

# Variación de las características de formulaciones con edulcorantes similares a las de caramelos duros de bajas calorías con el contenido de agua

Celeghin, A. G<sup>1</sup>.; Rubiolo, A. C<sup>2</sup>

1- Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas – Paraje el Pozo – Santa Fe.

2- Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química – Güemes 3450 – Santa Fe

**RESUMEN:** En la fabricación de caramelos duros de bajas calorías la isomaltosa con el jarabe de maltitol constituyen un sistema de edulcorantes que sustituyen la sacarosa y el jarabe de glucosa.

Se estudiaron mezclas de estos compuestos en estado amorfo determinando los cambios de la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) con la actividad de agua ( $a_w$ ), el agregado de un polímero y la temperatura de almacenamiento (T).

Las mezclas fueron equilibradas en recipientes cerrados con desecante, sulfato de calcio DRIERITE<sup>TM</sup> y con soluciones salinas saturadas de  $KCH_3COO$ ,  $K_2CO_3$  y NaBr, para conseguir  $a_w$  0, 0.22, 0.43 y 0.57 respectivamente, determinando el contenido de humedad luego de 20 días a 25°C (298 K) y a 35°C (308 K).

La  $T_g$  se determinó por calorimetría diferencial de barrido (DSC) detectando el cambio de la capacidad calorífica ( $C_p$ ).

Las isothermas de adsorción de las mezclas con isomaltosa y jarabe de maltitol mostraron que el contenido de humedad aumentó a mayores  $a_w$  y mayores temperaturas, pero a valores de  $a_w$  entre 0.3-0.4 mostraron un cruzamiento con el incremento de T, registrando una disminución en el contenido de agua.

Las muestras con el agregado de maltodextrina disminuyeron la adsorción de humedad y presentaron mayor estabilidad con valores más altos de  $T_g$  por lo que la diferencia  $T - T_g$  es más favorable.

**Palabras claves:** jarabe de maltitol, isomaltosa, maltodextrina, temperatura de transición vítrea, isothermas de adsorción, actividad de agua.

**SUMMARY:** Changes in the characteristics of sweetener-containing formulations similar to low-calory hard candies with water content. Celeghin, A.G.; Rubiolo, A.C.. Isomaltose and maltitol syrup are used for the substitution of sucrose and corn syrup in low-calory hard candies. Changes in glass transition temperature ( $T_g$ ) with water activities ( $a_w$ ), addition of polymer and storage temperature (T) of sugar products in amorphous free state were studied.

Samples were maintained in desiccators with  $CaSO_4$ , DRIERITE<sup>TM</sup> and equilibrated in desiccators containing saturated saline solutions of  $KCH_3COO$ ,  $K_2CO_3$  and NaBr, corresponding to 0, 0.22, 0.43 and 0.57  $a_w$ s respectively, and moisture after 20 days at 25°C (298K) and 35°C (308K) was determined.

$T_g$  is characterized by a change in the heating capacity, which allows its determination for differential scanning calorimetry (DSC). The moisture sorption isotherms of samples containing isomaltose and maltitol syrup showed moisture to increase with increasing  $a_w$  and temperature but at  $a_w$  values between 0.3-0.4 there was a crossing between isotherms with increasing T. Moisture content of samples decreased. The presence of maltodextrin in samples decreased moisture sorption; as a result, it was possible to increase the difference between  $T - T_g$ , higher stability during storage being attained.

**Keywords:** maltitol syrup, isomaltose, maltodextrin, glass transition temperature ( $T_g$ ), moisture sorption isotherms, water activity.

---

## \*Correspondencias:

Tel 0342-4575206.

E-mail: celeghin@fbc.unl.edu.ar

Tel 0342-4559174 – Fax 4550944.

E-mail: arubiolo@intec.unl.edu.ar

## Introducción

La mayoría de los sistemas alimenticios azucarados a temperatura por debajo de la temperatura de fusión del sólido ( $T_f$ ), se presentan en estado vítreo, el cual está definido como un sólido amorfo, no cristalino. De esta forma los hidratos de carbono en el estado amorfo presentan propiedades físicas dependientes del tiempo y temperatura que afectan la estabilidad de los alimentos (Roos y Karel, 1991a). En consecuencia la historia térmica del procesamiento y almacenamiento de los alimentos influye sobre el estado físico y sus características.

El cambio de estado vítreo (sólido) a gomoso (líquido) se observa a partir de una temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ), cuyo valor permite analizar no solo el estado de la sustancia en las condiciones de conservación, sino también la velocidad con que se llevará a cabo la modificación, dado que la misma está relacionada con la diferencia entre la temperatura de almacenamiento ( $T$ ) y la  $T_g$  (Celegin y Rubiolo, 2002).

Autores como Peleg, 1993 (citado por Burin, 2001), si bien sugieren que no siempre los valores de  $T_g$  son razonables para determinar el comportamiento observado experimentalmente, sin embargo es útil en sistemas con predominio de componentes azucarados.

La determinación experimental de estas transiciones de fase denominadas de segundo orden no presentan un calor latente, pero muestran una discontinuidad en la derivada segunda de la energía de Gibbs con respecto a la temperatura, por lo que ocurre una discontinuidad en un rango de temperatura aproximadamente de 10°C en la variación de la capacidad calorífica ( $\Delta C_p$ ) (Celegin y Rubiolo, 2002).

