

57TCA. DESARROLLO DE UN ALIMENTO TIPO “SNACK” A PARTIR DE RODAJAS DE MANZANA VERDE

TAVERA QUIROZ, M. J.¹, URRIZA, M.¹, PINOTTI, A.^{1,2}, BERTOLA, N.¹

¹Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA) CONICET, Facultad de Ciencias Exactas. ²Facultad de Ingeniería, UNLP. 47 y 116, La Plata (1900). Buenos Aires, Argentina.

E-mail: nbertola@cidca.org.ar

Resumen: En el presente trabajo se desarrollaron snacks de manzana horneados a partir de manzana verde (*Granny Smith*). Se estudió el efecto de diferentes pretratamientos (escaldado con vapor, impregnación con Ca y azúcares como maltodextrina y fructosa) sobre los parámetros de color, textura, humedad y a_w . Asimismo se determinó la temperatura de transición vítrea (T_g) a través de calorimetría diferencial de barrido (DSC) y análisis dinámico mecánico (DMA). Los resultados obtenidos del análisis de la microestructura por SEM indicaron que el agregado de calcio en el pretratamiento resultó beneficioso ya que se observó la reducción de los poros en la estructura tisular, relacionado con mayor firmeza. La solución de impregnación formulada con 15% de fructosa y 15% de maltodextrina (snack A) dio como resultado el snack de manzana con mayor aceptabilidad por los consumidores en los diferentes atributos evaluados (color, sabor ácido, dulzor, textura). El mismo presentó diferencias significativas en los parámetros de textura y de color b^* respecto de las demás formulaciones probadas. Del análisis térmico obtenido por DSC y DMA se observó que los snacks tuvieron una temperatura de transición vítrea alrededor de los 60°C. El contenido de polifenoles se mantuvo y hubo un aumento en la concentración de carbohidratos para el snack A.

1. Introducción

Los alimentos tipo “snack” a partir de manzana, puede ser una elección saludable respecto a los snacks tradicionales que tienen elevados contenidos de sodio y grasas saturadas. Los alimentos deshidratados tienen especial importancia debido a que las reacciones de deterioro y la contaminación microbiana están reducidas y su calidad se encuentra mayormente afectada por los cambios inducidos durante el proceso (Telis y Telis-Romero, 2005). El tratamiento térmico produce cambios en la microestructura, y por lo tanto en la textura. La textura ha sido reconocida como uno de los más importantes los atributos de calidad en los alimentos tipo snacks y durante la deshidratación de frutas y vegetales se asocia fuertemente con la composición y estructura de las paredes de las células. La pérdida de agua es acompañada por la pérdida de presión interna y las contracciones del tejido celular el cual se ablanda. Esta presión se conoce como la presión de turgencia y desempeña un papel importante en las propiedades texturales de los tejidos vegetales (Ramos et al., 2003). Una alternativa para mitigar los efectos de este proceso sobre el tejido de la fruta, optimizar el proceso, otorgar al snack características organolépticas atractivas para el consumidor y mantener las propiedades nutricionales es la utilización de diversos pretratamientos para evitar el pardeamiento enzimático y mejorar la firmeza del tejido. El agregado de calcio combinado con tratamiento térmico resulta en un aumento de la firmeza del tejido vegetal debido a su capacidad de interactuar con las pectinas (Alzamora et al., 2000). Numerosos investigadores han estudiado la influencia del pretratamiento con sales de calcio en distintos sistemas vegetales, analizando su influencia desde el punto de vista tanto de las propiedades mecánicas (Sousa et al., 2007) como de las características nutricionales (Alzamora et al., 2005). Además también se integra la adición

de solutos al proceso porque permite aumentar la estabilidad del producto, reduce el tiempo de deshidratación y otorga color y sabor ideales a productos de este tipo.

2. Objetivos:

Desarrollar un snack libre de grasa a partir de rodajas de manzana verde horneadas aplicando diferentes pretratamientos (escaldado con vapor, impregnación con Ca y azúcares).

- 1) Analizar las propiedades físicas y sensoriales del snack obtenido.

