

OBTENCIÓN Y MODELADO DE ISOTERMAS DE SORCIÓN DE CAMELOS “GUMMY” DE BATATA.

Verónica Fátima Cerviño, UTN-FRRe, vfcervino@gmail.com

Carola Andrea Sosa, UTN-FRRe, carolas4@hotmail.com

Liliana Edith Vergara, UTN-FRRe, levergara@frre.utn.edu.ar

Miguel Eduardo Schmalko, UNAM, mesh@fceqyn.edu.ar

Sonia Cecilia Sgroppo, UTN-FRRe, sonia.sgroppo@hotmail.com

Resumen— El objetivo del presente trabajo fue obtener las isotermas de sorción de gummies de batata y explicar su comportamiento por medio de la aplicación de diferentes modelos matemáticos. Para la obtención de las curvas de sorción, se utilizó el método gravimétrico isopiéstico que consistió en alcanzar el estado de equilibrio de una masa conocida de muestra con una atmósfera de humedad relativa estándar, dada por soluciones salinas de a_w conocidas (en un rango de 0.13 - 0.97), a tres temperaturas diferentes 4, 20 y 30°C. A partir de los resultados obtenidos se aplicaron los modelos de GAB (Guggenheim, Anderson y de Boer), BET (Brunauer, Emmett y Teller), y Halsey, utilizando el programa Statgraphics Centurion XV, Statpoint Technologies, Inc. Warrenton VA, U.S.A. La calidad del ajuste de los modelos propuestos se evaluó por medio del coeficiente de correlación (R^2).

Las isotermas de sorción obtenidas fueron de tipo II o sigmoideas, características de alimentos con un alto contenido de azúcares. Las ecuaciones de GAB y BET no exhibieron un buen ajuste, sin embargo la ecuación de Halsey fue la que mejor explicó el comportamiento de los datos experimentales ($R^2=97.07$), en un rango de $0.1 < a_w < 0.9$, a una temperatura de 30°C. La magnitud de los parámetros A y R del modelo que caracterizan el tipo de interacción entre el vapor y el sólido, estuvieron comprendidos entre 0.0294-0.0409 y 1.084-0.2640, respectivamente.

Palabras clave— isotermas, gummies, a_w , modelado.

1. Introducción

Los productos de confitería son ampliamente consumidos por niños y adultos, siendo los caramelos y chicles los mayormente ingeridos por casi el 50% de la población [1]. En esta categoría se pueden mencionar a las gummies, jellies o caramelos “tipo gomitas”, y aunque se las puede adquirir de diferentes formas, colores y sabores, hay una demanda creciente por texturas, sabores y apariencias cada vez más atractivas. La elaboración de estas confituras consiste en mezclas de altas cantidades de jarabes de sacarosa-glucosa combinadas con agentes gelificantes, (comúnmente gelatina), y con ácidos, saborizantes y colorantes [2]. Los caramelos de gelatina o gummies son muy populares en Europa y EEUU, y en Argentina su consumo es de alrededor del 11.2% [3].

Las gummies poseen una textura particular, caracterizada por su elasticidad o rebote y cierta masticabilidad conferidas por los geles de gelatina, almidón o pectina incluidos en su elaboración [4], además del contenido de agua que es un factor determinante de la textura típica de estas confituras. El porcentaje de humedad es relativamente bajo comparado con

otros alimentos, variando desde un 30% en confituras a base de jarabe de azúcar, hasta un 1 ó 2% en caramelos duros [5].

Si bien, el contenido de agua es un factor importante durante la manufactura de los caramelos, no es un indicador suficiente para determinar la calidad y vida útil, ya que no brinda información acerca de la naturaleza del agua contenida en ellos, o sea, si la misma se encuentra unida o libre, inherente u ocluida, etc.