La  $T_g$  se considera como la temperatura de comienzo de la variación de la capacidad calorífica, lo que permite que sea determinada a través de una técnica calorimétrica: calorimetría diferencial de barrido (DSC) (Lovric y col., 1987; Ablett y col., 1993; Roos, 1995; Bell y Touma, 1996; Sereno y col., 2000). De esta forma la transición vítrea representa el cambio en la capacidad calorífica que se observa en los termogramas de las muestras al graficar el flujo de calor en función de la temperatura.

Un material amorfo se transforma en un líquido gomoso en función de la diferencia entre ( $T - T_g$ ),

ocurriendo cuando es pequeña y/o positiva. Aumentando  $T$  ó disminuyendo la  $T_g$  (Roos y Karel, 1991b), se acelera la pérdida de la estabilidad durante el procesamiento y almacenamiento de los sistemas alimenticios que afectan las propiedades mecánicas.

En el caso de alimentos, específicamente en caramelos duros, se vuelven pegajosos, que es una tendencia del material a adherirse a una superficie similar ó diferente.

Además, esta característica también se presenta con la incorporación del plastificante en las estructuras amorfas que conduce a una rápida disminución de la  $T_g$  al incrementar el contenido de agua (Burin, 2001).

Los polímeros alimenticios son termoplásticos por lo que el agua interviene en su plastificación. Por eso es importante conocer el comportamiento de adsorción de agua de los alimentos y de sus componentes mediante el cálculo de las isoterms de adsorción.

Las isoterms de adsorción son las representaciones que interrelacionan el contenido de agua con la actividad de agua del alimento a temperatura constante.

Su aplicación permite calcular el contenido de humedad "monocapa" del alimento que representa la cantidad de agua necesaria para formar una capa de moléculas de agua cuyo espesor es el de una molécula sobre la superficie de adsorción de la materia seca, es decir, corresponde a la cantidad máxima de agua que puede estar muy fuertemente ligada a la materia seca, y proporciona una buena estimación del contenido de agua inicial responsable de la mayor estabilidad de un producto seco (Fennema, 1993).

Dentro de los sistemas alimenticios, las confecciones de caramelos representan uno de los productos más versátiles de la industria de dulces, (Ruan y col., 1999; Chung y Col., 1999). Su elaboración requiere, además de la aceptabilidad del consumidor, la estabilidad del producto mediante la variación de la relación entre los componentes o agregado de otras sustancias azucaradas para obtener un sólido en estado vítreo cuya  $T_g$  sea adecuada y lograr una ( $T - T_g$ ) < 0, en el procesamiento y almacenamiento.

Como compuestos básicos de los caramelos (Código Alimentario Argentino, 1982), además de sacarosa se utiliza jarabe de glucosa que son prepa-

rados obtenidos por hidrólisis incompleta del almidón de maíz. El jarabe consiste en una mezcla de dextrosa, maltosa y polímeros de dextrosa (D-glucosa). Estos componentes son responsables del sabor dulce y actúan como espesantes y conservantes, interviniendo con el agua en las características de textura y humedad de los caramelos duros.

El sistema de edulcorantes empleado como sustituyentes de azúcares debe alcanzar un balance entre dulzura, cristalización, y acariogenicidad, al mismo tiempo que retenga las propiedades plastificantes que son de importancia en la elaboración de productos pobres en azúcar. Como individualmente ningún sustituto cumple estas condiciones, se recurre al empleo simultáneo de dos o más tipos de edulcorantes.

Durante la última década han aparecido los oligosacáridos como ingredientes alimentarios sustitutos del azúcar; los no metabolizables son: fructooligosacáridos, galactooligosacáridos y oligofructosa, y los nutritivos son los polioles (alcoholes de azúcares).

El estado sólido amorfo metaestable de los productos libres de azúcar es más higroscópico que los sistemas azucarados tradicionales y en consecuencia menos estable durante el almacenamiento.

El objetivo de este estudio es conocer los distintos contenidos de humedad a distintas actividades de agua y los valores de la Tg en formulaciones similares a las utilizadas en caramelos duros de bajas calorías a diferentes temperaturas y composiciones, para estimar la estabilidad de las distintas mezclas.

## Modelos de predicción

La predicción de la Tg de los sistemas azucarados es posible realizarla mediante las ecuaciones de COUCHMAN y KARASZ (1978) ampliada por KALICHEVSKY y BLANSHARD (1992) (ecuación 1) para mezclas ternarias de agua, amilopectina y caseína y de GORDON y TAYLOR (1952) modificada por ROOS (1993) (ecuación 2). En el modelo de Gordon y Taylor el parámetro  $k$  se define termodinámicamente como la relación entre el cambio en la capacidad calorífica del agua durante su transición vítrea,  $\Delta C_p$ , y la correspondiente al otro componente seco,  $\Delta C_{p_2}$ ,  $\Delta C_{p_3}$ .

Roos (1993) logró una relación lineal al graficar los valores de  $k$  y Tg de varios carbohidratos anhidros y la ecuación obtenida por regresión lineal permite predecir la constante  $k$ :

$$Tg = \frac{w_1 \Delta C_{p_1} Tg_1 + w_2 \Delta C_{p_2} Tg_2 + w_3 \Delta C_{p_3} Tg_3}{w_1 \Delta C_{p_1} + w_2 \Delta C_{p_2} + w_3 \Delta C_{p_3}} \quad (1)$$

$$Tg = \frac{w_1 Tg_1 + kw_2 Tg_2 + kw_3 Tg_3}{w_1 + kw_2 + kw_3} \quad (2)$$

donde:

$w$ : fracción másica de los componentes  
 $\Delta C_p$ : variación de la capacidad calorífica específica de cada componente durante la transición vítrea.

