

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE SNACKS OBTENIDOS A PARTIR DE MANZANAS VERDES E ISOMALT

María José Tavera-Quiroz¹, Marina Urriza¹, Adriana Pinotti^{1,2}, Nora Bertola¹

1. RESUMEN

En el presente trabajo se analizaron las características físicas, químicas y sensoriales de *snacks* obtenidos a partir de manzanas verdes utilizando isomalt como azúcar de bajo índice glucémico, con menor aporte de calorías (2 Kcal/g) y no cariogénico. La solución de impregnación formulada con 20 % de isomalt y 10 % de maltodextrina dio como resultado el *snack* de manzana con mayor aceptabilidad en los atributos evaluados (color, sabor ácido, dulzor, textura). Para el *snack* obtenido con esta formulación el contenido de calcio fue de 25,1 mg/100 g_{cenizas} y el contenido de ácido ascórbico de 27 mg/g_{ms} mostrando valores superiores a los de la manzana fresca. Los *snacks* con isomalt presentaron valores de T_g más altos respecto al control horneado. Este producto podría ser una buena alternativa para mantener una dieta rica en calcio y antioxidantes como la vitamina C, sin agregar calorías a la dieta. Las isotermas de adsorción mostraron un patrón de comportamiento resistente a la higroscopicidad en las regiones de baja actividad acuosa. Resultados similares se encontraron para la textura (pérdida de crocancia) y la T_g.

2. INTRODUCCIÓN

Los polioles presentan ventajas potenciales sobre la sacarosa como ingredientes de alimentos, ya que producen una respuesta glucémica baja, siendo aptos para

CONTACTO: María José Tavera-Quiroz majotaqui83@gmail.com

1. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA), CONICET La Plata, Facultad de Ciencias Exactas.

2. Facultad de Ingeniería, UNLP, 47 y 116, La Plata (1900) Argentina.

diabéticos (Martínez-Cervera *et al.*, 2014). Además, son no cariogénicos ya que son escasamente metabolizados por los microorganismos orales (Ghosh y Sudha, 2012) y aportan menos calorías que la sacarosa. Olinger y Velasco (1996) sustituyendo el azúcar en productos horneados con lactitol, maltitol, isomalt, sorbitol y polidextrosa, describieron cambios favorables en la propagación de la reacción de Maillard. La isomaltulosa (6-O-0-D-glucopiranosil-D-fructofuranosa) se utiliza en varios productos alimenticios como un edulcorante nutritivo no cariogénico. Iso-malt, producido por la reducción de la isomaltulosa, es una mezcla equimolar de OD-glucopiranosil-1, 6-D-sorbitol y OD-glucopiranosil-1, 6-D-manitol. Una propiedad importante de isomalt es su capacidad para no absorber agua hasta alcanzar valores de actividad acuosa mayores que 0,85.

Las frutas constituyen un grupo de alimentos que actualmente recibe mucha atención de la población debido a sus propiedades saludables. Tienen un alto valor funcional y nutricional, son alimentos ricos en fibra, minerales, vitaminas y terpenos (Peinado *et al.*, 2013).

En este estudio se desarrolló un *snack* crocante a base de manzana verde con la adición de isomalt y maltodextrina y se evaluaron los cambios físicos, químicos y las propiedades sensoriales. Además se investigó la estabilidad del *snack* durante el almacenamiento y el acondicionamiento a diferentes humedades relativas. Un *snack* a base de fruta e isomalt puede ser una alternativa de consumo para aquellas personas que buscan disminuir su ingesta diaria de calorías y/o para diabéticos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

PREPARACIÓN DEL SNACK

Las manzanas *Granny Smith* fueron cortadas en rodajas de 2 ± 0.2 mm de espesor y 35 ± 1 mm de diámetro. Las muestras se sumergieron en una solución de lactato de calcio (grado alimenticio, Jungbunzlauer) al 2,5 % (p/v) durante 2 min y luego fueron sometidas a escaldado con vapor. Los discos de manzana obtenidos se sumergieron en soluciones acuosas de isomalt (I; Palatinit) y maltodextrina (M; grado alimenticio, Parafarm) al 30 % (p/v) y 2 % (p/v) de ácido ascórbico.