Un parámetro que relaciona la naturaleza del agua presente en los alimentos, es la actividad de agua (a_w), definida como el cociente de presiones de vapor del agua en el alimento con respecto a la presión de vapor del agua pura, a la misma temperatura (Ecuación 1). Está relacionada con la humedad relativa de equilibrio (HRE) a través de la Ecuación 2.

$$a_w = (P_v \text{ confitura}) / (P_v \text{ agua pura}) \quad (1)$$

$$a_w = HR / 100 \quad (2)$$

Desde el punto de vista físico, la a_w es la fuerza impulsora de la migración de humedad desde y entre componentes o capas en una muestra. La medida y el control de este parámetro facilitan el desarrollo y la producción de confituras de alta calidad, seguras y estables, por lo es de gran utilidad para describir la estabilidad microbiológica, textura y migración de agua durante el almacenamiento. Típicamente, la a_w es usada para predecir una humedad relativa de equilibrio a la cual el caramelo ni pierde ni gana agua del aire circundante. En el caso de las gummies, la estabilidad está relacionada con la humedad relativa del ambiente que la rodea, lo cual depende naturalmente del medio en que se las conserve. En general, la humedad relativa de equilibrio es del orden de 75 a 85% [5].

Numerosos métodos han sido utilizados para cuantificar la a_w en los alimentos: por medida directa de la presión del vapor de agua, por técnicas isopiéticas y por medio de diferentes instrumentos electrónicos [6]. El método isopiético es uno de los más sencillos para obtener la a_w de solutos no volátiles. Es esencialmente gravimétrico y se basa en obtener el equilibrio termodinámico entre las soluciones de referencia (sales de a_w conocidas) y la muestra problema. Las soluciones saturadas de sales de referencia producen una presión de vapor constante en la atmosfera a una temperatura constante [7].

Para tener en cuenta el comportamiento de un producto alimenticio en todo el rango de humedades relativas en las cuales puede someterse durante el procesamiento, almacenamiento y distribución, es necesario establecer las isotermas de sorción, preferentemente a las temperaturas correspondientes.

La isoterma de sorción muestra, a una temperatura constante, la relación entre el contenido de agua del producto y la humedad relativa del aire circundante. La presencia de diferentes regiones en la curva de sorción sugiere la existencia de distintos tipos de agua [8]. El agua de la monocapa o “agua ligada” (región I), la cual es muy estable y se la puede considerar como parte constituyente del alimento, ya que no es congelable a ninguna temperatura. Luego, el agua de la región II y III de la isoterma, llamadas “agua débilmente ligada” y “agua libre”, respectivamente. El agua libre está contenida en los macroporos del alimento y se encuentra disponible para las reacciones metabólicas y de crecimiento microbiano. Es la primera que se libera en los procesos de secado y congelación. Por otra parte, el agua débilmente ligada se

halla unida a componentes como proteínas y carbohidratos y actúa como agente plastificante, promoviendo el hinchamiento de la matriz sólida [9].

Las isotermas de sorción son importantes por más de una razón. Desde el punto de vista termodinámico, brindan información sobre las entalpías de sorción y desorción, y el tipo de uniones entre el agua y la materia seca. En un nivel estructural, ayudan a comprender el rol del tamaño de la partícula, estado amorfo o área específica en la sorción del vapor de agua. En un aspecto tecnológico, son útiles en la predicción de la vida útil, en el control durante el proceso de secado, en la elección de material de empaque, entre otros [10]. Son una herramienta de gran utilidad para el desarrollo de nuevos ingredientes y alimentos, la estimación de la vida útil y entender la influencia de la humedad en la integridad del producto final [11].

Para predecir el comportamiento de las isotermas de sorción en alimentos se han propuesto varios modelos matemáticos, muchos de ellos empíricos, semiempíricos y teóricos, desarrollados con más de dos, tres o cuatro parámetros. Debido a la naturaleza compleja de los productos alimenticios, un solo modelo no es suficiente para representar todas las isotermas de sorción. Las ecuaciones de GAB (Guggenheim, Anderson, de Boer) BET (Brunauer, Emmet y Teller) y Halsey son las más comúnmente usadas, especialmente para vegetales (pimientos) y granos [12, 13].

En el presente trabajo se determinaron las isotermas de sorción de caramelos “tipo gummy”, elaborados con puré de batata (*Ipomoea batatas*, L), gelatina, agua, sacarosa y glucosa. Para tal fin, se utilizó el método isopiéstico gravimétrico. Se aplicaron las ecuaciones de GAB (Guggenheim, Anderson y de Boer), BET (Brunauer, Emmett y Teller), y Halsey, para ajustarlas a los datos experimentales y determinar las constantes características del proceso de sorción (parámetros del modelo).