3. Materiales y métodos

Preparación de las rodajas de manzana

Se trabajó con manzanas *Granny Smith*, seleccionadas por tamaño y apariencia. Para el desarrollo de las experiencias se estandarizaron lotes de manzanas con humedades del 85% y contenido de sólidos solubles de 11 ± 1 ° Brix y se almacenaron a 4-6 °C.

Las manzanas fueron lavadas y cortadas en rodajas 2 ± 0.2 mm de espesor, seccionadas a 35 ± 1 mm de diámetro con un sacabocados y secadas con papel absorbente. Grupos de muestra de 10 rodajas se sumergieron en una solución de carbonato de calcio (CaCO_3) al 2,5% durante 2 min y se escaldaron con vapor durante 3 min.

Pretratamiento con soluciones de azúcares (maltodextrina/fructosa)

Una vez enfriadas las rodajas de manzana se sumergieron en soluciones acuosas de maltodextrina (M) y fructosa (F) al 30% p/p a 30°C. La solución A tuvo una relación entre los azúcares M: F de 15%:15%, la solución B de 20%:10% y la C de 10%:20%. A cada una de las soluciones se agregó ácido ascórbico al 2%. En cada experiencia se tomaron muestras a distintos tiempos entre 0 y 290 min, se escurrieron sobre papel filtro y se pesaron. A cada muestra se le analizó el contenido de humedad y el contenido de sólidos solubles. A partir de estos valores se determinaron los parámetros de pérdida de agua (WL, $\text{g}_{\text{agua}}/100\text{g}_{\text{muestra}}$) y ganancia de sólidos (SG, $\text{g}_{\text{ss}}/100\text{g}_{\text{muestra}}$) a partir de las siguientes ecuaciones (Kaymak-Ertekin y Sultanoglu (2000):

$$WL = \frac{M_0 X_0^W - M_t X_t^W}{M_0} \times 100 \quad (1)$$

$$SG = \frac{M_t X_t^{SS} - M_0 X_0^{SS}}{M_0} \times 100 \quad (2)$$

Donde M_0 es la masa inicial de la muestra, M_t la masa de la muestra en el tiempo t , X_0^W la cantidad de agua inicial de la muestra, X_t^W la cantidad de agua de la muestra en el tiempo t , X_0^{SS} la concentración de sólidos solubles iniciales de la muestra y X_t^{SS} la concentración de sólidos solubles a tiempo t .

Las curvas obtenidas se modelaron a partir de un modelo empírico desarrollado por Azuara (1992) a partir de los balances de masa, obteniéndose ecuaciones que requieren dos parámetros ajustables:

$$WL = \frac{A_1 t (WL_{\infty})}{1 + A_1 t} \quad (3)$$

$$SG = \frac{A_2 t (SG_{\infty})}{1 + A_2 t} \quad (4)$$

Donde: WL es la fracción de agua pérdida en el tiempo t, WL_{∞} la fracción de agua pérdida en el equilibrio, SG la ganancia de sólidos en el tiempo t, SG_{∞} la ganancia de sólidos en el equilibrio y A_1 y A_2 son parámetros que pueden definirse como constantes de velocidad relativas a la pérdida de agua y a la ganancia de sólidos respectivamente.

Horneado

Para la obtención de los snacks se utilizó un horno de convección forzada Multiequip HCE-3 a 85°C. El tiempo de horneado que fue de 1h, se estableció en base a consideraciones de humedad y color. Los snacks obtenidos a partir de cada solución se denominaron A, B y C.

Determinación de humedad, contenido de sólidos solubles y actividad acuosa (a_w)

Con la finalidad de caracterizar la manzana fresca se determinaron el contenido de agua inicial, sólidos solubles y la actividad acuosa. La humedad de la fruta fresca se determinó, mediante secado en estufa de vacío a 70°C hasta pesada constante. La determinación de sólidos solubles se realizó con un refractómetro Hanna HI96801. La actividad acuosa fue medida en un equipo Aqualab 3TE (Decagon Devices, Inc., Estados Unidos). Las determinaciones de humedad y a_w también se realizaron sobre los snacks obtenidos.