$k = 0.0293Tg_{h.c.a.} (^\circ C) + 3.61$

1: agua, 2 y 3: componentes sólidos

subíndice h.c.a.: hidratos de carbono anhidro

Para determinar la ecuación de predicción de mejor aproximación a los valores experimentales de Tg, se calculó el porcentaje de error relativo medio (%E) definido como (Khalloufi, S. y col., 2000):

$$\% E = \frac{100}{N} \sum \frac{|y_{exp} - y_{pre}|}{y_{exp}} \quad (3)$$

donde  $y_{exp}$  es el valor de Tg experimental,  $y_{pre}$  es el valor calculado con las ecuaciones 1 y 2, y  $N$  es el número de muestras usadas.

La determinación del valor de la monocapa puede hacerse siguiendo el modelo propuesto por Brunauer-Emmett-Teller (BET) dentro de un rango de  $a_w$  de 0.1 a 0.5 (Roos, 1995; Fennema, 1993):

$$\frac{a_w}{m(1-a_w)} = \frac{1}{m_1 C} + \frac{C-1}{m_1 C} a_w \quad (4)$$

en la cual  $a_w$  es la actividad del agua,  $m$  el contenido de agua (g de agua por g de material seco),  $m_1$  el valor de la monocapa y  $C$  es una constante.

La ecuación (4) es la de una recta que con datos experimentales de  $a_w/m(1-a_w)$  para distintos

valores de  $a_w$ , permite obtener la ordenada de origen  $1/m, C$  que se utiliza con el valor de la pendiente para calcular  $C$  y luego  $m$ .

## Materiales y Métodos

Las formulaciones de los sistemas azucarados se prepararon empleando Jarabe de Maltitol 75% (P/P); Isomaltosa 99,5% de uso comercial (ARCOR, Arroyito, Córdoba, Argentina), Maltrina 15, 15% de conversión (Glutal S.A., Esperanza, Santa Fe, Argentina) y agua destilada.

Las muestras en estado vítreo de los componentes puros, se obtuvieron para cada uno de los mismos, preparando por duplicado soluciones al 20% con agua destilada. Una alícuota de 1 ml se colocó en un tubo Ependorff y se sumergió por 30-45 segundos en aire líquido para luego liofilizarla por 72 horas en un liofilizador HETO, FD 2.5 con un sistema de enfriamiento a  $-40^\circ\text{C}$  y a una presión de 0.07 mbar.

Las muestras se colocaron en desecadores con desecante, sulfato de calcio DRIERITE<sup>MT</sup> (W.A. Hammond Drierite Company LTD., U.S.A.) y con soluciones salinas saturadas de  $\text{KCH}_3\text{COO}$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$  y  $\text{NaBr}$  para conseguir las actividades de agua 0, 0.22; 0.43 y 0.57 respectivamente, durante 20 días a  $25^\circ\text{C}$  (298 K) y  $35^\circ\text{C}$  (308 K).

Los componentes azucarados se mezclaron a temperatura ambiente y luego calentando hasta  $130^\circ\text{C}$  y cocinando durante 10-12 minutos hasta que la preparación tomó un color ligeramente marrón claro. Una vez que la temperatura descendió por debajo de  $100^\circ\text{C}$  se esparció sobre un papel de aluminio hasta alcanzar la temperatura ambiente.

Luego se lo pulverizó en mortero, se colocó en tubos Ependorff y se sumergió en aire líquido durante 30-45 segundos, para su posterior liofilización durante 72 horas. Se retiraron del liofilizador y se colocaron en desecador con DRIERITE<sup>MT</sup> y en soluciones salinas saturadas de  $\text{KCH}_3\text{COO}$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$  y  $\text{NaBr}$  durante 20 días a  $25^\circ\text{C}$  y  $35^\circ\text{C}$ . El contenido de humedad de los sistemas se determinó gravimétricamente, una vez alcanzado el peso constante, por pérdida o ganancia de peso, luego de 20 días de almacenamiento.

Las determinaciones de la Tg se hicieron por duplicado, colocando las muestras en cápsulas de aluminio herméticamente cerradas de 40 ml. Se utilizó un DSC 821e (METTLER TOLEDO, Greifensee,

Suiza) y se analizaron rangos desde  $-50^\circ\text{C}$  a  $120^\circ\text{C}$ , a una velocidad de  $10^\circ\text{C}/\text{min.}$ , empleando un flujo de nitrógeno seco ( $20\text{ml}/\text{min.}$ ) para evitar la condensación de humedad del aire. Una cápsula de aluminio vacía fue usada como referencia.

## Resultados y conclusiones

En la tabla 1 aparece la composición inicial de las mezclas con edulcorantes ensayadas. En la tabla 2 se muestran los valores de los contenidos de agua de cada mezcla luego de 20 días de almacenamiento. En la tabla 3 se observa el efecto de la  $a_w$ , temperatura y tiempo sobre las mismas. El aumento de  $a_w$  produjo una disminución de la Tg de las sustancias puras y de las mezclas azucaradas por el efecto plastificante del agua a iguales condiciones de almacenamiento. Las muestras con agregado de maltodextrina presentaron una mayor Tg, esto indica que la sustitución parcial de isomaltosa y del jarabe de maltitol por maltodextrina mejora la estabilidad de la muestra, ya que reduce la velocidad de cristalización de las sustancias al aumentar la Tg. De esta forma el efecto estabilizante de los aditivos oligoméricos ó poliméricos en formulaciones azucaradas depende de la proporción y características del componente sustituido.