2. Materiales y Métodos

2.1. Elaboración de las gummies

Para la elaboración de las gummies, se seleccionaron tubérculos de batata (*Ipomoea batata*, L), se lavaron y pelaron. Luego, se cortaron en rodajas de 1 cm de espesor y se sanitizaron con una solución de hipoclorito de sodio 10 ppm, durante 3 minutos. A continuación, las rodajas se expusieron a una corriente de vapor agua durante 15 minutos, hasta ablandamiento del tejido. Posteriormente, las mismas se trituraron con un molino de alta velocidad de desintegración, 24000 rpm (Marca Arcano), obteniendo un puré homogéneo. El mismo se mezcló con los siguientes ingredientes: miel, solución de glucosa-sacarosa y gelatina sin sabor. La mezcla se moldeó y gelificó a temperatura de refrigeración.

2.2. Recubrimiento comestible

El recubrimiento comestible se basó en la siguiente formulación: 2,5% de almidón de mandioca marca “Ranchito”, (Misiones, Argentina), adicionado con 0,2% de sorbato de potasio y 2,5% de glicerol. Dichos componentes se solubilizaron a 75°C, con agitación continua. La aplicación del recubrimiento a las gummies se realizó por inmersión de las mismas en dicha solución, a una temperatura de 37.5°C.

Finalmente, el producto se secó en un secadero de bandejas con convección forzada de aire, a una temperatura de 20°C, durante 10 horas.

2.3. Determinación de las isotermas de sorción

Se aplicó el método gravimétrico estático, estandarizado por el “European Cooperative Project Cost 90” [14]. Para ello, se pesaron 5 gramos de caramelo (por triplicado), utilizando balanza analítica (0,1 mg de precisión, Denver Instrument), y se lo dispuso en recipientes herméticamente cerrados, conteniendo soluciones saturadas de sales de aw conocidas (Tabla 1). A las soluciones de mayor valor de a_w se les adicionó un recipiente con tolueno para evitar la proliferación de microorganismos.

Las muestras se almacenaron a temperaturas constantes de 4°C, 20°C y 30°C, en una incubadora de temperatura constante, y se registró la variación de peso cada 3 días de almacenamiento, hasta alcanzar el equilibrio (ausencia de variación de peso).

2.4. Contenido de agua

El contenido de agua, inicial y de equilibrio de las muestras se determinó siguiendo en método de la AOAC N° 934.06, para lo cual se utilizó una estufa con vacío marca Arcano, DZF Modelo 6020 U.S.A., a 70°C y presión reducida de -100 mm Hg. Se pesaron 5 gramos de muestra (por triplicado) y se las dispuso en la estufa bajo las condiciones anteriormente mencionadas, hasta peso constante. Los resultados se expresaron como g de agua/100 g de muestra fresca.

2.5. Modelado de las isotermas de sorción

Los datos experimentales se modelaron con las ecuaciones de GAB, BET y Halsey (Tabla 2). La calidad del ajuste de los modelos propuestos se evaluó por medio del coeficiente de correlación lineal (R^2). Se utilizó el programa Statgraphics Centurion XV, Statpoint Technologies, Inc. Warrenton VA, U.S.A.

Tabla 1: Compuestos Químicos estándares de a_w conocida

Nomenclatura	Compuesto	a_w
LiCl	Cloruro de Litio	0.133
MgCl ₂ *6H ₂ O	Cloruro de Magnesio sexta hidratado	0.324
K ₂ CO ₃	Carbonato de Potasio	0.432
NaCl	Cloruro de Sodio	0.750
KCl	Cloruro de Potasio	0.834
KNO ₃	Nitrato de Potasio	0.923
K ₂ SO ₄	Sulfato de Potasio	0.970

Fuente: Labuza y col., 1976. [6]

Tabla 2: Ecuaciones utilizadas para el modelado de las isotermas de sorción.

Modelo	Ecuación	Parámetros
GAB	$X_w = \frac{X_m C K a_w}{(1 - K a_w) [1 + (C - 1) K a_w]}$	<p>X_w: humedad del producto</p> <p>X_m: humedad del producto cuando los puntos de adsorción primarios están saturados por moléculas de agua</p> <p>C: constante de Guggenheim relacionada con el calor de sorción de la monocapa</p> <p>K: factor de corrección relacionado con el calor de sorción de la multicapa</p>
BET	$X_w = \frac{X_m C a_w}{(1 - a_w) [1 + (C - 1) a_w]}$	<p>X_m: humedad del producto correspondiente a una capa molecular de agua adsorbida.</p> <p>C: constante característica del material relacionada con el calor desprendido en el proceso de sorción</p>
HALSEY	$X_w = \left(\frac{A}{\ln\left(\frac{1}{a_w}\right)} \right)^{1/R}$	<p>A y B: constantes del modelo.</p> <p>B: caracteriza el tipo de interacción entre el vapor y el sólido</p>