Análisis de textura y color

Para evaluar la textura se utilizó un texturómetro TA-XT2i (Stable Micro Systems Ltd., Reino Unido) utilizando una sonda semi-esférica de 5 mm de diámetro. Se determinó la fuerza máxima en el punto de ruptura (N). Para cada lote (A, B y C) se analizaron 10 rodajas por duplicado.

El color superficial de las muestras se determinó por cuadruplicado con un colorímetro Minolta CR400 (Japón), obteniéndose los parámetros de cromaticidad a^* y b^* y luminosidad L^* .

Microscopia electrónica de barrido

Se examinaron muestras con y sin agregado de carbonato de calcio, mediante SEM (LEO 1420VP, Carl Zeiss SMT AG, Alemania) sin revestimiento metálico y bajo vacío. Las muestras fueron analizadas con aumentos de 150 x, 300x, 600 x y 1200 x.

Análisis de las propiedades térmicas

Las propiedades térmicas de cada uno de los snacks de manzana obtenidos y de la fruta fresca se determinaron a través de un DSC TA Instruments Q100 (USA) a 10°/min entre -70°C y 200°C, enfriamiento hasta -70°C y calentamiento hasta 250°C. También fueron determinadas en un DMA TA Instruments Q800 con un cantilever con apoyo central. Se realizó una deformación dinámica a distintas frecuencias desde -100 hasta 200 °C obteniéndose los valores de las propiedades viscoelásticas de las muestras: módulo de pérdida y almacenamiento y la tan delta (relacionada con las relajaciones producidas en las temperaturas cercanas a la transición vítrea).

Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de las muestras de snack de manzana (A, B y C) se realizó con 40 panelistas no entrenados. Las muestras fueron codificadas al azar y se dispusieron en bandejas. Se evaluaron color, textura, dulzor, sabor ácido y aceptabilidad general

utilizando una escala hedónica de 9 puntos para cada uno. Además se pidió a cada evaluador que otorgara un puntaje a cada una de las muestras.

Determinaciones de aporte nutricional de manzana fresca y el snack de manzana Para la determinación de azúcares totales se utilizó el método de Antrona. Se realizó una curva de calibración, utilizando una solución de glucosa como patrón para obtener concentraciones en el rango de 5 a 30 $\mu\text{g/ml}$. Los resultados se expresaron como g de glucosa/100 g de tejido.

La extracción de los polifenoles totales se realizó de acuerdo al método de Folin Ciocalteu. Los resultados se expresaron en mg equivalentes ácido gálico (EAG) por 100 g de materia seca.

La determinación de proteínas se llevó a cabo por el método de Kjeldhal utilizando un factor de 6.25 para convertir nitrógeno a proteínas.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANAVA) para evaluar el efecto de los factores analizados utilizando el programa Systat. Para los ensayos de comparación de medias se empleó el test de menor diferencia significativa (LSD) con $P < 0,05$.

4. Resultados y discusión

Los valores obtenidos de pérdida de agua y ganancia de sólidos se modelaron según las ecuaciones (3) y (4). En la Fig. 1 se puede observar el ajuste de los datos al modelo propuesto para las muestras que se sumergieron en la solución C ($R^2 = 0,944$). Los valores de las constantes hallados fueron: $WL_{\infty} = 37,79 \text{ g}_{\text{agua}}/100\text{g}_{\text{muestra}}$, $SG_{\infty} = 4,45 \text{ g}_{\text{ss}}/100\text{g}_{\text{muestra}}$, $A_1 = 0,084 \text{ min}^{-1}$ y $A_2 = 0,139 \text{ min}^{-1}$. Se estableció como tiempo de tratamiento el tiempo al cual SG fue el 70% de SG_{∞} (16 min).

