

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

**ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL**



***CARACTERIZACIÓN DE GELATINAS DE SANDÍA
FORMULADAS CON EDULCORANTES NO
CARIOGÉNICOS***

**MÁSTER EN CIENCIA E INGENIERIA DE LOS
ALIMENTOS**

ALUMNA:

MARIA DEL CARME BENAVENT SANLEÓN

DIRECTORAS ACADÉMICAS:

DRA. MARISA CASTELLÓ GOMEZ

DRA. MARÍA DOLORES ORTOLÁ ORTOLÁ

DIRECTORA EXPERIMENTAL:

SUSANA RUBIO-ARRÁEZ

CENTRO:

Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo (IUIAD)

Valencia, Febrero 2015

CARACTERIZACIÓN DE GELATINAS DE SANDÍA FORMULADAS CON EDULCORANTES NO CARIOGÉNICOS

Benavent, M.C., Rubio-Arráez, S., Ortolá, M.D., Castelló, M.L.

Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n, 46022. Valencia, España.

RESUMEN

El creciente interés por mejorar los hábitos alimentarios de la sociedad afecta considerablemente al sector de los postres. Así, la sustitución de los azúcares convencionales por otros edulcorantes/azúcares junto con una mayor incorporación de la fruta a la dieta se relaciona con una mejora en la salud. Por ello, el objetivo de este trabajo ha sido evaluar en gelatinas la sustitución de la sacarosa por edulcorantes no cariogénicos y de bajo índice glucémico (isomaltulosa y tagatosa) así como la incorporación de licuado de sandía fresca, analizando la composición (°Brix y humedad), pH, actividad de agua, capacidad antioxidante, las propiedades mecánicas y ópticas y su estabilidad con el tiempo, comparando los resultados con una gelatina control (con sacarosa) y con una gelatina comercial. Asimismo se ha realizado una evaluación sensorial de las gelatinas de sandía para ver su aceptación. Los resultados ponen de manifiesto que las gelatinas formuladas con los nuevos edulcorantes presentaron menor concentración de sólidos solubles. Por otra parte, la capacidad antioxidante aumentó con el tiempo de almacenamiento en la gelatina control y en la que contenía la mezcla de isomaltulosa y tagatosa, sin alcanzar los valores de la comercial debido a su enriquecimiento con vitamina C. Además, los nuevos edulcorantes no afectaron a la textura instrumental de las gelatinas, siendo muy estables con el tiempo. En cambio, el color sí varió, especialmente cuando se incorporó sólo tagatosa. Por último, a nivel sensorial, la gelatina con una combinación de tagatosa e isomaltulosa en igual proporción alcanzó una puntuación similar a la gelatina comercial, mostrando la viabilidad del empleo de estos edulcorantes para la reformulación de gelatinas.

Palabras clave: gelatina, sandía, tagatosa, isomaltulosa, color, antioxidantes, y análisis sensorial.

RESUM

El creixent interès per millorar els hàbits alimentaris de la societat afecta de manera notable al sector de les postres. Així, la substitució dels sucres convencionals per altres edulcorants/sucres juntament amb la major incorporació de fruita a la dieta es relaciona amb una millora en la salut. Per això, l'objectiu d'aquest treball ha sigut avaluar en gelatines la substitució de la sacarosa per edulcorants no cariogènics i de baix índex glucèmic (isomaltulosa

i tagatosa) així com la incorporació de líquat de meló d'Alger fresc, analitzant la composició (°Brix i humitat), pH, activitat d'aigua, capacitat antioxidant, propietats mecàniques i òptiques i la seva estabilitat amb el temps, comparant els resultats amb una gelatina control (amb sucre) i una gelatina comercial. Així mateix es va realitzar una avaluació sensorial de les gelatines de meló Alger per a veure la seva acceptació. Els resultats posen de manifest que les gelatines formulades amb els edulcorants van presentar menor concentració de sòlids solubles. D'altra banda, la capacitat antioxidant va augmentar amb el temps d'emmagatzematge en la gelatina control i en la que contenia una mescla d'isomaltulosa i tagatosa, sense assolir els valors de la comercial degut al seu enriquiment amb vitamina C. A més a més, els nous edulcorants no afectaren a la textura instrumental de les gelatines, sent molt estables amb el temps. En canvi, el color sí varià especialment quan es va incorporar només tagatosa. Per últim, a nivell sensorial, la gelatina amb una combinació de tagatosa i d'isomaltulosa en igual proporció va assolir una puntuació similar a la gelatina comercial, mostrant la viabilitat de l'ús d'aquests edulcorants per a la reformulació de gelatines.

Paraules clau: gelatina, meló d'Alger, tagatosa, isomaltulosa, color, antioxidant, i anàlisi sensorial.

ABSTRACT

Society has a great interest in improving eating habits and this affects the sector of desserts. Thus, the replacement of conventional sugars by other sweeteners and sugars along with a higher incorporation of fruit to the diet is associated with a health improvement. For that, the aim of this study was to evaluate the substitution of sucrose by sweeteners which are non-cariogenic and have low glycemic index (isomaltulose and tagatose) in gelatines as well as the addition of watermelon juice, analysing the composition (°Brix and humidity) pH, water activity, antioxidant capacity, mechanical and optical properties and their stability over time of the samples, comparing the results with a control gelatine (with sucrose) and with a commercial gelatine. Also a sensory evaluation has been performed of watermelon gelatines for acceptance. The results show that the gelatines made with the new sweeteners had lower soluble solids. Moreover, the antioxidant activity increased with storage time in the control and in the gelatine containing isomaltulose and tagatose but without reaching the levels of the commercial one due to its enrichment with vitamin C. In addition, new sweeteners did not affect the gelatine instrumental texture, being very stable with time. Instead, the colour changed especially in the gelatine containing only tagatose. Finally, the gelatine formulated with a combination of tagatose and isomaltulose in equal proportion achieved the same score in the sensory evaluation as the commercial gelatine, showing the feasibility of using these sweeteners to reformulate gelatines.

Keywords: gelatine, watermelon, tagatose, isomaltulose, antioxidants, colour, and sensory evaluation.

1. INTRODUCCIÓN

La sociedad actual demanda cada día nuevos productos y que éstos a su vez sean saludables. El empleo de frutas y hortalizas junto con nuevas tecnologías y nuevos ingredientes hace posible la obtención de dichos alimentos saludables. La industria alimentaria debe cumplir las expectativas del consumidor a un precio razonable, y una forma de cumplir estos requisitos es la mayor incorporación de fruta en la dieta a través de postres gelificados.