Los *snacks* se obtuvieron en un horno de convección forzada Multiequip HCE-3 a 140 °C durante 30 min. A los *snacks* obtenidos a partir de cada una de las formulaciones de I:M (1:1, 1:2 y 2:1) se les denominó Iso A, Iso B, Iso C, respectivamente.

ANÁLISIS DE LOS SNACKS OBTENIDOS CON LAS DISTINTAS FORMULACIONES DE I:M

La humedad se cuantificó mediante secado a vacío a 70 °C hasta pesada constante.

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 a una velocidad constante de 1 mm/s hasta la ruptura. El color superficial de las muestras se determinó con un colorímetro Minolta CR400 (Japón), obteniéndose los parámetros a^* y b^* y L^* . Se calculó el Índice de Pardeamiento (BI) que representa el color marrón (Jalae *et al.* 2011).

Las propiedades térmicas de cada uno de los *snacks* 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.

Evaluación sensorial

Un panel no entrenado de 50 miembros fue seleccionado entre consumidores habituales de *snacks*. Los atributos analizados fueron aceptabilidad general, color, textura, dulzor y sabor ácido usando una escala hedónica de 9 puntos para cada uno. Además, se pidió a los consumidores indicar la puntuación de cada muestra en una escala de 1 (no me gusta) a 9 (me gusta).

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DEL SNACK SELECCIONADO

Determinación del contenido de calcio

El contenido de calcio se determinó a partir de las cenizas usando un espectrofotómetro de absorción atómica AA 6200 (Shimadzu, Japón).

Contenido de carbohidratos y ácido ascórbico análisis por HPLC

La determinación del contenido de carbohidratos (glucosa, fructosa, sacarosa, isomalt) se realizó por HPLC en un equipo Waters modelo R-414 (Malasia) con detectores UV y de IR (índice de refracción) utilizando una columna amino iMicrosorb R0086700 (KNAUER, Alemania).

Para la determinación de ácido ascórbico (AA) se usó una columna C18 RP 5 mm de 150 mm-4.6 mm (WAT 045905, Irlanda) siguiendo un procedimiento de elución isocrática con detección a 245 nm.

Determinación de la capacidad antioxidante por DPPH

El análisis de la actividad antioxidante se llevó a cabo por el método de DPPH (Tavera-Quiroz *et al.*, 2014). Dos gramos de cada muestra, previamente congelado en nitrógeno líquido fueron triturados y mezclados con etanol bajo agitación constante; para realizar las mediciones se utilizó el sobrenadante obtenido de la centrifugación de la mezcla. Los resultados obtenidos se expresaron como % de inhibición del radical DPPH por la muestra analizada (I%).

Isotermas de sorción

Las isotermas de sorción se realizaron a 10, 20, 40 °C para el *snack* seleccionado. 1 g de *snack* se equilibró en diferentes atmósferas de LiCl, MgCl², K²CO³, NaCl, KCl y K²SO⁴, las cuales dan humedades relativas (RH) de 11, 33, 44, 75, 85 y 97 %, respectivamente. Una vez que las muestras alcanzaron el equilibrio se determinó el contenido de humedad, actividad acuosa, textura y propiedades térmicas. El modelo de GAB fue utilizado para correlacionar los datos obtenidos de las isotermas de adsorción.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANAVA) utilizando el programa Systat. Para los ensayos de comparación de medias se empleó el test LSD con $P < 0,05$. Análisis de componentes principales (PCA) se realizó con el software de versión 2009 Infostat (Córdoba, Argentina).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las propiedades fisicoquímicas de los *snacks* obtenidos se muestran en la Tabla 1. Se puede observar que el control horneado sin ningún tratamiento presenta un contenido de humedad aprox. 8 % (base seca). Después de los tratamientos previos con I: M, la humedad se redujo en promedio a 1,9 % (base seca). Los parámetros de color mostraron un menor desarrollo de caramelización en los *snacks* comparados con el control. Teniendo en cuenta el alto valor de BI obtenido para el control, se infiere que los pre-tratamientos tuvieron un efecto protector sobre el tejido de la manzana sometido a altas temperaturas. La Figura 1 muestra las curvas de fuerza-deformación para el control y el *snack* Iso C. Para el *snack* se observó una pen-

diente más abrupta y una curva conformada por varios picos de ruptura. El control mostró un patrón similar de fuerza pero con una curva suavizada sin la aparición de múltiples picos de ruptura. Múltiples caídas de la fuerza se relacionan con la crocancia (Vincent, 1998).