El efecto plastificante provocado por el contenido de humedad durante el tiempo de almacenamiento incrementó la movilidad molecular con disminución de la Tg de las estructuras amorfas. Estas estructuras vítreas absorbieron mayor cantidad de agua y aumentaron la velocidad de transformación al disminuir  $T - T_g$ .

En la figura 1 los termogramas típicos, del jarabe de maltitol a 298 K (Fig. 1a) y 308 K (Fig. 1b) a distintas actividades de agua; y en la figura 2 los termogramas correspondientes a la mezcla 2, a 298 K (Fig. 2a) y 308 K (Fig. 2b) muestran la disminución de la Tg con el ingreso de agua al material.

En la predicción de la Tg de las mezclas se emplearon diferentes valores que figuran en la bibliografía de Tg y  $\Delta C_p$  del agua. Los más usados son los obtenidos del vapor de agua condensado (Kalichevsky y col., 1992) de 134 K y  $1.94 \text{ J.g}^{-1}.\text{K}^{-1}$ , respectivamente. Los valores varían según la forma de la determinación debido a la dificultad en su reproducibilidad, ya que el estado sólido amorfo del

agua es cinéticamente inestable en el proceso de enfriamiento.

De acuerdo a las velocidades de calentamiento se obtuvieron datos de  $T_g$  del agua en el rango de 130-145 K y valores de  $\Delta C_p$  desde 0.11 a 1.94 J.g<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup> (Roos, 1995).

Para la velocidad de calentamiento de 10°C/min de este trabajo es empleado el valor de 134 K en los cálculos de los diferentes  $\Delta C_p$ .

Con la aplicación de la ecuación (3) al modelo de predicción (1), se obtuvieron %E = 3.36 y %E = 4.30 para las mezclas almacenadas a 298K y 308K, respectivamente; y del modelo de predicción (2), se obtuvieron %E = 15.64 y %E = 13.54 para las mismas mezclas almacenadas a 298K y 308K, logrando una mejor aproximación a los valores de  $T_g$  experimentales con la ecuación de Kalichevsky y Blanshard, como se observa con los valores representados en la figura 3 (a y b). La ecuación 2 (si bien tuvo mayor error) requiere menor información ya que no es necesario el valor de  $\Delta C_p$  de los componentes puros.

La  $a_w$  factor que está estrechamente relacionado con la estabilidad de los alimentos varía con la temperatura, por lo tanto las isothermas de absorción de humedad dependen de la temperatura de almacenamiento.

En las figuras 4, 5, 6, 7 y 8 se muestran las isothermas de adsorción de isomaltosa, jarabe de maltitol y de las tres mezclas azucaradas en donde es posible observar como varía el contenido de humedad con la actividad de agua y la composición.

La isomaltosa aumentó su contenido de humedad con el incremento en la  $a_w$  a temperatura constante y disminuyó la adsorción de agua con el aumento de la temperatura a una misma  $a_w$ .

La cristalización de la isomaltosa durante el almacenamiento es el defecto más importante que presentan los caramelos duros confeccionados con éste edulcorante, el agregado de aditivos no siempre inhibe la cristalización, sino que puede favorecer el crecimiento del cristal. Según el trabajo realizado por Raudonus, J. y col., 2000, hasta un 10 % de aditivo polimérico hace que el material permanezca seco, pero por encima del 30% la superficie de la muestra se humedece.

**Tabla 1:** Composición de las mezclas azucaradas en % base seca

Sustancia	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3
jarabe de maltitol	11.69	11.69	5.87
isomaltosa	88.31	64.93	88.31
maltodextrina	0	23.38	5.82

**Tabla 2:** Contenido de humedad (g. de agua en 100 g. de sólidos), a distintas actividades de agua y temperaturas

T(K)	$a_w$	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3
298	0.00	0.17	0.20	0.16
	0.22	2.34	1.46	1.65
	0.43	9.22	7.59	7.39
	0.57	14.17	8.51	8.54
308	0.00	0.39	0.75	0.74
	0.22	M.D.	2.23	1.63
	0.43	9.66	6.13	7.89
	0.57	12.85	8.33	8.23

M.D.: muestra desechada por hidratación de la solución salina

**Tabla 3:** Variación de la temperatura de transición vítreo de las muestras luego de 20 días de almacenamiento.

Muestra	D cp	Temperatura de almacenamiento							
		298 K			308 K				
		$a_w = 0$	$a_w = 0.22$	$a_w = 0.43$	$a_w = 0.57$	$a_w = 0$	$a_w = 0.22$	$a_w = 0.43$	$a_w = 0.57$
Isomaltosa	0.5329	326.29	299.03	287.20	N.D.	315.55	300.19	N.D.	N.D.
Jarabe de Maltitol	0.4458	322.11	295.02	272.57	254.55	308.06	295.57	266.63	252.39
Mezcla 1(*)	0.5582	313.37	310.20	258.25	240.31	303.16	294.15	256.01	242.5
Mezcla 2(*)	0.7467	337.79	306.60	278.48	267.05	339.79	305.60	284.45	272.5
Mezcla 3(*)	0.7544	335.41	300.24	272.06	N.D.	315.54	303.93	265.74	256.53

N.D.: no se detectó transición (ya están gomosos)