Estos postres gelificados o gelatinas se han elaborado habitualmente con azúcares convencionales (sacarosa, glucosa, etc...). El uso de estos azúcares implica ciertos inconvenientes asociados a la salud (cariogénesis, aporte calórico elevado, aumento en el índice glucémico, etc...). En este sentido, las nuevas directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) establecen una reducción del consumo de azúcares simples hasta el 5% de la ingesta calórica total diaria para un adulto con un índice de masa corporal normal. De esta forma se pretende reducir las enfermedades no transmisibles en niños y adultos, en particular el aumento de peso, la caries dental y la diabetes tipo dos (WHO, 2014).

La sustitución de los azúcares por edulcorantes sintéticos de volumen (polialcoholes) o intensivos (sacarina, aspartamo, etc...) también presenta problemas como el efecto laxante de los polialcoholes y la relación del desarrollo de diversos cánceres y otras enfermedades por parte de los edulcorantes intensivos (Weihrauch y Diehl, 2004; Soffritti et al., 2006; Renwick y Nordmann, 2007, Guerrero y Flores, 2014).

En la actualidad existen en el mercado alternativas naturales metabolizables por el organismo y con ventajas nutricionales como la oligofruktosa, stevia, tagatosa e isomaltulosa, etc... El reto es comprobar su viabilidad en la reformulación de productos tradicionales para mantener o incluso mejorar sus propiedades tecnológicas. Entre los edulcorantes no cariogénicos que se han elegido para el presente trabajo se encuentran la tagatosa y la isomaltulosa.

La isomaltulosa es un isómero de la sacarosa, que se encuentra en pequeñas cantidades en la miel y en la caña de azúcar. Su sabor y apariencia son similares a la sacarosa sin regusto mientras que su poder edulcorante es aproximadamente la mitad del de la sacarosa. La isomaltulosa apenas es fermentada por los microorganismos ambientales u orales. Además se digiere lentamente y de forma completa en el intestino delgado, dando una respuesta más atenuada de glucosa en sangre e insulina, propiedad que podría ser particularmente favorable para los diabéticos (Lina et al., 2002).

En cuanto a la tagatosa se trata de un isómero de la fructosa que se encuentra de manera natural en varios alimentos, incluyendo queso y yogurt. Además posee un poder edulcorante del 92% respecto al azúcar (Oh, 2007; Taylor et al., 2008; Calzada-León et al., 2013). La tagatosa es muy adecuada para productos de confitería como el chocolate y los caramelos duros y las pastas de azúcar. Incluso puede utilizarse en helados, refrescos y cereales para el desayuno (Vastenavond et al., 2011). Se considera un ingrediente funcional debido a que se metaboliza parcialmente y la parte no absorbida (80% de la ingesta) fermenta en el colon, donde ejerce funciones de fibra

soluble (Taylor et al., 2008, Kearsley y O'Donnell, 2012). Por otra parte, su aporte calórico sólo es de 1.5 Kcal/g y no promueve la caries dental (Levin, 2002, Li et al., 2013).

La sandía es una fruta de temporada que se puede emplear en la elaboración de un postre gelificado refrigerado por su disponibilidad, precio y bajo contenido en azúcares. Además esta fruta no es adecuada para la elaboración de confituras y/o mermeladas de calidad «extra» (R.D. 863/2003), por lo que los excedentes como fruta fresca no son habitualmente aprovechados.

El objetivo de este trabajo ha sido evaluar en gelatinas la sustitución de sacarosa por edulcorantes no cariogénicos y de bajo índice glucémico (isomaltulosa y tagatosa) así como la incorporación de licuado de sandía fresca en su formulación, analizando la composición (°Brix y humedad), pH, actividad de agua, capacidad antioxidante, las propiedades mecánicas y ópticas y su estabilidad con el tiempo, comparando los resultados con una gelatina control (con sacarosa y licuado de sandía) y con una gelatina comercial (con sacarosa, aromas y colorantes). Asimismo, se ha realizado una evaluación sensorial de las gelatinas de sandía para ver su aceptación.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Ingredientes y formulación de las gelatinas de sandía

La elaboración de las gelatinas se llevó a cabo con zumo de sandía (Var. *Reina de corazones*), sacarosa (Azucarera Ebro S.L.; España), isomaltulosa (Beneo-Palatinit GmbH; Alemania), tagatosa comercial (40% pureza; Damhert NV/S.A.; Bélgica) y gelatina (Junca Gelatinas S.L.; España).

Las gelatinas se elaboraron según las proporciones del preparado en polvo comercial (sabor Sandía, Royal, España): 86% de azúcares y 9,4% de gelatina. Siguiendo las indicaciones del fabricante, el contenido en polvo del sobre de 85 gramos se diluyó en 500 gramos de agua, quedando una composición final de 12,6% de azúcares y 1,6% de gelatina. En las gelatinas preparadas con zumo de sandía licuado se restaron los azúcares presentes en el mismo de la cantidad de edulcorantes a añadir, manteniendo las proporciones de azúcares y gelatina de la fórmula comercial. En este caso, el agua fue sustituida en un 50% por licuado de sandía. En la fórmula de las comerciales también se incluía vitamina C, reguladores de acidez (ácido fumárico, y citrato de sodio), aromas y colorantes (E100: curcumina y E120: ácido carmínico).

Se siguió la siguiente nomenclatura en función de la combinación de edulcorantes/azúcares empleada respecto al contenido en azúcares: Gelatina control: 100 % sacarosa, Gelatina I50T50: 50% isomaltulosa y 50% tagatosa, Gelatina T: 100% tagatosa, Gelatina I: 100% de isomaltulosa, y Gelatina comercial.

2.2. Proceso de elaboración de la gelatina de sandía

En la figura 1 se representa el diagrama de flujo de las etapas seguidas para la fabricación de las gelatinas de este estudio. Las cantidades de cada componente fueron pesadas en una balanza analítica (PRECISA modelo BJ 6100D). Las etapas de mezclado y batido se llevaron a cabo en una batidora térmica (Thermomix, modelo TM31, Vorwerk, Alemania). Una vez obtenido el producto final, se procedió al llenado de los recipientes y a conservación en refrigeración a 4 °C.