Fuente: Gálvez y col., 2006. [13]

3. Resultados y Discusiones

3.1. Contenido de humedad de equilibrio.

El porcentaje de humedad inicial de las gummies de batata fue de 26.02 ± 0.33 g de agua/100 g de muestra fresca, ligeramente mayor al recomendado para este tipo de productos (24%) [15]. Según autores la mayoría de las confituras presentan un contenido de agua entre 0 al 22%, siendo el mismo dependiente de la formulación de las mismas [16]. Por ejemplo, para caramelos elaborados con gelatina, agua y distintas concentraciones de jarabe de glucosa, isomaltosa y fructosa, se registraron porcentajes de humedad en un rango del 16% al 31%, exhibiendo el valor máximo de humedad aquellas que contenían jarabe de glucosa y fructosa como ingredientes [17].

3.2. Obtención de las isotermas

Las isotermas de sorción de las gummies de batata se obtuvieron a partir de las gráficas del contenido de humedad de equilibrio, en función de la humedad relativa del ambiente, a cada una de las temperaturas ensayadas 4, 20 y 30°C (Figura 1).

Como se puede observar, la forma de las isotermas resultantes fueron de Tipo II, sigmoideas o de Tipo S (según lo establecido por Van der Waals), características de alimentos con alto contenido de hidratos de carbono. Sin embargo, productos similares como caramelos duros adicionados de sorbitol e isomaltosa, y pastas de confitería a base de sacarosa, gomas y agua, exhibieron isotermas de Tipo III, demostrando la tendencia típica de alimentos ricos en componentes solubles en agua, como azúcares [18, 19].

El comportamiento mostrado por las gummies de batata frente a atmósferas de diferente humedad relativa, puede atribuirse en parte, a los estados físicos de la sacarosa utilizada en la preparación (cristalinos, amorfos o ambos) y, por otra parte a la interacción del agua con los demás ingredientes. La sacarosa en estado cristalino exhibe una isoterma Tipo III (o en forma de J), mientras que en el estado amorfo tiene un comportamiento tipo II [19]. Generalmente, las confituras son matrices amorfas complejas y la mayoría de los caramelos soft ó blandos, contienen azúcares en estado no cristalizados (amorfo), contenidos en una solución muy viscosa [5]. Además, en los sistemas constituidos por gomas ó gelatina y agua es muy frecuente encontrar isotermas del Tipo II.

La a_w obtenidas para las gummies de batata fue de 0,9 (correspondiente al contenido inicial de agua) encontrándose este valor dentro del rango informado para la mayoría de las confituras ($a_w= 0,2-0,9$) [16]. Datos publicados indican que gummies y jellies en general, pueden exhibir valores de a_w entre 0.50-0.75, con porcentajes de humedad entre el 8 y 22% [20]. Por otra parte, se han informado valores de a_w para gummies y jellies a base de gelatina, agua y sacarosa, comprendidos entre 0.71-0.72 [21].

Se debería tener en cuenta que un valor de a_w próximo a 0.9 es óptimo para el desarrollo de algunos microorganismos, especialmente hongos xerófilos y levaduras osmofílicas, los cuales pueden crecer también a a_w cercanas a 0.6 [22]. Además, los caramelos con una elevada a_w son más susceptibles a las reacciones de pardeamiento no enzimático (Maillard) que aquellos con a_w menor, especialmente durante el almacenamiento [16].

Según lo expuesto y para asegurar la calidad microbiológica de las gummies de batata, se debería recurrir a un almacenamiento en una atmósfera de humedad relativa próxima al 70%, a temperaturas de 4 o 20°C. Según las isotermas y en estas condiciones, el producto estudiado alcanzaría una humedad final de equilibrio del 10%, encontrándose dentro de los valores típicos mencionados anteriormente.

3.3. Modelado de las isotermas.

Los datos experimentales obtenidos para las isotermas de sorción fueron ajustados a tres modelos diferentes: GAB, BET y Halsey. En la Tabla 3 se presentan los resultados, con sus respectivas constantes y los valores de R^2 .