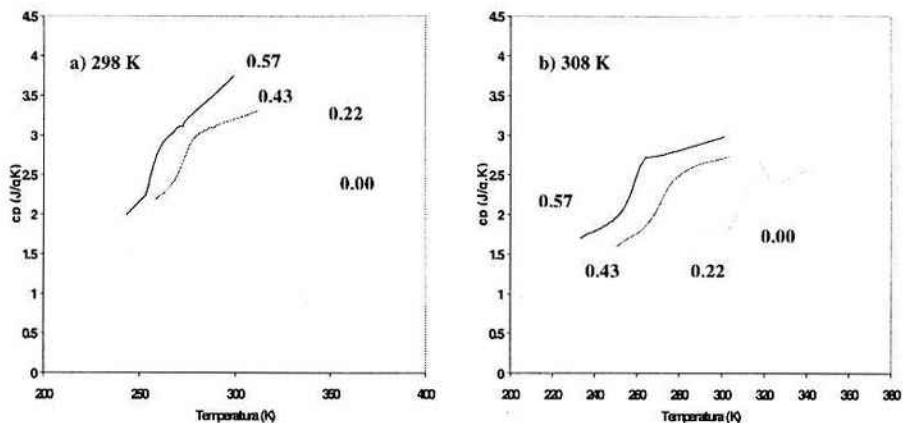
$\Delta cp$ : variación de la capacidad calorífica específica ( $J \cdot g^{-1} \cdot K^{-1}$ )

(\*): composición en base seca indicada en Tabla 1

**Tabla 4:** Valores de monocapa (g/g sólidos) según el modelo de BET a diferentes temperaturas de almacenamiento

Muestra	298 K	308 K
Isomaltosa	0.0300	0.0251
Jarabe de maltitol	0.0436	0.0370
Mezcla 1	0.0457	0.0552
Mezcla 2	0.0398	0.0361
Mezcla 3	0.0394	0.0390

**Figura 1:** Influencia del contenido de humedad en termogramas de Jarabe de maltitol a diferentes humedades relativas y temperaturas de almacenamiento



**Figura 2:** Influencia del contenido de humedad en termogramas de la Mezcla 2 a diferentes humedades relativas y temperaturas de almacenamiento.

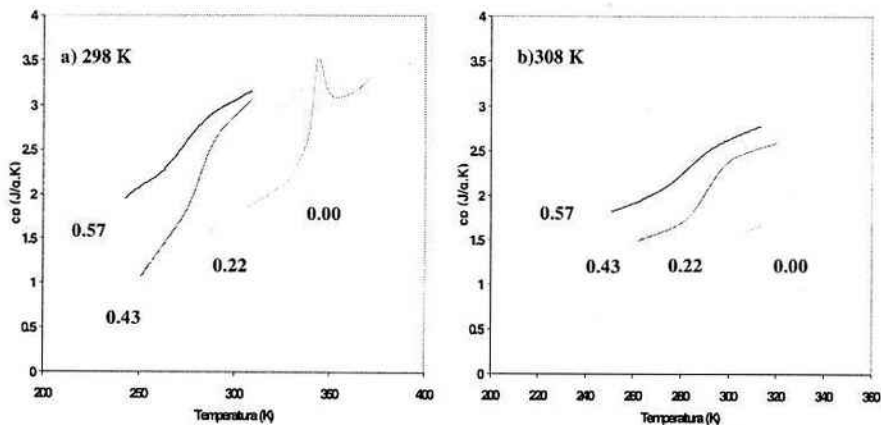




Figura 3.a.: Variación de Tg experimental y predicha de las Mezclas a 298 K con diferentes contenidos de humedad.