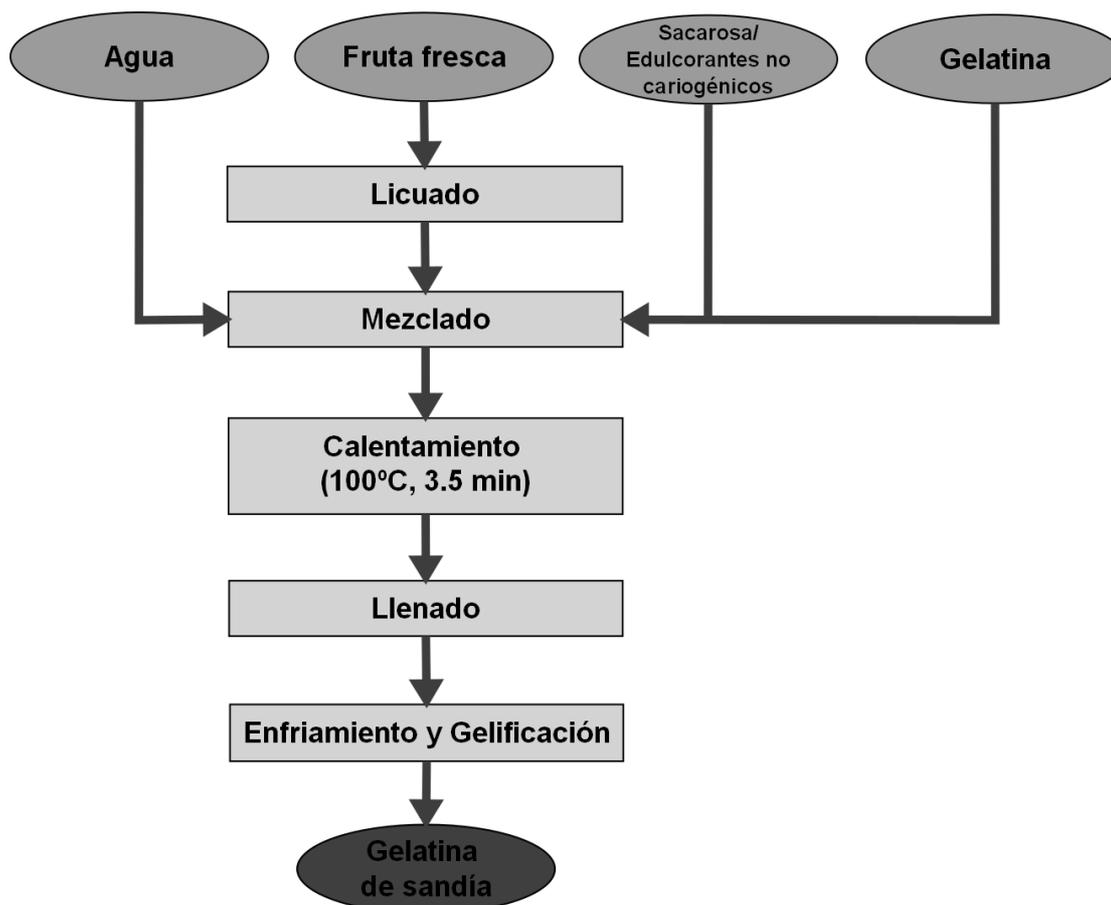


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de las gelatinas de sandía.

2.3. Determinaciones analíticas

Las determinaciones analíticas que se llevaron a cabo fueron: análisis de los °Brix y pH, humedad, actividad de agua, capacidad antioxidante, color y propiedades mecánicas de cada formulación a temperatura de refrigeración. Todas ellas se realizaron por triplicado.

Los análisis se llevaron a cabo al día siguiente de la preparación de la gelatina, y a los 15 días de almacenamiento. A continuación, se describen las metodologías seguidas en cada caso.

2.4. Humedad

Para la determinación de la humedad, (expresada como fracción másica de agua x_w =kg agua/kg materia total) se siguió una adaptación del método 934.06 (AOAC, 2000) para frutas ricas en azúcar. Este método se basa en la determinación de la pérdida de peso de una muestra cuando se coloca en una estufa de vacío (J.P. SELECTA, modelo Vaciotem-T) a una temperatura constante de 60°C y a una presión de 10 mmHg, permaneciendo hasta alcanzar un peso constante.

Finalmente, el contenido en agua se determinó utilizando una balanza analítica (METTLER TOLEDO, mod. XS105 Dual Range).

2.5. °Brix

Los °Brix se determinaron mediante un refractómetro de mesa (ATAGO, modelo 3T) termostatado a 20°C.

2.6. Actividad de agua

Las determinaciones de la actividad de agua (a_w) se realizaron a 25°C en un medidor de actividad de agua (AQUALAB, modelo 4TE).

2.7. pH

Se determinó directamente sobre la muestra, con un pH-metro (METTLER TOLEDO, modelo SevenEasy), con electrodo de contacto. Previamente a las medidas, el equipo fue calibrado con soluciones tampón de pH 7.00 y 4.00, a una temperatura de 25°C.

2.8. Capacidad antioxidante

La actividad antioxidante (AA) de la gelatina de sandía se midió según el método descrito por Shahidi et al. (2006) con algunas modificaciones. En este método, la intensidad del color violáceo de la disolución 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) disminuye en presencia de antioxidantes y el cambio de su absorbancia se mide espectrofotométricamente a 515 nm. Para ello, se recogió 1 gramo por muestra que fue homogeneizado con 6 mL de metanol puro en un vórtex durante cinco minutos, y que posteriormente se centrifugaron durante diez minutos a 13000 rpm en una centrífuga (MEDIFIGER BL). A 0,1 mL de la muestra diluida en metanol se le añadieron 3,9 mL de una disolución de DPPH de 0,024 g/L y después de 30 minutos se midió la absorbancia en un espectrofotómetro (Jasco, modelo V-360).

La actividad antioxidante (%) de las muestras fue calculada en función de la siguiente expresión:

$$AA (\%) = \frac{A_{t=0} - A_{t=30}}{A_{t=0}}$$

Donde $A_{t=0}$ es la absorbancia inicial del DPPH (sin muestra) y $A_{t=30}$ es la absorbancia de la muestra después de 30 minutos.

La medición se comparó con una curva estándar preparada con disoluciones de Trolox y expresada en mg equivalentes de Trolox por gramo de gelatina.

2.9. Propiedades mecánicas

La textura de las gelatinas se determinó mediante un análisis de perfil de textura (TPA) utilizando un texturómetro (TA.XT.plus Texture Analyser). El análisis consistió en una doble compresión con una sonda cilíndrica de 45 mm de diámetro de base plana a una velocidad constante de $1 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ y un porcentaje de deformación del 50%. De esta forma, se registraron los valores de dureza, adhesividad, cohesividad, gomosidad y elasticidad de las muestras, según se muestra en la figura 2.