Las micrografías obtenidas por SEM de la muestra sin ningún pretratamiento mostraron un tejido altamente colapsado con una distribución no uniforme de poros, mientras que para las muestras con calcio se observaron poros de tamaños más pequeños y una distribución uniforme de los mismos (Fig.2). Según González-Fésler et al (2008) los tratamientos térmicos moderados activan las enzimas pépticas presente en la fruta, que hidrolizan las pectinas, permitiendo que se unan con los átomos de Ca proporcionando una estructura más rígida en la lamela media de la pared celular. Se observó que la fuerza máxima en la ruptura de los snacks B y C fue superior a los valores obtenidos a partir de la solución A (Tabla 1). En las imágenes obtenidas por SEM se pudo observar que la muestra A presentó una estructura más porosa que los chips B y C, lo que explica la disminución de la dureza (Fig. 2 b, c, d).

La humedad y la actividad acuosa de los discos de manzana horneados no presentaron diferencias significativas respecto a la composición de la solución de azúcares utilizadas al igual que la luminosidad (L^*) (Tabla 1). La muestra sometida a impregnación con una solución de maltodextrina/fructosa en relación 1:1 presentaron menores valores de b^* (disminución del color amarillo respecto de las otras muestras) (Tabla 1 y Fig. 3)

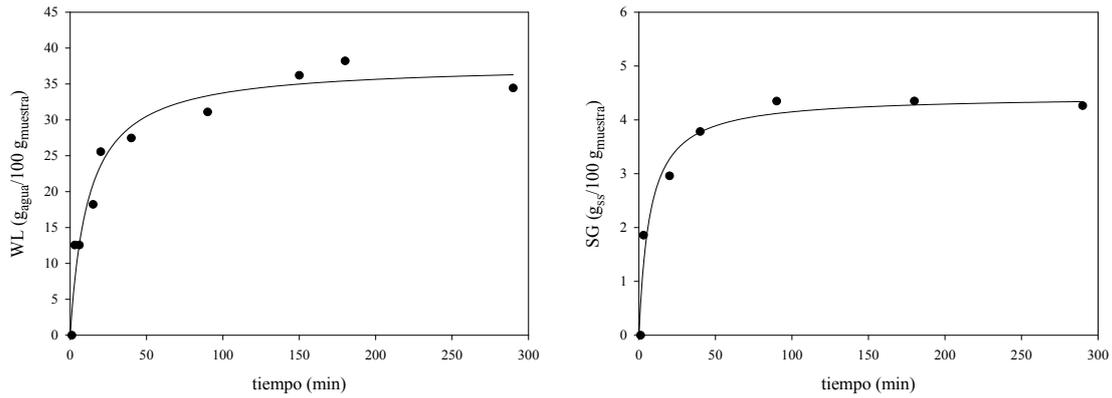


Fig. 1. Curvas de pérdida de agua (WL) y ganancia de sólidos (SG) en rodajas de manzanas pretratadas en soluciones de maltodextrina/fructosa al 30% (1:2). (●) Valores experimentales, (—) modelo.