Los modelos de sorción de agua son ecuaciones matemáticas usadas para la predicción de las propiedades de sorción y para analizar los mecanismos y las posibles interacciones entre el sustrato y el agua. En algunos casos, los parámetros involucrados tienen un significado físico y pueden proveer información útil acerca de las posibles interacciones entre el producto y el agua, o sobre el estado físico del sustrato (amorfo-cristalino), o la interacción solvente-polímero [23].

La Ecuación de GAB es uno de los modelos más aceptados para las isotermas de sorción, ya que no solo brinda el valor de humedad de la monocapa (X_m), sino que también se puede conocer las energías de interacción entre la primera capa y las moléculas más lejanas a los sitios individuales de sorción (constantes C y K del modelo) [24]. En este trabajo se aplicó un procedimiento de correlación lineal y no lineal para dicho modelo, a las tres temperaturas ensayadas (Tabla 3). En todos los casos, se obtuvo un escaso ajuste, con $R^2 < 96.21\%$. Además, los valores de las constantes C y K fueron negativos y mayores a 1, indicando algún error inesperado involucrado con los datos experimentales.

Por su parte, la ecuación de BET representa un hito fundamental en la interpretación de la sorción en multicapas, particularmente de la isoterma tipo II y III. Provee una estimación del valor de la humedad de la monocapa adsorbida sobre la superficie, parámetro relacionado con la estabilidad física y química de alimentos deshidratados. A pesar de algunas limitaciones, ésta ecuación ha sido útil en la definición el contenido de humedad óptimo para secado y estabilidad durante el almacenamiento de alimentos.

Para el caso de las gummies, la ecuación de BET se aplicó para todo el rango de a_w de la isoterma, con valores de $R^2 < 78.12\%$. Sin embargo, para valores de $a_w < 0.5$ (rango de aplicación aconsejado), se obtuvo un $R^2 > 99\%$, indicando un mejor ajuste para una temperatura de 30°C . No obstante y al igual que el modelo de GAB, la constante C de dicha ecuación presentó valores negativos, en todos los casos.

Por su parte, la ecuación de Halsey se aplica ampliamente en el modelado de los datos experimentales de alimentos con un alto contenido de azúcares. Este modelo provee una expresión para la condensación de multicapas a una distancia relativamente grande desde la superficie. Se asume que la energía potencial de las moléculas varía con la inversa de la potencia de su distancia a la superficie. La magnitud del parámetro R caracteriza el tipo de interacción entre el vapor y el sólido. Es una buena representación de los datos de adsorción que conforman las isotermas de Tipo I, II o III [25].

Para las gummies de batata, la ecuación de Halsey fue la que mejor se ajustó a los datos experimentales, en un rango de $0.1 < a_w < 0.9$, especialmente a 30°C para la cual se obtuvo el mayor valor de R^2 (97.07). El parámetro A, estuvo comprendido entre 0.0294 y 0.0409, disminuyendo con el aumento de la temperatura, al igual que los valores de la constante R, que exhibió valores en un rango de 1.084-0.2640.

4. Conclusiones

La a_w y las isotermas de sorción se consideran herramientas poderosas para comprender el impacto del agua en los caramelos de batata.

El método gravimétrico isopiéstico fue útil para obtener las isotermas de sorción del producto, a distintas temperaturas (4, 20 y 30°C). Por medio de estas gráficas, fue posible obtener los valores de a_w frente a diferentes condiciones de humedad relativa del ambiente. Además, se pudo inferir en la estabilidad microbiológica del producto, como así también predecir los posibles cambios físicos químicos que pueden ocurrir durante su almacenamiento.

Las ecuaciones para ajustar las isotermas de sorción resultaron de especial interés para evaluar las funciones termodinámicas del agua adsorbida en las gummies, siendo el modelo de Halsey el que mejor explicó el comportamiento de los datos experimentales obtenidos.