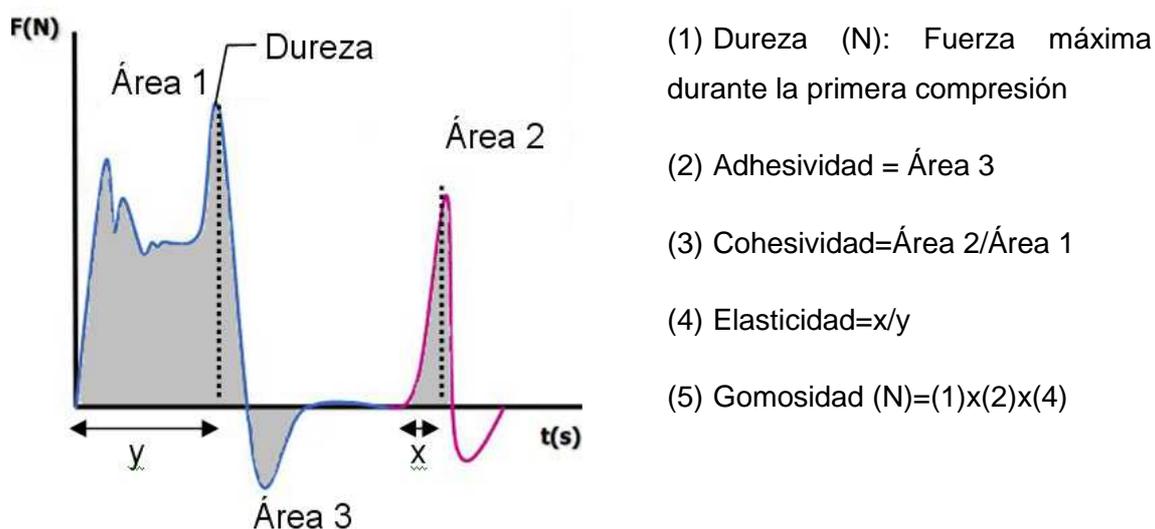


FIGURA 2. Gráfica tipo del ensayo de doble compresión (TPA).

2.10. Propiedades ópticas

La determinación de las propiedades ópticas se realizó en un espectrocolorímetro (Minolta, modelo CM-2600d), tomando como referencia las coordenadas del espacio de color CIEL $*a*b*$, que se obtuvieron por reflectancia utilizando como sistema de referencia el iluminante D_{65} y el observador 10° sobre fondo negro y blanco (previamente calibrado). Todas las determinaciones analíticas se realizaron colocando la gelatina en el centro de la esfera del espectrocolorímetro en los propios contenedores de la gelatina (una cubeta de 50 mm).

2.11. Análisis sensorial

Para cuantificar la aceptación de las gelatinas de sandía formuladas, se llevó a cabo una evaluación sensorial de dos formulaciones, una muestra control obtenida con sacarosa y una muestra comercial. Para ello, a cada catador se le presentaron las cuatro muestras: control, comercial, tagatosa y tagatosa-isomaltulosa en recipientes codificados con números de tres dígitos (147, 506, 467 y 326) respectivamente.

Se realizó un test de aceptación mediante una escala hedónica de 9 puntos (ISO 4121:2003 y ISO 5492:2008) para la evaluación de los siguientes atributos: color del producto, aroma del producto, textura general, sabor del dulce, aceptación global, e intención de compra. Además, se evaluó si el producto presentaba sinéresis.

En la evaluación sensorial participaron 30 personas adultas de edades comprendidas entre veinte y cincuenta años del entorno de la Universidad Politécnica de Valencia. El análisis sensorial se realizó en la sala de catas de la del IUIAD. Esta sala está normalizada según las normas ISO 8589:2007.

2.12. Análisis estadístico

La evaluación de la significación estadística de las diferencias encontradas de las variables se ha realizado con un Análisis de la Varianza (ANOVA), utilizando el programa Statgraphics plus (versión 5.1). El estudio de las interacciones entre los factores formulación y tiempo, se llevó a cabo mediante un test de comparación múltiple, LSD test con un nivel de significación del 95% ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización composicional de las gelatinas

En la tabla 1 se presentan los resultados de humedad (x_w), °Brix, pH y actividad de agua (a_w). Los resultados ponen de manifiesto que en todos los casos las gelatinas alcanzaron un nivel de concentración de azúcares superior a 14 °Brix, siendo mayor en las muestras comercial y control. En consecuencia, las muestras formuladas con los otros edulcorantes presentaron un contenido en agua mayor. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en relación a la actividad de agua entre las gelatinas elaboradas con zumo de sandía, sin embargo en la comercial la actividad de agua fue significativamente mayor. Por otra parte, el tiempo de almacenamiento no afectó significativamente a la humedad, °Brix, y sólo disminuyó significativamente la actividad de agua en las gelatinas con sacarosa. Conviene comentar que además ninguna de las gelatinas evaluadas presentó sinéresis.

En cuanto al pH el valor más bajo se corresponde con la gelatina comercial debido a los reguladores de acidez (citrato sódico y ácido fumárico). En el resto de gelatinas el valor más bajo lo presentó la gelatina I50T50, y en todas ellas el pH aumentó ligeramente con el tiempo.

TABLA 1. Caracterización composicional de las diferentes formulaciones de gelatina.

Código	Tiempo (días)	X _w (g agua/g totales)	°Brix	pH	a _w
Comercial	1	0,852±0,001 ^a	16±0,4 ^d	3,667±0,006 ^a	0,996±0,001 ^c
	15	0,850±0,001 ^a	15,7±0,2 ^d	3,80±0,02 ^b	0,994±0,001 ^b
Control	1	0,853±0,002 ^a	16,27±0,06 ^{cd}	6,337±0,006 ^e	0,994±0,0002 ^b
	15	0,849±0,003 ^a	16,27±0,15 ^c	6,46±0,02 ^f	0,991±0,001 ^a
I	1	0,863±0,001 ^b	14,4±0,2 ^a	6,203±0,006 ^d	0,993±0,001 ^{ab}
	15	0,864±0,005 ^b	14,73±0,06 ^{ab}	6,37±0,04 ^f	0,993±0,001 ^{ab}
T	1	0,860±0,002 ^b	15,03±0,15 ^b	6,25±0,02 ^d	0,992±0,001 ^{ab}
	15	0,865±0,003 ^b	15,1±0,1 ^b	6,40±0,03 ^f	0,993±0,002 ^{ab}
I50T50	1	0,863±0,001 ^b	14,8±0,2 ^b	6,11±0,01 ^c	0,993±0,0005 ^b
	15	0,87±0,006 ^c	14,77±0,21 ^b	6,27±0,04 ^e	0,994±0,002 ^b

Letras iguales indican los grupos homogéneos

3.2. Capacidad antioxidante

En la figura 3 se presentan los resultados de la capacidad antioxidante de las gelatinas estudiadas. Como se puede observar, inicialmente la formulación comercial presentó el valor más alto de capacidad antioxidante, debido a la presencia de vitamina C en la composición de la misma.