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES TÉRMICAS

Para la manzana fresca se encontró un valor de T_g de $-40\text{ }^\circ\text{C}$. A partir de los termogramas se obtuvo un valor de $11\text{ }^\circ\text{C}$ para el control y 75 , 102 y $68\text{ }^\circ\text{C}$ para Iso A, B y C. Estos resultados se correlacionaron con el contenido de humedad de las muestras. El uso de isomalt en combinación con maltodextrina llevó a obtener un producto más estable a temperatura ambiente, desplazando la T_g del *snack* a valores más altos y ampliando el rango de humedad relativa en la que puede mantener su calidad en términos de textura.

CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO (AA)

Los valores obtenidos de AA antes y después del horneado fueron: $1,07\text{ mgAA/g}_{\text{ms}}$ y $0,16\text{ mgAA/g}_{\text{ms}}$ para el control y un promedio de $53,5\text{ mgAA/g}_{\text{ms}}$ y $25\text{ mgAA/g}_{\text{ms}}$ para los *snacks*. La adición de AA a los discos de manzana promovió efectos beneficiosos ya que el porcentaje de AA retenido en los *snacks* fue aproximadamente un 50 % más que para la fruta horneada sin tratamiento. Una porción de 20 g de *snack* formulado con isomalt cubriría requerimientos exigentes de AA según la Ingesta Diaria Recomendada (RDA).

ANÁLISIS SENSORIAL

Para todos los atributos analizados los *snacks* obtuvieron puntuaciones más altas en relación con los atributos del control horneado a $140\text{ }^\circ\text{C}$. Los panelistas otorgaron puntuaciones muy bajas a este control, debido al gran desarrollo de la reacción de caramelización (Figura 2 y Tabla 1). Por esta razón, la comparación también se llevó a cabo con los discos de manzana horneados a $100\text{ }^\circ\text{C}$ como un control secundario. Los panelistas no encontraron diferencias significativas entre los *snacks* evaluados ($p > 0,05$) (Tabla 2). Teniendo en cuenta que para todos los atributos los consumidores no encontraron diferencias y un mayor contenido de isomalt en la formulación mejoraría las propiedades higroscópicas, se seleccionó el *snack* Iso C para análisis posteriores.

PCA DE DATOS SENSORIALES E INSTRUMENTAL

Como se puede observar, PC1 y PC2 explican el 78 y 22 % de la varianza, respectivamente (Figura 3a). PC1 representa el 99 % de la apariencia, color y dulzura y 98 % de sabor ácido, mientras que PC2 corresponde 99 % de la textura. Iso C se ubicó a la derecha, lo que indica que este *snack* obtuvo la calificación más alta en los atributos evaluados. Dado que el control horneado a 140 °C recibió puntuaciones bajas en todos los atributos excepto en textura, su ubicación fue opuesta a los *snacks*. En la Figura 3b se observa la relación entre los parámetros instrumentales y los *snacks*. El control se interpretó mejor en términos de humedad, a^* y a_w mientras que todos los *snacks* se ubicaron opuestos a estos atributos.

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DEL SNACK ISO C

El contenido de calcio del *snack* Iso C resultó ser de $216,5 \pm 5 \text{ mg}_{\text{Ca}} / 100\text{g}_{\text{ms}}$. Los valores obtenidos para el contenido de carbohidratos fueron $0,20 \text{ g}_{\text{isomalt}} / \text{g}_{\text{ms}}$, $0,17 \text{ g}_{\text{fructosa}} / \text{g}_{\text{ms}}$, $0,06 \text{ g}_{\text{glucosa}} / \text{g}_{\text{ms}}$ y $0,02 \text{ g}_{\text{sacarosa}} / \text{g}_{\text{ms}}$. Los resultados obtenidos por DPPH demostraron una alta actividad antioxidante que corresponde a una reducción del 95 % de DPPH radical para una concentración de 80,5 mg/ ml del extracto.

El contenido de humedad del *snack* Iso C aumentó continuamente durante el período de almacenamiento y el contenido de AA permaneció constante hasta 120 días.