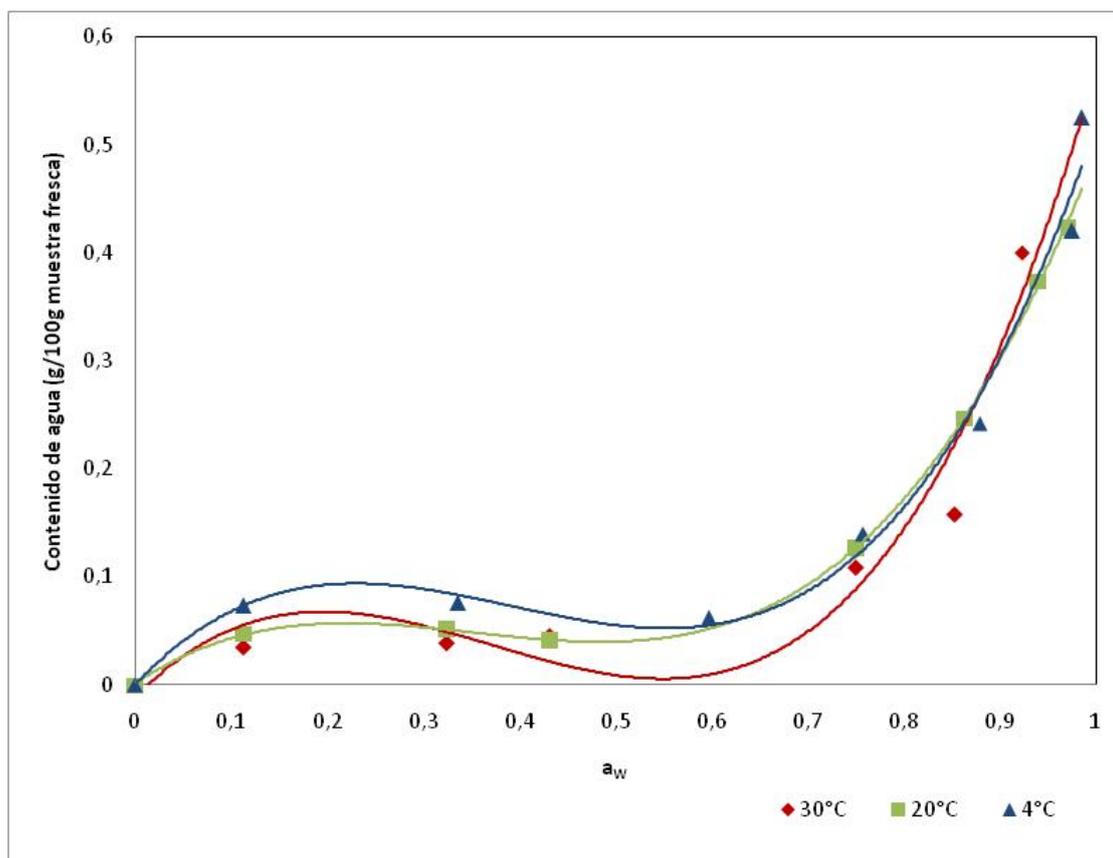


Figura 1: Isotermas de sorción de las gummies de batata a 4, 20 y 30°C.

Tabla 3: Valores de las constantes y estadísticos obtenidos de cada modelo propuesto para las isotermas de sorción.

Modelo	Parámetros	Rangos de a_w	Temperatura					
			4°C		20°C		30°C	
			lineal	no lineal	lineal	no lineal	lineal	no lineal
GAB	X_m	$0.1 < a_w < 0.9$	0.0398	0.0668	0.0281	0.0611	0.0262	0.0479
	C		-14.06	$-3.6 \cdot 10^{12}$	-24.68	1.728	-60.48	$3.13 \cdot 10^{13}$
	K		1.04	0.97	1.013	0.950	-1.021	0.989
	R^2		87.16	94.05	79.83	90.26	96.21	95.29
Halsey	A	$0.1 < a_w < 0.9$	0.0409		0.0294		0.0339	
	R		1.2640		1.238		1.084	
	R^2		93.27		92.33		97.01	
BET	X_m	$0.1 < a_w < 0.9$	0.0429		0.0263		0.0343	
	C		-15.52		-15.54		9.31	
	R^2		78.12		59.90		74.5	
	X_m	$a_w < 0.5$	0.0348		0.179		0.025	
	C		-9.93		-12.97		-46.53	
	R^2		78.12		90.46		99.01	

Fuente: elaboración propia.