Si excluimos la gelatina comercial, se observa que no existieron diferencias significativas en la capacidad antioxidante de las muestras el día 1. Sin embargo, con el tiempo en la formulación con sacarosa y en la mezcla de isomaltulosa y tagatosa aumentó, disminuyendo significativamente en las que sólo contenían isomaltulosa y tagatosa. En este sentido, la combinación de isomaltulosa y tagatosa tendría un efecto sinérgico favoreciendo la concentración de antioxidantes y no sería recomendable utilizar la isomaltulosa y la tagatosa de manera individual.

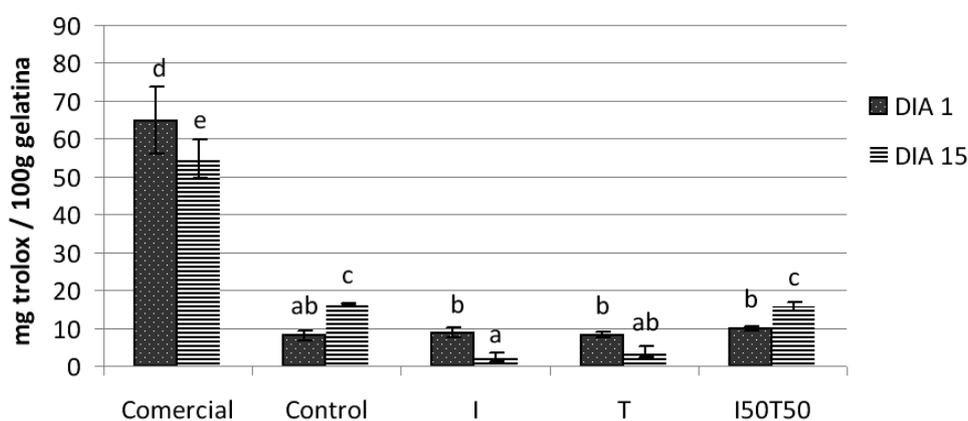


FIGURA 3. Capacidad antioxidante de las diferentes formulaciones de gelatina en función del tiempo. Las letras iguales indican los grupos homogéneos.

3.3. Propiedades mecánicas

En la figura 4, se presentan las curvas del ensayo mecánico que se llevó a cabo en las gelatinas de este estudio. Por otra parte, en la figura 5 se muestran los resultados de los parámetros mecánicos analizados.

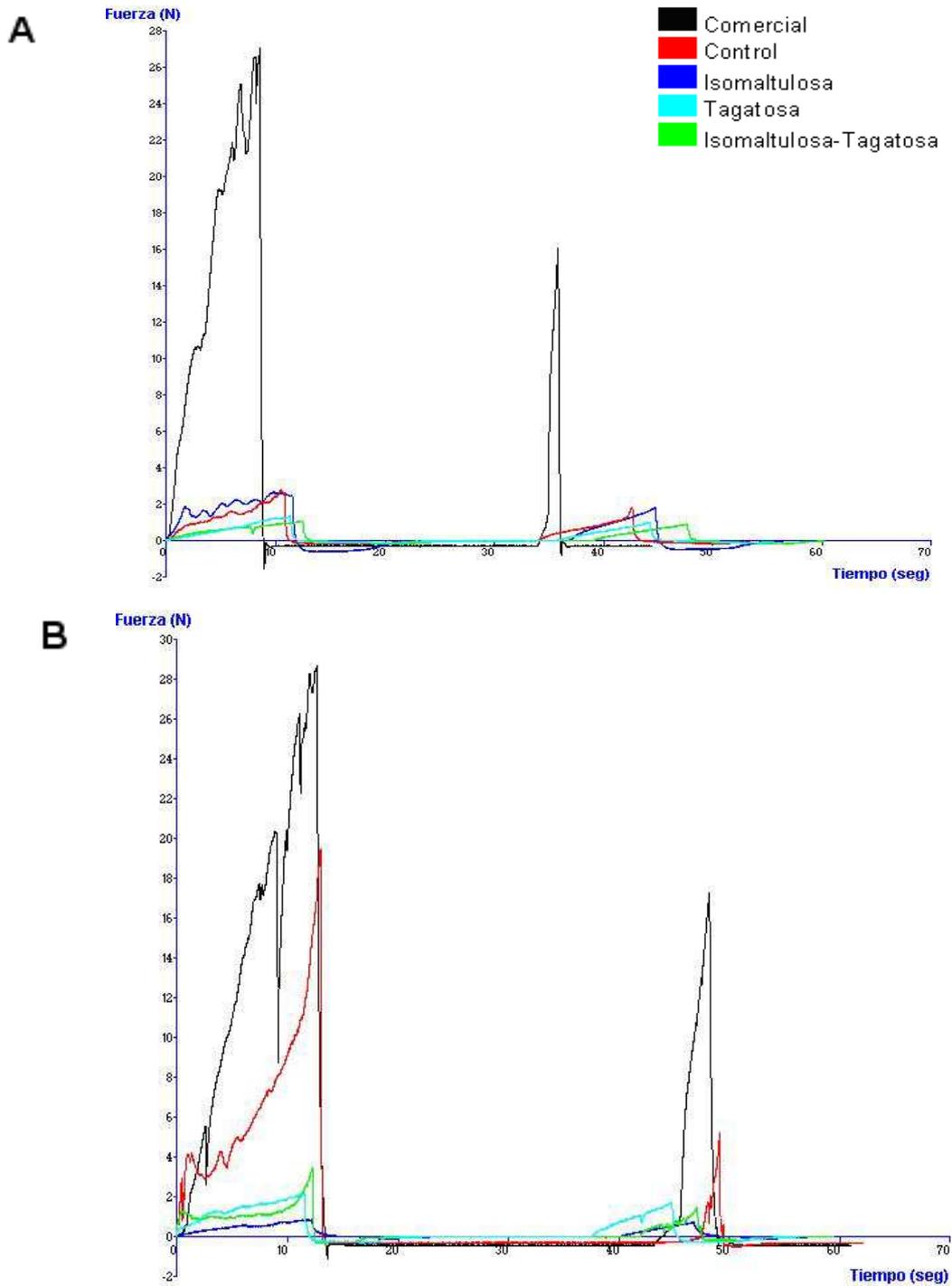


FIGURA 4. Curvas ejemplo del ensayo TPA para las gelatinas estudiadas en función de los edulcorantes utilizados en su formulación inicialmente (A) y transcurridos 15 días de almacenamiento (B).