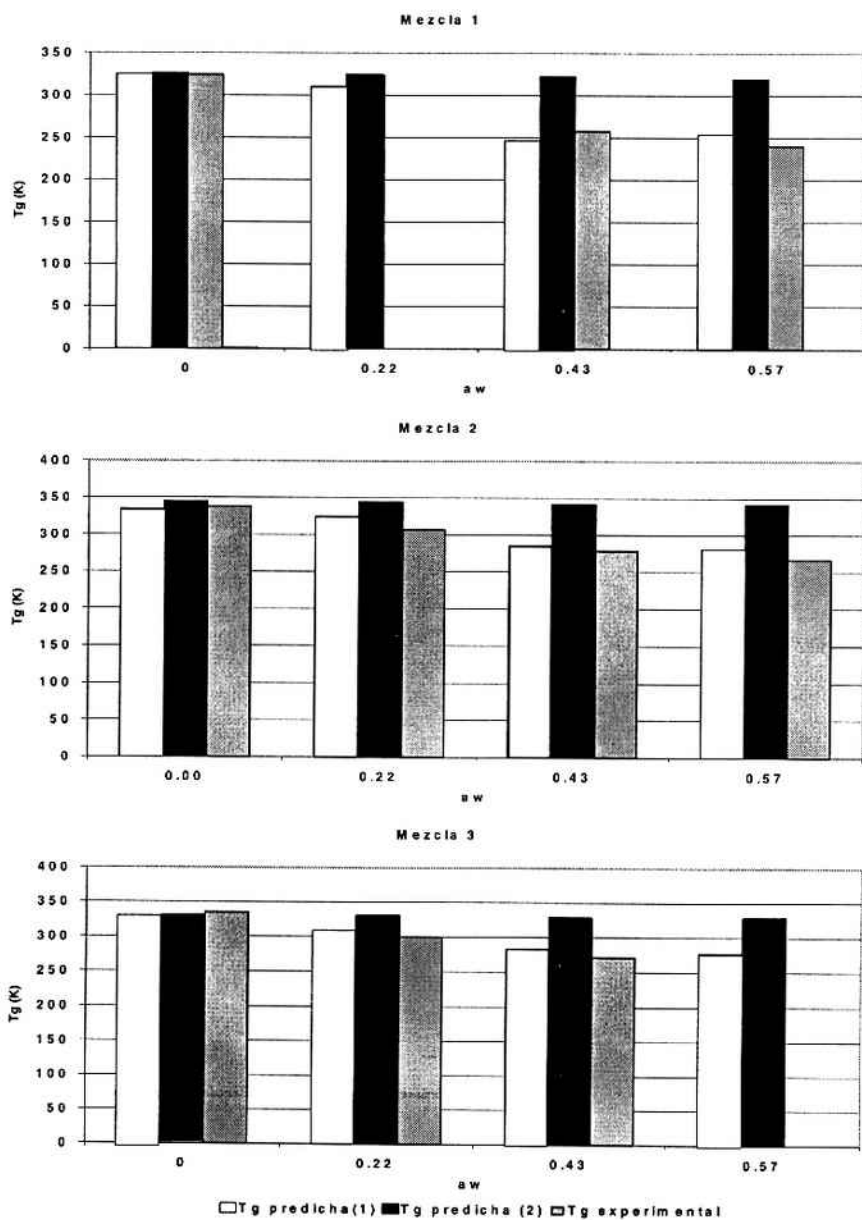




Figura 3.b.: Variación de Tg experimental y predicha de las Mezclas a 308 K con diferentes contenidos de humedad.