5. Referencias

- [1] MARTÍNEZ, O. 2012. Report Spanish Confectionary association. Produce. Madrid, Spain.
- [2] MARFIL, P.; ANHÉ, A.; TELIS, V. 2012. Texture and microstructure of gelatine/corn starch based gummy confections. *Food Biophysics*, 7: 236-243.
- [3] MANZONI, C. 2012. “Las golosinas tienen sabor agridulce”. En: Economía y Negocios. Diario “La Nación” del 01-04-2012.
- [4] BUREY, P.; BHANDARI, B.; RUTGERS, R.; HALLEY, P.; TORLEY, P. (2009). Confectionery gels: A review on formulation, rheological and structural aspects. *International Journal of Food Properties*, 12: 176-210
- [5] ERGUN, R; LIETHA, R.; HARTE, R.W. (2010). Moisture and Shelf life in sugar confections. *Critical Reviews in food Science and Nutrition*, 50: 162-192
- [6] LABUZA T. P., LEE, R. Y., FLINK, J., MCCALL, W. (1976). Water activity determination: A collaborative study of different methods. *J. Food Science*. 42: 910-917.
- [7] BELL, L. N.; LABUZA, T. P. (2000). *Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use*. 2nd Ed. American Association Cereal Chemistry. St. Paul, MN.
- [8] TROLLER, J. A.; CHRISTIAN, J. H. (1978). *Water Activity and Food*. Academic Press, NY.
- [9] FENNEMA, O. R. (1996). Water and Ice. In: *Food Chemistry*. 3rd Ed. Fennema, O. R., (Ed.) Marcel Dekker, New York. pp. 19–74
- [10] MATHLOUTHI, M. (2001). Water content, water activity, water structure and the stability of foodstuffs. *Food Control*, 12: 409-417.
- [11] FENNEMA, O. 1981. Water activity at sub-freezing temperatures. En: *Water activity. Influences on Food Quality*. Rockland, L. B. and G.F. Stewart (Ed.). New York: Academic Press.
- [12] SEID, R.M.; HENSEL, O. 2012. Experimental evaluation of sorption isotherms of chili pepper: an Ethiopian variety, Mareko Fana (*Capsicum annum*, L). *Agric. Eng Int*, 14: 163-171.
- [13] GÁLVEZ, A. V.; ARAVENA, E. L.; MONDACA, R.L. (2006). Isotermas de adsorción en harina de maíz (*Zea mays*, L.). *Cienc. Tecnol. Aliment*. 26: 821-827.
- [14] WOLF, W.; SPIESS, W.E.L.; JUNG, G. 1985. *Standardization of isotherm measurement. Properties of waters in Foods*. Simatos, D. and Multon, J.L. (Ed.) (Martinus Nijhoff, The Netherlands), pp 661-679.
- [15] EDWARDS, W. P. (2000). *The science of sugar confectionery*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry Publishing.
- [16] FONTANA, A. (2005). Water activity for predicting quality and shelf life. *Manufacturing Confectioner*, 85: 45-51.
- [17] PERICHE, A.; HEREDIA, A.; ESCRICHE, I.; ANDRÉS, A.; CASTELLÓ, M.L. (2014). Optical, mechanical and sensory properties of based-isomaltulose gummy confections. *Food Bioscience*, 7: 37-44.
- [18] HADJIKINOVA, M.; MENKOV, N.; HADJIKINOV, D. (2003). Sorption Characteristics of Dietary Hard Candy. *Czech J. Food Sci*, 21: 97-99.
- [19] SPACKMAN, C.C.W.; SCHMIDT, S.J. (2010). Characterizing the physical state and textural stability of sugar gum pastes. *Food Chemistry*, 119: 490-499.
- [20] BUSSIERE, G.; SERPELLONI, M. (1985). Confectionery and water activity determination of aw by calculation. In: *Properties of Water in Foods in Relation to Quality and Stability*. pp. 627-645. Simato, D. and Multon, J. L. (Eds). Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht, The Netherlands.

- [21] DELGADO, P.; BAÑÓN, S. (2015). Determining the minimum drying time of gummy confections based on their mechanical properties. *CyTA-Journal of Food*, 3: 329-335.
- [23] GUILLARD, V.; BOURLIEU, C.; GONTARD, N. (2013). Food Structure and Moisture Transfer: A Modeling Approach. *SpringerBriefs in Food, Health, and Nutrition*. Vol VII, pp 60.
- [24] ABDULLAH, M.; ALHAMDAN, B.; HASSAN, H. 1998. Water sorption isotherms of date pastes as influenced by date cultivars and storage temperatura.
- [25] AL-MUHTASEB, A. H.; MCMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. (2002). Moisture sorption isotherm characteristics of food products: a review. *Trans Icheme*, 80: 118-128.