Como se puede observar, destaca que las curvas obtenidas para la gelatina comercial (figura 4) presentaron unos picos más pronunciados que el resto tanto al inicio como al final del almacenamiento. Además, a los 15 días, el segundo pico de la curva se desplazó a la derecha, especialmente en la gelatina comercial.

Por otra parte, respecto a los resultados mostrados en la figura 5, no hubo diferencias significativas inicialmente en ninguno de los parámetros mecánicos analizados entre las gelatinas formuladas con los diferentes edulcorantes a excepción de la gelatina comercial que presentó una elasticidad significativamente menor. Sin embargo, transcurridos 15 días de almacenamiento, la gelatina comercial manifestó un aumento significativo tanto de la dureza como de la gomosidad y las muestras control redujeron su adhesividad, cohesividad y elasticidad. Las gelatinas formuladas con edulcorantes no cariogénicos mantuvieron todas sus propiedades mecánicas con el tiempo. No obstante, en trabajos previos (Periche et al., (2014)) se registraron menores valores de dureza en gominolas formuladas con isomaltulosa, respecto a las formuladas con sacarosa y jarabe de glucosa recién preparadas. Así, dependiendo del producto estudiado la interacción de los edulcorantes en la formación del gel afecta de manera diferente.

Por tanto, según estos resultados los nuevos edulcorantes estudiados tendrían una mayor capacidad de mantener las propiedades mecánicas del gel con el tiempo. Este comportamiento podría atribuirse al efecto de los acidulantes presentes en la formulación comercial. En este sentido, Dobbs y Bell (2010) observaron que la tagatosa se degradaba más lentamente a pH 3 que a pH 7 en disoluciones tamponadas. Puesto que los valores de pH de las gelatinas de este estudio se encontraron próximos a 6, esta situación evitaría la degradación de la tagatosa.

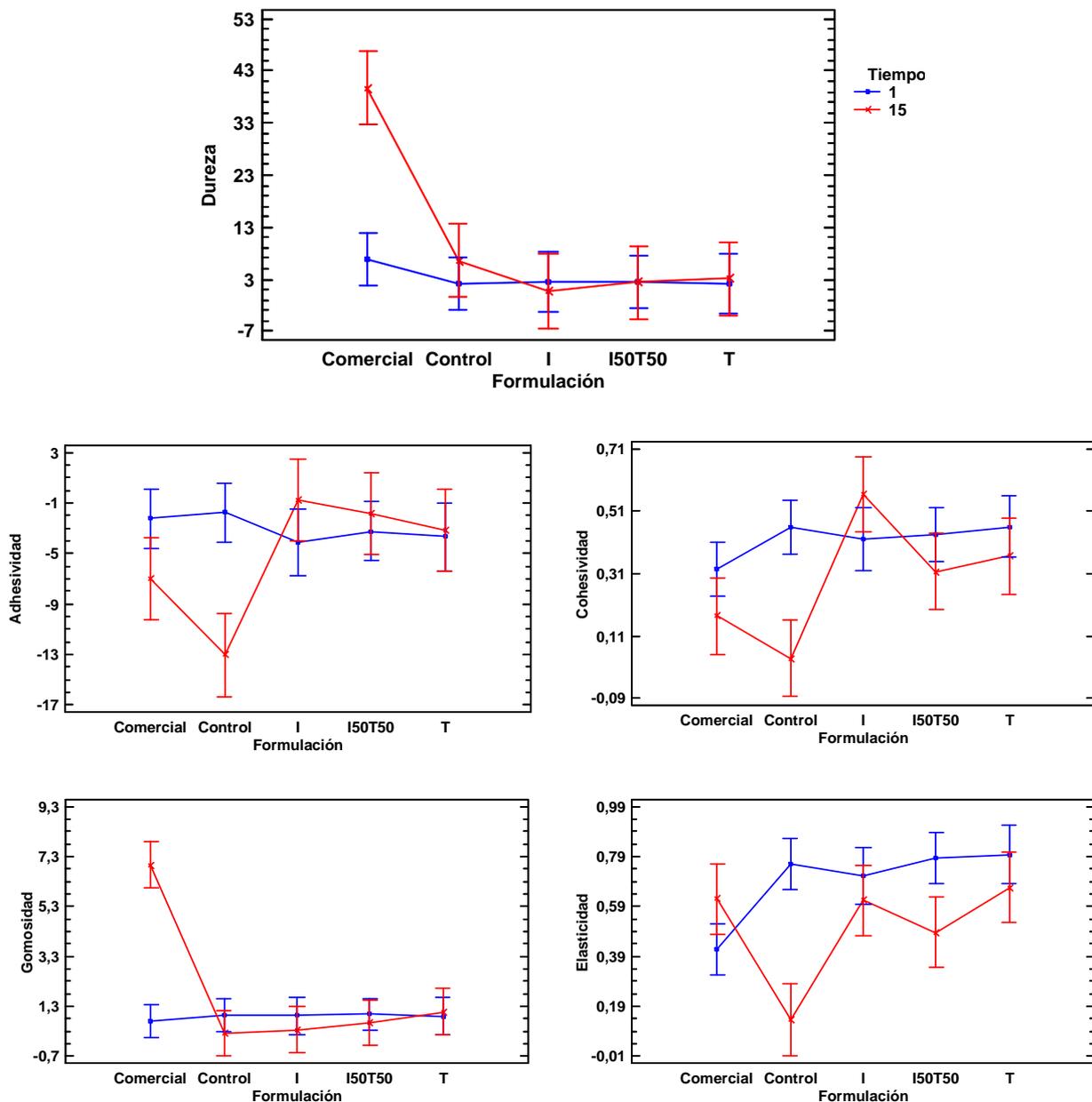


FIGURA 5. Gráficos de interacciones del ensayo del ensayo TPA de los valores de dureza, adhesividad, cohesividad, gomosidad y elasticidad de las gelatinas estudiadas considerando como factores la formulación y el tiempo de almacenamiento.

3.4. Propiedades ópticas

En la figura 6 se presentan los gráficos de interacciones de las distintas coordenadas colorimétricas L^* , a^* y b^* , cromía (C^*) y tono (h^*) en función de la formulación y el tiempo de almacenamiento. Como se puede observar, la gelatina comercial presentó diferencias significativas en L^* , a^* y b^* respecto a las formulaciones con los edulcorantes considerados en este estudio. En concreto, las comerciales presentaron una luminosidad menor y valores de a^* y

b* mayores que el resto. Estas diferencias serían atribuibles a los colorantes utilizados en la comercial (ácido carmínico (E-120) y curcumina (E-100)).

