración de la solución de impregnación es la variable que afecta significativamente sobre las tres respuestas analizadas.

4. Conclusiones

El cambio en las propiedades mecánicas de la fruta está estrictamente asociado al incremento en el contenido de calcio del tejido vegetal.

La variable de mayor relevancia en el proceso de impregnación con calcio es la concentración de la solución y la variable de menor relevancia en la temperatura del proceso.

El máximo enriquecimiento de la matriz vegetal con calcio se logró en los ensayos al nivel más alto de temperatura, tiempo y concentración, lo cual permite inferir que se podría incrementar la cantidad de mineral en la fruta con el incremento de al menos una de las variables independientes, aunque el límite práctico puede estar definido por la aceptación sensorial del producto.

5. Referencias

Alzamora, S.M.; Salvatori, D.; Tapia, M.; López-Malo, A.; Welti-Chanes, J.; Fito, P. (2005). Novel functional foods from vegetable matrices impregnated with biologically active compounds. *Journal of Food Engineering*, 67: 205-214.

Anino, S.; Salvatori, D.; Alzamora, S.M. (2006). Changes in calcium level and mechanical properties of apple tissue due to impregnation with calcium salts. *Food Research Internacional*, 39 (2): 154-164.

AOAC. (1990). Official methods of analysis. 13th edn. Washington, DC:AOAC.

Cano, M.P.; Ancos, M G.; Monreal, M. (1999). Carotenoid Pigments and Colour of Hermaphrodite and Female Papaya Fruits (*Carica papaya* L) cv Sunrise During Post-Harvest Ripening. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 71 (3): 351 – 358.

Chandrika, G.; Jansz, E.; Wickramasinghe, N.; Warnasuriya, N. (2003). Carotenoids in yellow- and red-fleshed papaya (*Carica papaya* L). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(12): 1279 – 1282.

Grant, G. T.; Morris, E. R.; Rees, D. A.; Smith, P. J. C.; Thom, D. (1973). Biological interactions between polysaccharides and divalent cations: the egg-box model. *FEBS Letters*, 32: 195–198.

Gras, M.; Vidal, D.; Betoret, N.; Chiralt, A.; Fito, P. (2003). Calcium fortification of vegetables by vacuum impregnation. Interaction with cellular matrix. *Journal of Food Engineering*, 56: 279-284.

Luna-Guzmán, I.; Barrett, D. (2000). Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh cut cantaloupes. *Postharvest Biology and Technology*, 19: 61-72.

Luna-Guzmán, I.; Cantwell, M.; Barrett, D. (1999). Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl₂ dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. *Postharvest Biology and Technology*, 17: 201-213.

- Martín-Diana, A.; Rico, D.; Frías, J.; Henehan, G.; Mulcahy, J.; Barat, M.; Barry-Ryan, C. (2006). Effect of calcium lactate and heat-shock on texture in fresh-cut lettuce during storage. *Journal of Food Engineering*, 77 (4): 1069-1077.
- Montiveros, M.E.; Ramallo, L. 2007. Efecto de las condiciones de impregnación sobre los niveles de calcio y la textura del zapallo en almíbar. XI Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología (CYTAL), Buenos Aires, Argentina
- Rodrigues, A.; Cunha, R.; Hubinger, M. (2003) Rheological properties and colour evaluation during osmotic dehydration processing. *Journal of Food Engineering*, **59**: 129-135.
- Smout, C.; Sila, D.; Vu, T.; Van Loey, M.; Hendrickx, M. (2005). Effect of preheating and calcium pre-treatment on pectin structure and thermal texture degradation: a case study on carrots. *Journal of Food Engineering*, **67**: 419-425.
- Sousa, M.; Canet, W.; Alvarez, M.; Fernández, C. (2007). Effect of processing on the texture and sensory attributes of raspberry (cv. *Heritage*) and blackberry (cv. *Thornfree*). *Journal of Food Engineering*, 78 (1): 9-21.
- Vanegas, G. y Antonio, J. (2004). Efecto de la aplicación de soluciones de cloruro de calcio (CaCl₂) sobre la vida de almacenamiento y calidad del fruto de mango (*Mangifera Indica* L) variedad Van Dyke. Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Córdoba, Argentina.
- Verdini, R.; Zorrilla, S. y Rubiolo, A. (2004). Efecto de la temperatura y de la concentración de la solución de inmersión en la incorporación de calcio en frutillas. Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Córdoba, Argentina.