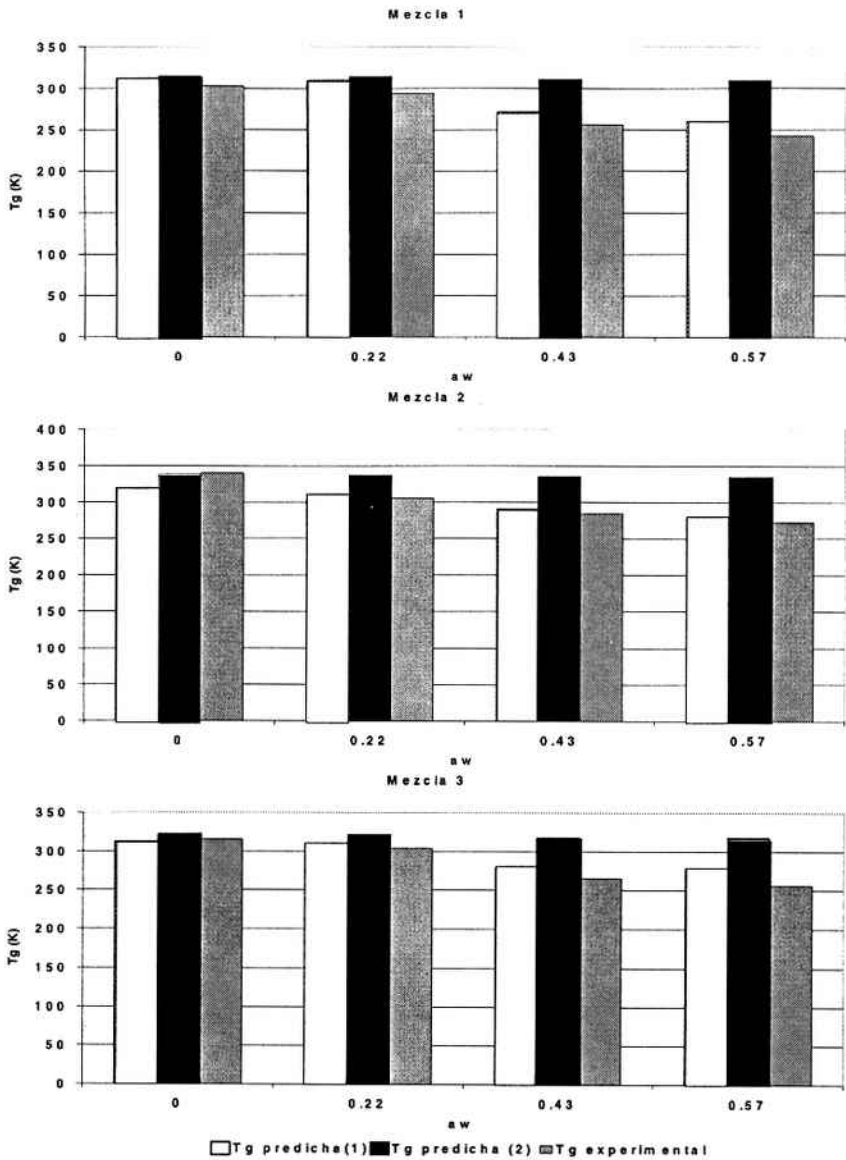


Figura 4: Isotermas de adsorción de isomaltosa a 298 K y 308 K

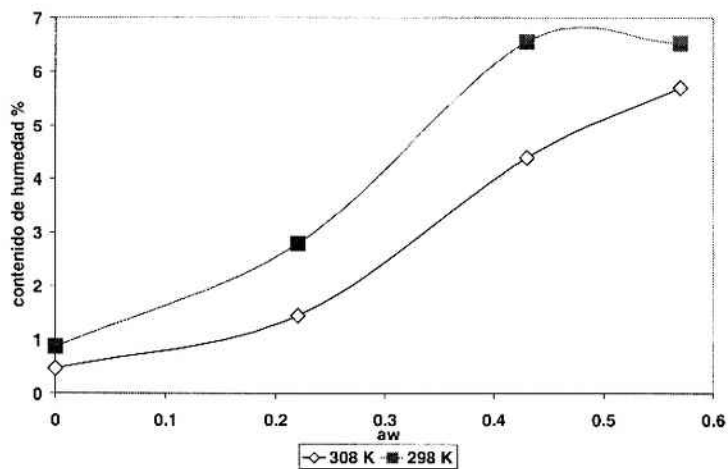


Figura 5: Isotermas de adsorción de jarabe de maltitol a 298 K y 308 K

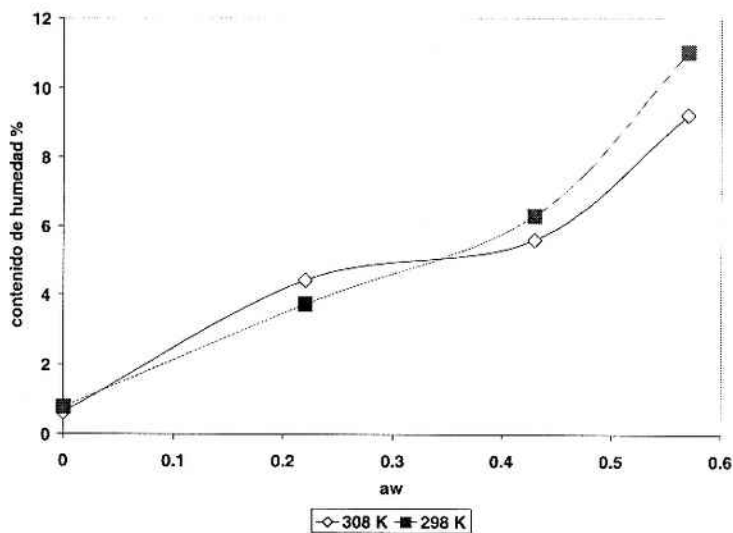


Figura 6: Isotermas de adsorción de mezcla 1 a 298 K y 308 K

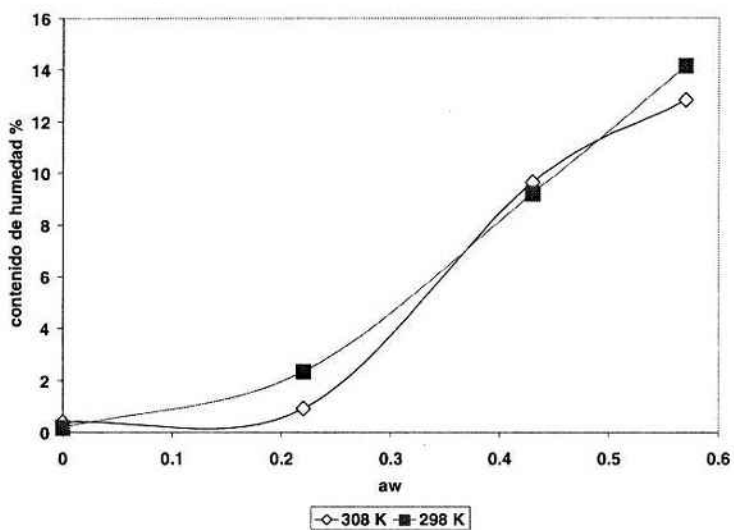
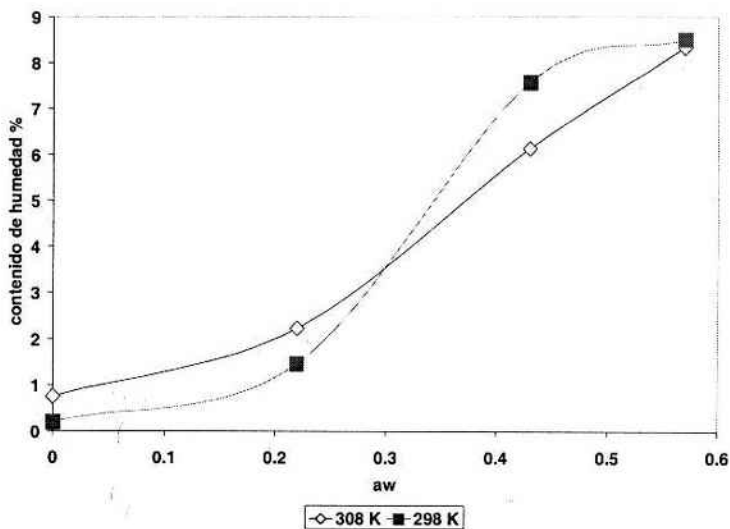
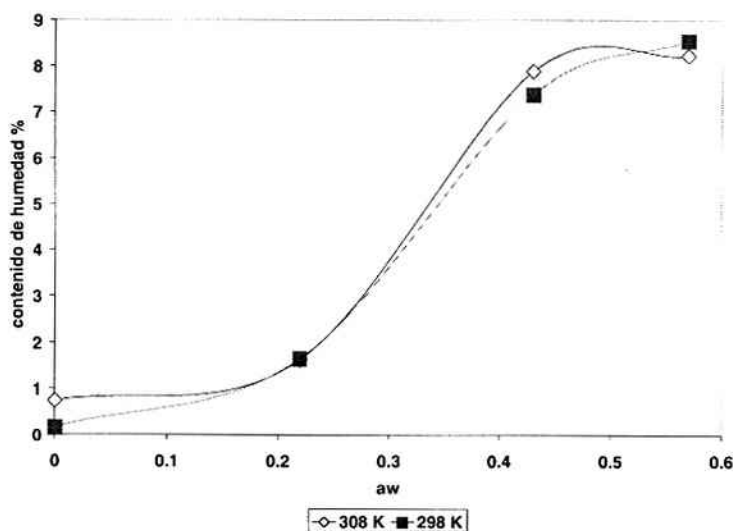