Sin considerar la comercial, el empleo de los edulcorantes nuevos redujo significativamente la luminosidad de las gelatinas. Con el tiempo, las muestras que contienen tagatosa disminuyen significativamente su luminosidad. Respecto a la coordenada a*, no existen diferencias significativas entre las muestras a tiempo cero aumentando únicamente en las muestras que contienen sólo tagatosa con el tiempo. La coordenada b* siguió la misma evolución que la coordenada a*, pero en este caso, la mezcla de tagatosa e isomaltulosa también presentó un aumento después del almacenamiento. Como consecuencia, la pureza de color fue significativamente mayor a los 15 días en las muestras que sólo contenían tagatosa. Por último, el mayor tono se registró en la gelatina con la combinación de isomaltulosa y tagatosa.

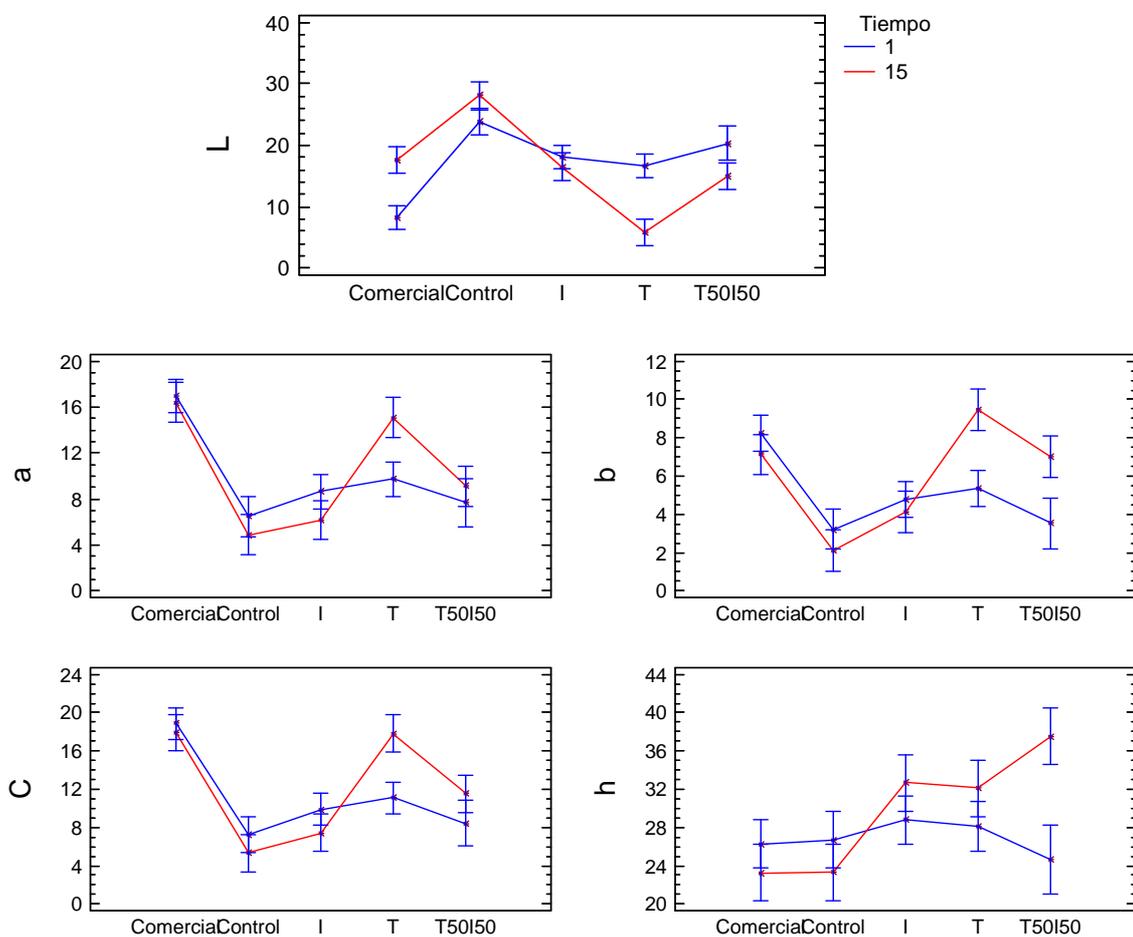


FIGURA 6. Gráficos de interacciones de los parámetros de color: luminosidad, coordenadas a* y b*, croma (C*) y tono (h*) de las gelatinas estudiadas considerando como factores la formulación y el tiempo de almacenamiento.

3.5. Análisis sensorial

En la figura 7 se presentan los resultados del análisis sensorial realizado por los catadores de las muestras comercial, control, tagatosa (T) y la que contenía la mezcla de isomaltulosa y tagatosa en igual proporción (I50T50).

Los resultados del análisis sensorial se analizaron a partir de dos ANOVAs. Por un lado, se consideraron todas las formulaciones (comercial, control, tagatosa y la mezcla de tagatosa e isomaltulosa) y por otro todas excepto la comercial. Así, en el primer ANOVA se detectó una mejor valoración del color y del aroma en la gelatina comercial respecto a las obtenidas en este estudio fruto de la incorporación de colorantes y aromas artificiales utilizados en la misma. Por otra parte, la textura de las gelatinas formuladas con la mezcla de isomaltulosa y tagatosa presentó valores similares a los de la comercial, siendo en los otros dos casos, significativamente inferiores. Estos resultados son contrapuestos a los registrados en el análisis instrumental de las propiedades mecánicas, ya que inicialmente no se detectaron diferencias significativas entre todas las muestras estudiadas, salvo en la elasticidad que fue inferior en la comercial. Por último, no se observaron diferencias significativas entre las gelatinas estudiadas respecto al sabor dulce, la valoración global y la intención de compra en ninguno de los ANOVAs analizados. Por tanto, según este estudio, el reemplazamiento de los azúcares convencionales por una mezcla de isomaltulosa y tagatosa en igual proporción sería viable desde el punto de vista sensorial.