ISOTERMA DE SORCIÓN

Las isotermas de adsorción se correspondieron con el tipo III, característico de materiales con alto contenido de azúcar (Romano *et al.*, 2014), mostrando un patrón de comportamiento resistente en regiones de baja a_w (Figura 4). Las curvas no mostraron diferencias significativas para 10, 20 y 40 °C. Una vez que el *snack* alcanzó la humedad de equilibrio se evaluó la textura en cada HR. Como puede verse en la Figura 5, cuando se alcanzó el 44 % de HR, el *snack* perdió la calidad en términos de textura. Con el aumento de HR, los picos de fusión se desplazaron hacia temperaturas más altas y se obtuvieron mayores valores de entalpía (Figura 6a). Además, se observó una ligera disminución de la T_g (Figura 6b). Estos resultados se correlacionaron con las curvas de textura, lo que indica que un colapso de la estructura se produjo como consecuencia de la absorción de agua por los *snacks* durante el almacenamiento.

5. CONCLUSIONES

Se desarrolló un *snack* a partir de manzana con buenas propiedades en términos de textura, color y sabor con la adición de calcio, maltodextrina e isomalt, sin grasa o sodio añadido y con buena aceptación por parte de los consumidores. La presencia de isomalt permitió el horneado a altas temperaturas durante un corto tiempo sin detrimento de la calidad organoléptica y nutricional. Este es un producto innovador dado que aún no se ha utilizado isomalt en la formulación de *snacks*.

6. REFERENCIAS

- GHOSH, S., Sudha, M. L. (2012). A review on polyols: new frontiers for health-based bakery products. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(3), 372–379.
- JALAEI, F., Fazeli, A., Fatemian, H., Tavakolipour, H. (2011). Mass transfer coefficient and the characteristics of coated apples in osmotic dehydrating. *Food and Bioprocess Processing*, 89, 367–374.
- MARTÍNEZ-CERVERA, S., Salvador, A., Sanz, T. (2014). Comparison of different polyols as total sucrose replacers in muffins: Thermal, rheological, texture and acceptability properties. *Food Hydrocolloids*, 35 (2014) 1-8.
- OLINGER, P.M., Velasco, V.S. (1996). Opportunities and advantages of sugar replacement. *Cereal Foods World*, 41 (3), 110-117.
- PEINADO I., Rosa E., Heredia A., Escriche, I., Andrés A. (2013) Influence of processing on the volatile profile of strawberry spreads made with isomaltulose. *Food Chemistry*, 138, 621–629.
- ROMANO, N., Tavera-Quiroz, M.J., Bertola, N., Mobili, P., Pinotti, A., Gómez-Zavaglia, A. (2014). Edible methylcellulose-based films containing fructo-oligosaccharides as vehicles for lactic acid bacteria.
- FOOD RESEARCH INTERNATIONAL, 64, 560–566.
- TAVERA-QUIROZ, M.J., Urriza, M., Pinotti, A., Bertola, N. (2014). Development and characterization of a baked snack from rings of green apples. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 2218-2227.
- VINCENT, J. F. (1998). The quantification of crispness. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 78, 162–168.

7. TABLAS Y FIGURAS

TABLA 1. Propiedades físicas de los *snacks* obtenidos por horneado a 140 °C

Snack	Humedad (g _{agua} /100g _{ms})	Fuerza máxima en la ruptura (N)	L	a*	b*	BI
Control 140 °C	7.75b	0.95a	52.04b	10.53c	27.48c	86.42d
Iso A	2.21a	1.25a	66.01a	2.31a	20.83a	42.52a
Iso B	1.89a	2.04b	59.56a	0.78b	15.27b	29.56b
Iso C	1.78a	1.04a	64.91a	3.03a	21.60a	39.19c

^{a,b} Letras diferentes indican diferencias significativas

TABLA 2. Resultados obtenidos de la evaluación sensorial para los *snacks* y el control obtenidos por horneado y el control

SNACK	ACEPTABILIDAD	SABOR ÁCIDO	DULZOR	COLOR	TEXTURA	PUNTAJE
Control 140 °C	2.4c	2.3c	2.1c	1.2b	6.8a	1.4c
Iso A	6.2a	5.9a	5.5a	6.6a	7.1a	6.8a
Iso B	6.5a	6.5a	5.9a	6.5a	7.0a	7.0a
Iso C	6.8a	6.3a	6.3a	6.8a	7.0a	7.1a
Control 100 °C	5.8b	5.4b	6.4a	6.4a	4.7b	5.7b