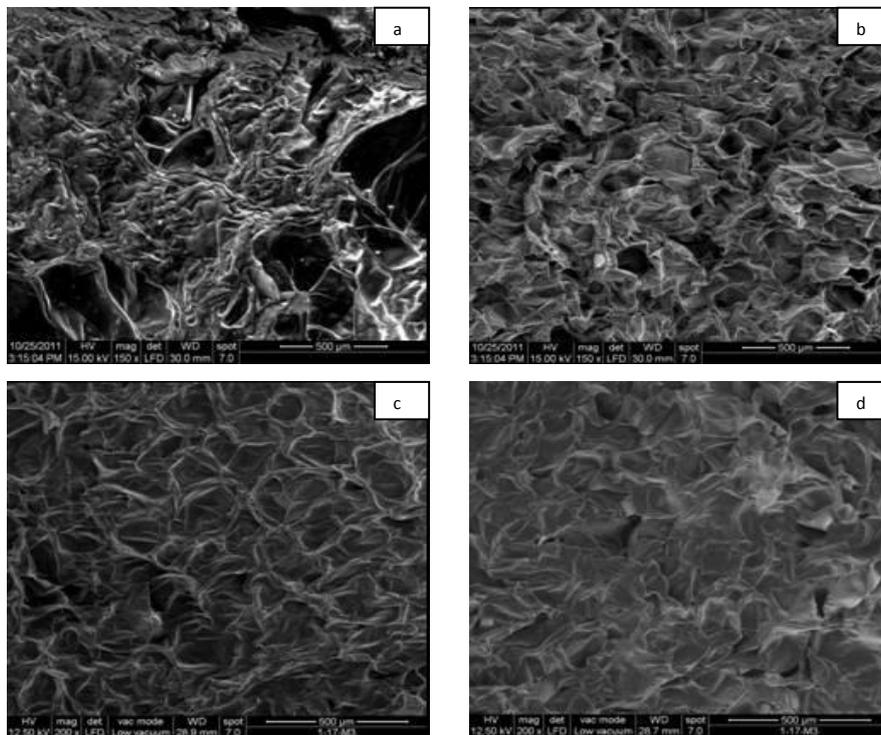


Fig. 2. Micrografías obtenidas por SEM a) snack de manzana sin pretratamiento, b), c) y d) snacks de manzana tratadas con calcio y maltodextrina/fructosa 1:1, 1:2, 2:1 respectivamente.

El puntaje otorgado por el panel de evaluación sensorial no entrenado para cada snack probado fue de 7,06 para la muestra A, 6,4 para B y 5,52 para C.

La fuerza máxima en la ruptura y la crocancia en las medidas de textura tienen una relación inversa, esto explica la mayor aceptabilidad para dicho atributo de la muestra A (Tabla 2) que presentó los menores valores de fuerza máxima (Tabla 1). Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Lue-Lue et al (2011) estudiando la textura en chips de papas y manzanas.

Tabla 1. Propiedades físicas de snacks de manzana A, B, C obtenidos por horneado a 85 °C

	<i>Dureza (N)</i>	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	<i>Humedad (g agua/100g muestra)</i>	<i>a_w</i>
<i>A</i>	2,5 ^a	60,2 ^a	3,3 ^a	26,7 ^a	6,2 ^a	0,362 ^a
<i>B</i>	4,0 ^b	59,9 ^a	4,0 ^a	27,5 ^{a,b}	5,8 ^a	0,361 ^a
<i>C</i>	5,6 ^b	59,0 ^a	5,7 ^b	29,1 ^b	5,3 ^a	0,351 ^a

^{a, b} Letras diferentes indican diferencias significativas P < 0,05

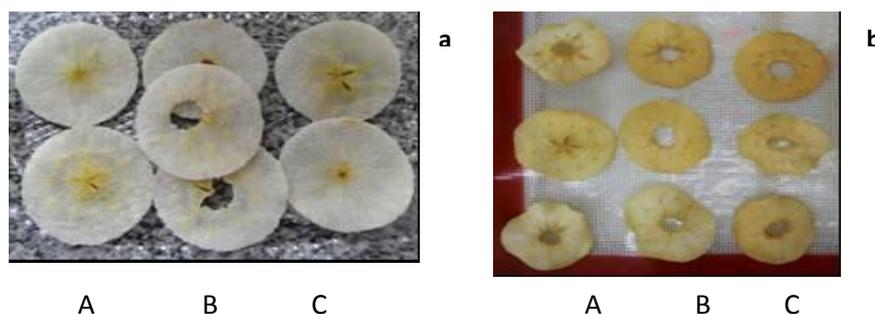


Fig. 3. a) Rodajas de manzanas escaldadas con vapor e impregnadas con calcio y azúcares b) Snacks obtenidos por horneado. A, B y C corresponden a cada relación maltodextrina /fructosa utilizada.

Tabla 2. Resultados de evaluación sensorial para los snacks A, B y C

	<i>Aceptabilidad global</i>	<i>Textura</i>	<i>Color</i>	<i>Dulzor</i>	<i>Sabor ácido</i>
<i>A</i>	6,77 ^a	6,15 ^a	6,87 ^a	6,52 ^a	6,57 ^a
<i>B</i>	6,10 ^{a,b}	5,15 ^a	6,62 ^a	5,97 ^a	5,91 ^{a,b}
<i>C</i>	5,47 ^b	3,92 ^b	6,50 ^a	6,30 ^a	5,55 ^b

^{a, b} Letras diferentes indican diferencias significativas P < 0,05

A partir de los termogramas obtenidos por DSC se determinaron las temperaturas de transición vítrea de los chips de manzana obteniéndose valores de 54,5 °C, 65,5°C y 56,0°C para las muestras A, B y C respectivamente. Para la fruta fresca se obtuvieron valores de -40°C y para la fruta horneada sin pretratamientos de 8,5°C. Por DMA se obtuvieron valores entre 40-60°C para los snacks obtenidos por horneado (Fig. 4).