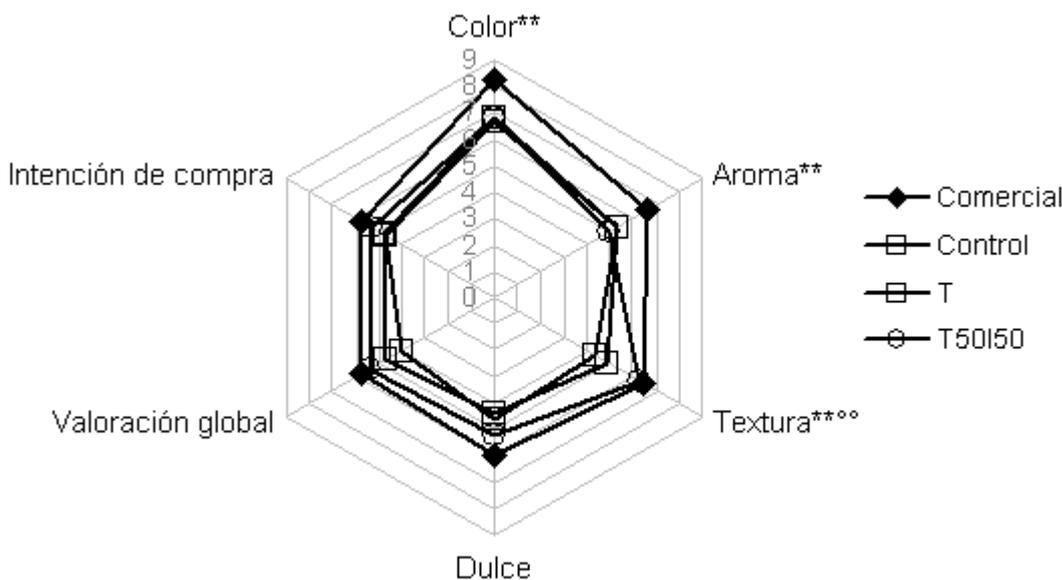


FIGURA 7. Resultados del análisis sensorial en la evaluación de las gelatinas de sandía en función de la formulación considerada.

Nivel de significancia (n.s) del ANOVA considerando todas las gelatinas: *n.s.: 95%, **n.s.: 99%
Nivel de significancia (n.s) del ANOVA sin considerar la gelatina comercial: ^{oo}n.s.: 99%

4. CONCLUSIONES

La reformulación de gelatinas de sandía con los edulcorantes saludables utilizados en este trabajo es viable. En cuanto a la capacidad antioxidante, la mezcla de isomaltulosa y tagatosa y el almacenamiento contribuyeron a su potenciación a niveles similares a la gelatina control, aunque sin superar los valores de la gelatina comercial. Las propiedades mecánicas de las gelatinas formuladas con los nuevos edulcorantes fueron similares a la de las preparadas con sacarosa y se mantuvieron muy estables con el tiempo. Sin embargo, sensorialmente, la textura fue un atributo determinante en la evaluación de las gelatinas, siendo la formulación que contenía igual proporción de tagatosa e isomaltulosa la mejor evaluada junto con la comercial. No obstante, habría que considerar cómo mejorar la estabilidad del color con el tiempo de las gelatinas formuladas con tagatosa.

5. AGRADECIMIENTOS

A la familia Capella-Serigó por la donación de la materia prima y al proyecto de la GV/2013/029 de la Conselleria de Educació, Cultura i Esport.

6. REFERENCIAS

- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International (17th edition). Gaithersburg, MD, USA.
- Apuntes de "Propiedades Ópticas y mecánicas de los alimentos en relación con los procesos" Calzada-León, R., Ruiz-Reyes, M.L., Altamirano-Bustamante, N., Padrón-Martínez, M.M. 2013. Características de los edulcorantes no calóricos y su uso en niños. *Acta Pediátrica de México*, **34(3)**:141-153.
- Dobbs, C.M., Bell, L.N., 2010. Storage stability of tagatose in buffer solutions of various composition. *Food Research International*, **43**, 382–386.
- Guerrero, T., Flores, G. 2014. Posibles riesgos para la salud debido al consumo de aspartame. *Enfoque UTE*, 2,1–13.
- ISO 4121. 2003. Sensory analysis. Guidelines for the use of quantitative response scales. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland.
- ISO 8589. 2007. Sensory analysis. General guidance for the design of test rooms. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland.
- ISO 5492. 2008. Sensory analysis. Vocabulary. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland.
- Kearsley, M. & O'Donnell, K. 2012. Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology. Second Edition. Ed: Wiley-Blackwell. Chichester, West Sussex, U.K.
- Levin, G.V. 2002. Tagatose, the new GRAS sweetener and health product. *Journal of Medical Food*, **5(1)**:23-36.
- Li, Z., Gao, Y., Nakanishi, H., Gao, X. & Cai, L. 2013. Biosynthesis of rare hexoses using microorganisms and related enzymes. *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, 9, 2434–2445.
- Lina, B.A.R.; Jonker, G.; Kozianowski, G. 2002. Isomaltulose (Palatinose review of biological and toxicological studies). *Food and Chemical Toxicology*, **40(10)**: 1375-1381.
- Oh, D.K. 2007. Tagatose: properties, applications, and biotechnological processes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, **76(1)**:1-8.
- 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

- R.D. 863/2003, de 5 de julio, por el que se establecen la norma de calidad para la elaboración, comercialización y venta de confituras, jaleas, «marmalades» de frutas y crema de castañas. B.O.E., **160**:26175-26178.
- Renwick, A.G., Nordmann, H. (2007). First European conference on aspartame: Putting safety and benefits into perspective. Synopsis of presentations and conclusions. *Food and Chemical Toxicology*, **45(7)**:1308-1313.
- Shahidi, F.; Liyana-Pathirana, C.M.; Wall, D.S. 2006. Antioxidant activity of white and black sesame seeds and their hull fractions. *Food Chemistry*, **99(3)**:478-483.
- Soffritti, M., Belpoggi, F., Degli Esposti, D., Lambertini, L., Tibaldi, E., Rigano, A. (2006). First experimental demonstration of the multipotential carcinogenic effects of aspartame administered in the feed to Sprague-Dawley rats. *Environmental Health Perspectives*, **114(3)**:379-385.
- Taylor, T.P.; Fasina, O.; Bell, L.N. 2008. Physical properties and consumer liking of cookies prepared by replacing sucrose with tagatose. *Journal of food science*. **73(3)**:145-151.
- UNE 87025:1996. Análisis sensorial. Metodología. Perfil de textura.
- Vastenavond, C.M.; Bertelsen, H.; Hansen, S.J.; Laursen, R.S.; Saunders, J.; Eriknaer, K. 2012. Tagatose (D-tagatose). In: Nabors L, editor. *Alternative sweeteners*, **13**:197-222.
- Wehrauch, M.R., Diehl, V. 2004. Artificial sweetener—do they bear a carcinogenic risk? *Annals of Oncology*, **15(10)**:1460-1465.
- WHO, 2014. Dirección URL: <<http://www.who.int/mediacentre/news/notes/2014/consultation-sugar-guideline/en/>>. [Consulta: 20 Ene. 2014].