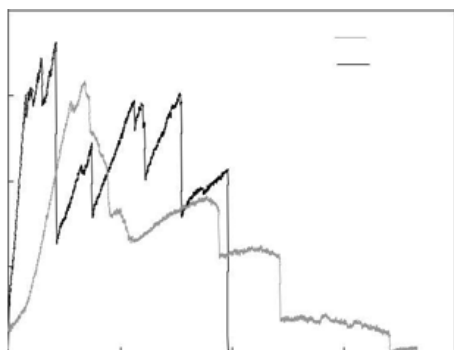


FIGURA 1. Curvas de textura del snack Iso C y control a 140 °C

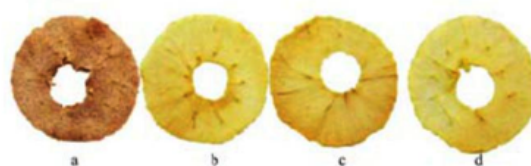


FIGURA 2. a) Control y Snacks horneados con I: M: b) Iso A, c) Iso b, d) Iso C

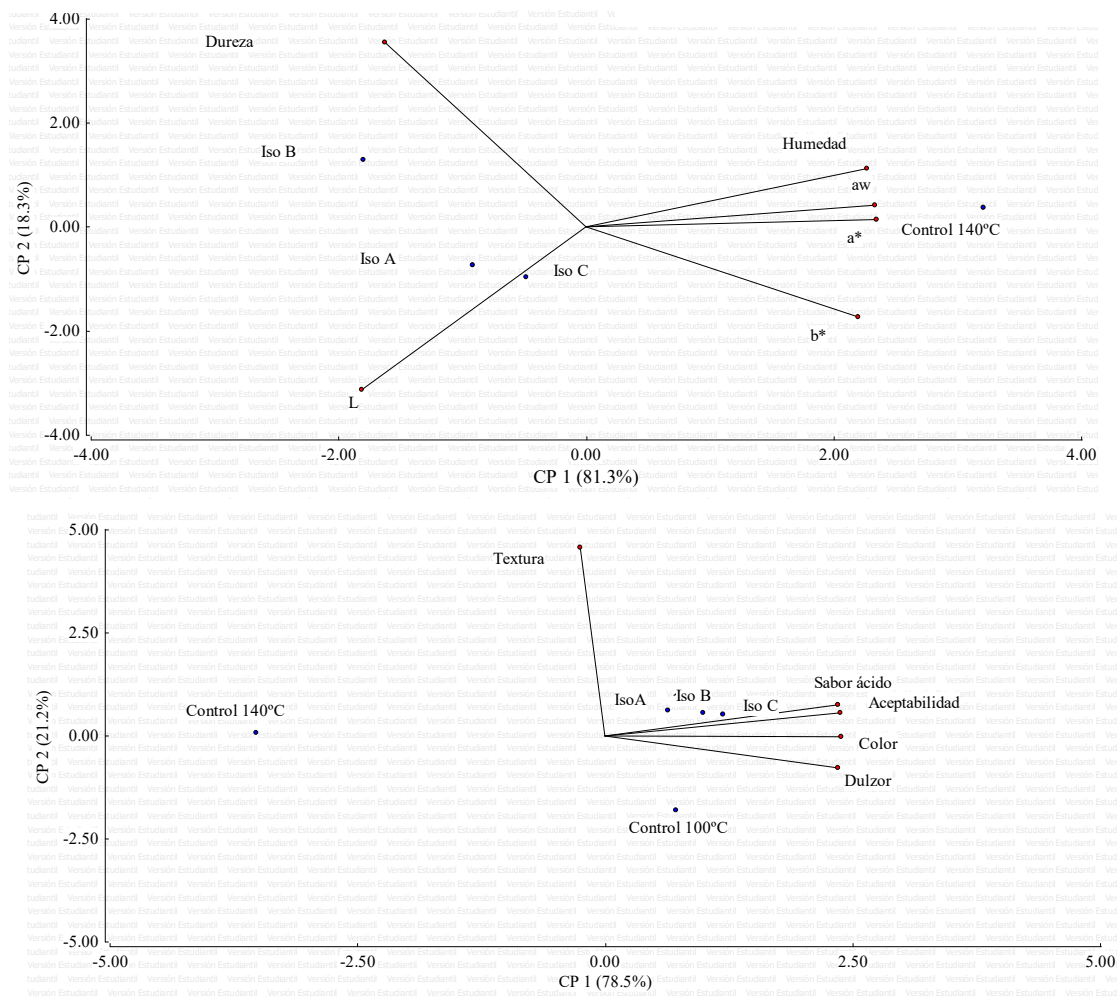


FIGURA 3. Análisis de componentes principales (PCA) de: a) parámetros sensoriales y b) parámetros instrumentales utilizados para snacks tratados con diferentes I:M

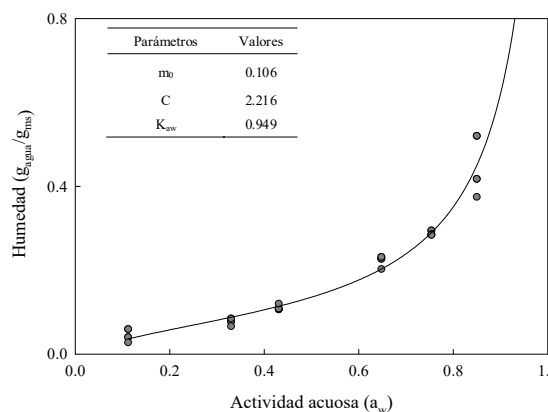