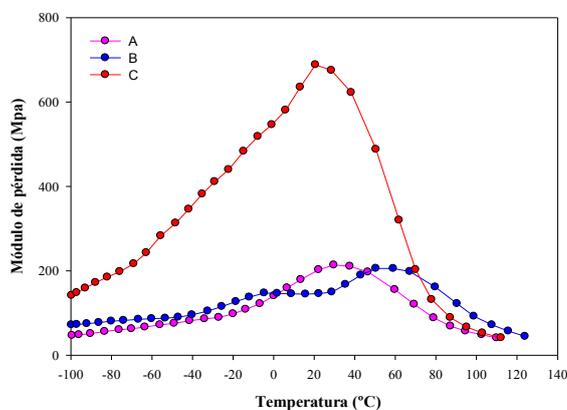


Fig. 4. Curva de módulo de pérdida (Mpa) de los snacks de manzana A, B y C (15 Hz).

Para el snack A los resultados obtenidos de las determinaciones de aporte nutricional muestran un aumento en la concentración de carbohidratos debido a la impregnación con azúcares y no presentan modificaciones significativas en la concentración de polifenoles (Tabla 3).

Tabla 3. Comparación de aporte nutricional de manzana verde fresca y el snack de manzana horneado A

	<i>Manzana verde fresca</i>	<i>Snack de manzana A</i>
<i>Proteínas (g)*</i>	0,46	0,25
<i>Carbohidratos totales (g)*</i>	6,85	13,12
<i>Polifenoles totales (mg)*</i>	4,75	5,65

*valores expresados en b.s

5. Conclusiones

La utilización de pretratamientos de impregnación con calcio y azúcares (maltodextrina y fructosa) permitió obtener un producto tipo snack libre de grasa con buena aceptabilidad por los consumidores. El uso de maltodextrinas permitió aumentar el contenido de sólidos sin afectar mayormente el sabor natural de la fruta fresca. Además por tratarse de un polisacárido de alto peso molecular generó corrimientos a valores mayores de transición vítrea respecto de la fruta fresca horneada sin agregado de azúcares, lo que se traduce en una mayor resistencia de la estructura a cambios de temperatura y humedad relativa.

6. Referencias

- Alzamora, S.M.; Salvatori, D.; Tapia, M.; López-Malo, A.; Welte-Chanes, J.; Fito, P. (2005). Novel functional foods from vegetable matrices impregnated with biologically active compounds. *Journal of Food Engineering*, 67: 205-2014.
- Azuara, E., Cortes, R., García, H.S, Beristain, C.I. (1992). Kinetic model for osmotic dehydration and its relationship with Fick's second law. *International Journal of Food Science and Technology*, 27: 239-242.
- González-Féslar, M., Salvatori, D., Gómez, P., Alzamora S.M. (2008). Convective air drying of apples as affected by blanching and calcium impregnation. *Journal of Food Engineering*. 87: 323–332.
- Kaymak–Ertekin, F., Sultanoglu, M. (2000). Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apples. *Journal of Food Engineering*. 46: 243-250.
- Lue-Lue Huang, Min Zhang, Arun S. Mujumdar, Rui-xin Lim (2011). Comparison of four drying methods for re-structured mixed potato with apple chips. *Journal of Food Engineering*. 103: 279-284.
- Ramos, I. N., Brandao, T. R. S., Silva, C. L. M. (2003). Structural changes during air drying of fruits and vegetables. *Food Science Technology International*, 9(3): 201–206.
- Sousa, M.; Canet, W.; Álvarez, 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: 9-21.
- Telis, V. R. N., Telis-Romero, J. (2005). Solids rheology for dehydrated food and biological materials. *Drying Technology*, 23: 759–780.