Figura 7: Isotermas de adsorción de mezcla 2 a 298 K y 308 K



**Figura 8:** Isotermas de adsorción de mezcla 3 a 298 K y 308 K



Es posible que para una misma  $a_w$  aumente la absorción de agua con el aumento de la temperatura como consecuencia se produce la disolución de un componente azucarado y disminuye la Tg. Este proceso es endotérmico, muestra que al disolverse mayor cantidad del componente azucarado, más agua es retenida por el material al incrementarse la temperatura, por lo tanto más fácilmente se modifica el estado amorfo. El jarabe de maltitol y las mezclas presentan en el rango de  $a_w$  0.3 – 0.4 un cruzamiento de las isotermas. A partir de esta región el contenido de humedad disminuye a mayor T y esto favorece a la estabilidad de la muestra. Este comportamiento fue observado en higos y damascos secos y pasas de uvas por Ayranci y col., 1990 estudiando la relación contenido de agua y  $a_w$ .

En nuestra experiencia, el agregado de maltodextrina disminuyó el ingreso de agua a las mezclas con lo cual los valores de Tg son los que menos decrecieron.

Los valores obtenidos de la monocapa siguiendo el modelo de BET (Ec.4) se presentan en la Tabla 4, permiten concluir que la adsorción de agua para las distintas composiciones de las mezclas varió con la temperatura.

El conocimiento de la Tg de los componentes puros, a distintas actividades de agua y dentro de un rango de temperatura y tiempo, permitió estimar a través de las ecuaciones de predicción disponibles en la bibliografía, un valor aproximado de la Tg de las mezclas preparadas para confeccionar un producto con una composición conveniente a las distintas temperaturas de almacenamiento y comercialización.

## Referencias

1. Ablett S.; Izzard M.J. and Lillford P.J., 1993. Calorimetric Study of the Glass Transition Occurring in Aqueous Glucosa: Fructose Solutions. *Journal Science Agric.*, **63**: 177-187.
2. Ayranci E., Ayranci G. and Dogantan Z., 1990. Moisture Sorption Isotherms of Dried Apricot, Fig and Raisin at 20°C and 36°C. *Journal of Food Science*, **55**: 1591-1593.
3. Bell L. and Touma D., 1996. Glass Transition Temperatures Determined using a Temperature-Cycling Differential Scanning Calorimeter. *Journal of Food Science*, **61**: 807-810.
4. Burin L., 2001. Reacciones Químicas en Sistemas Lácteos de Humedad Reducida y su Relación con Transformaciones Físicas del Medio. Tesis de Doctorado, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
5. Celeghin A. y Rubiolo A., 2002. Variación de la Transición

Vítrea de sistemas azucarados con la Composición y las Condiciones de Almacenamiento. "Revista Anual de la FBCB de la UNL". Centro de Publicaciones de la Universidad Nacional del Litoral (Santa Fe), **6**: 139-145.

6. Código Alimentario Argentino: Productos de Confeitería. Art. 789,1982. Texto ordenado y coordinado por el Ing. Agr. De la Canal, J.J.,Pag. 125.

7. Chung M., Ruan R. R., Chen P. L., Wang X.,1999. Physical and Chemical Properties of Caramel Systems, *Lebensm.-Wiss.u.-Technol.*, **32**: 162-166.

8. Fennema O.R., 1993. "Química de los Alimentos" .Editorial Acribia, S.A.,(Zaragoza): 29-79.

9. Kalichevsky M.T, Jaroszkiewicz E.M. and Blanshard J.M.V., 1992. Glass Transition of Gluten. 1:Gluten and Gluten-Sugar Mixtures. *Int. J. Biol. Macromol.*,**14**: 257-266.

10. Khalloufi S.; El-Maslouhi Y. and Ratti C.,2000. Mathematical Model for Prediction of Glass Transition Temperature of Fruit Powders. *Journal of Food Science*, **65**: 842-848.

11. Lovric T.; Pilizota V. and Janekovic A., 1987. DSC Study of the Thermophysical Properties of Aqueous Liquid and Semi-Liquid Foodstuffs at Freezing Temperatures. *Journal of Food Science*, **52**: 772-776.

12. Raudonus J.,Bernard J.,Janben H.,Kowalczyk J. and Carle R.,2000. Effect of Oligomeric or Polymeric Additives on Glass Transition, Viscosity and Crystallization of Amorphous Isomalt. *Food Research International*, **33**: 41-51.

13. Roos Y. and Karel M., 1991a. Sugars (Paper 7<sup>a</sup>. AIChE. Summer Meeting. San Diego. CA, August 19-22, 1990). American Chemical Society and American Institute of Chemical Engineers, 49-53.

14. Roos Y. and Karel M.,1991b. Water and Molecular Weight Effects on Glass Transitions in Amorphous Carbohydrates and Carbohydrate Solutions. *Journal of Food Science*, **56**: 1676-1681.

15. Roos Y., 1995. Phase Transitions in foods. Manuscript prepared for Academic Press, Inc.(San Diego, Ca).

16. Ruan R.; Long, Z.; Chen P; Almaer S. and Taub I.,1999. Pulse NMR Study of Glass Transition in Maltodextrin. *Journal of Food Science*, **64**: 6-9.

17. Sereno, A.M., 2000. Thermal Properties and State Diagrams of Fruits and Vegetables by DSC. *Trends in Food Engineering* (ch. 7) : 77 – 88.