FIGURA 4. Isotherma de sorción del snack Iso C, a 10, 20 y 40 °C. Datos predichos por el modelo de GAB (—)

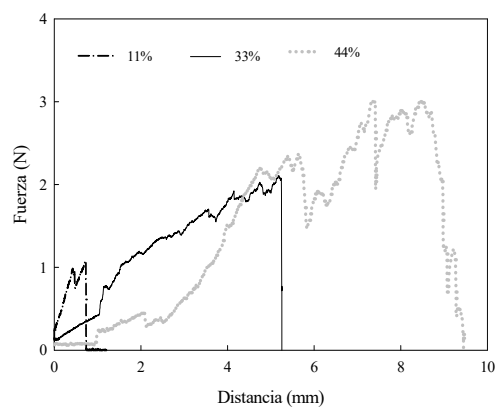


FIGURA 5. Curvas de fuerza-distancia del snack Iso C acondicionado a diferentes HR

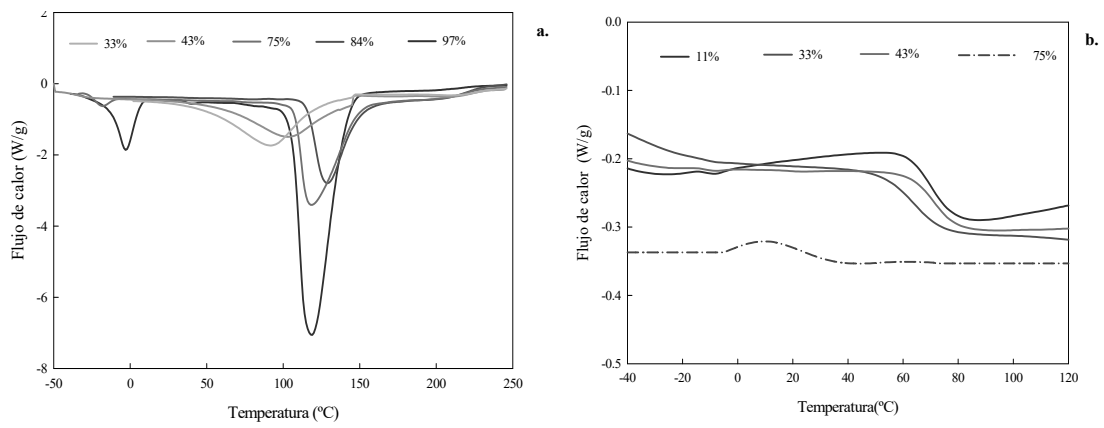


FIGURA 6. Termogramas de DSC del snack acondicionado a distintas HR: a) Entalpía de fusión obtenidas en el primer scan; b) Temperaturas de transición vítrea obtenidas del 2º scan.