



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



INSTITUTO DE INGENIERÍA DE
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

***ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y DE AZÚCARES
CARIOGÉNICOS EN GOMINOLAS CON
NUEVOS EDULCORANTES Y EXTRACTO
ACUOSO DE STEVIA***

MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

ALUMNA:

DESAMPARADOS ASINS NAVARRO

DIRECTORAS ACADÉMICAS:

DRA. EVA DOMÉNECH ANTICH

DRA. MARISA CASTELLÓ GÓMEZ

Valencia – Septiembre 2016

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y DE AZÚCARES CARIOGÉNICOS EN GOMINOLAS CON NUEVOS EDULCORANTES Y EXTRACTO ACUOSO DE STEVIA

Asins, D., Doménech, E., Castelló, M.L.¹

RESUMEN

Las gominolas son alimentos con un alto contenido en azúcares que consumen tanto los niños como los adultos. Los azúcares convencionales utilizados en su elaboración contribuyen a la aparición de caries, diabetes y obesidad. El mercado dispone de nuevos edulcorantes con propiedades beneficiosas para el organismo, como la tagatosa, la oligofructosa, la isomaltulosa y la stevia. En el presente trabajo se han estudiado las características fisicoquímicas y el contenido en azúcares cariogénicos (glucosa, fructosa y sacarosa) de gominolas elaboradas con distintas combinaciones de estos azúcares saludables respecto a gominolas elaboradas con azúcares convencionales (sacarosa y jarabe de glucosa). El perfil de azúcares de las gominolas se analizó mediante cromatografía líquida de intercambio iónico. Los resultados mostraron que los nuevos edulcorantes se mantienen estables durante el proceso de elaboración de las gominolas. Por otra parte, la incorporación de extracto acuoso de stevia mejoró la translucidez de las gominolas, mientras que la combinación de oligofructosa, tagatosa y stevia contribuyó al mantenimiento del color respecto a la muestra control. Además, las muestras elaboradas con isomaltulosa, oligofructosa y tagatosa, así como las formuladas con azúcares convencionales y extracto acuoso de stevia, presentaron los valores más altos de dureza, cohesividad y gomosidad. Por último, las gominolas elaboradas con oligofructosa, tagatosa y extracto acuoso de stevia al 1% fueron las mejor valoradas en el análisis sensorial.

PALABRAS CLAVE: gominolas, tagatosa, oligofructosa, stevia, isomaltulosa, cromatografía líquida de intercambio iónico

RESUM

Les gominoles són aliments amb un alt contingut en sucres que consumeixen tant els nens com els adults. Els sucres convencionals utilitzats en la seua elaboració contribueixen a l'aparició de càries, diabetis i obesitat. El mercat disposa de nous edulcorants amb propietats beneficioses per a

¹ Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo. Universitat Politècnica de València. Camino de Vera s/n, 46022. Valencia, España.

l'organisme, com la tagatosa, l'oligofructosa, la isomaltulosa i la stevia. En el present treball s'han estudiat les característiques fisicoquímiques i el contingut en sucres cariogènics (glucosa, fructosa i sacarosa) de gominoles elaborades amb diferents combinacions d'aquests sucres saludables respecte a gominoles elaborades amb sucres convencionals (sacarosa i xarop de glucosa). El perfil de sucres de les gominoles es va analitzar mitjançant cromatografia líquida d'intercanvi iònic. Els resultats van mostrar que els nous edulcorants es mantenen estables durant el procés d'elaboració de les gominoles. D'altra banda, la incorporació d'extracte aquós de stevia va millorar la translucidesa de les gominoles, mentre que la combinació de oligofructosa, tagatosa i stevia va contribuir al manteniment del color respecte a la mostra control. A més, les gominoles elaborades amb isomaltulosa, oligofructosa i tagatosa, així com les formulades amb sucres convencionals i extracte aquós de stevia, van presentar els valors més alts de duresa, cohesivitat i gomositat. Finalment, les gominoles elaborades amb oligofructosa, tagatosa i extracte aquós de stevia a l'1 % van ser les més ben valorades en l'anàlisi sensorial.

PARAULES CLAU: gominoles, tagatosa, oligofructosa, stevia, isomaltulosa, cromatografia líquida d'intercanvi iònic

ABSTRACT

Gummy confections are foods with a high sugar content that are consumed by both children and adults. Conventional sugars used to make them contribute to tooth decay, diabetes, and obesity. The market has new sweeteners with healthy food properties, such as tagatose, oligofructose, isomaltulose and stevia. In this work we have studied the physicochemical characteristics and the content of cariogenic sugars (glucose, fructose, and sucrose) of gummy confections made with different combinations of these healthy sugars with respect to gummy confections made conventional sugars (sucrose and glucose syrup). The sugar profile of the gummy confections was analyzed by ion exchange liquid chromatography. The results showed that the new sweeteners remain stable during the production of gummy confections. Moreover, by incorporating the aqueous extract of stevia the translucency of gummy confections was improved, while the combination of oligofructose, tagatose, and stevia contributed to the color maintenance over the control sample. In addition, gummy confections made with isomaltulose, oligofructose, and tagatose, as well as those made with conventional sugars and aqueous extract of stevia, presented the highest values of hardness, cohesiveness, and gumminess. Finally, gummy confections made with oligofructose, tagatose, and 1% aqueous extract of stevia were the best rated in the sensory analysis.

KEYWORDS: gummy confections, tagatose, oligofructose, stevia, isomaltulose, liquid ion exchange chromatography

1. INTRODUCCIÓN

Una alimentación inadecuada, con un consumo excesivo de grasas y azúcares, se relaciona con problemas de salud como sobrepeso y obesidad, que afectan al 39% y al 13%, respectivamente, de la población adulta a nivel mundial (Organización Mundial de la Salud, 2016). Al mismo tiempo, existe una creciente preocupación de los consumidores por la salud (Lorenzo et al., 2014) y cada vez es mayor la demanda de productos más saludables, como los productos "light" (Aidoo et al., 2013) o los productos bajos en azúcar (Periche et al., 2014).

Las gominolas son alimentos ricos en azúcar, muy consumidos tanto por niños como por adultos, si bien, en la Pirámide de la Alimentación Saludable, los dulces se encuentran dentro del grupo de alimentos cuyo consumo debe ser opcional, ocasional o moderado (Sociedad Española de Nutrición Comunitaria, 2015); por ello, sería ventajoso disponer de gominolas más sanas. Las gominolas tradicionales se elaboran con grandes cantidades de sacarosa y jarabe de glucosa, combinadas con un agente gelificante, comúnmente conocido como gelatina, además de ácidos, aromas y colorantes (Periche et al., 2014). Los azúcares convencionales utilizados en la elaboración de las gominolas contribuyen a la aparición de caries dental (Marshall, 2014; Parisotto et al., 2015; Hodoniczky et al., 2012), la diabetes y la obesidad (Fitch y Keim, 2012). Por ello, la Organización Mundial de la Salud (2015) recomienda limitar su consumo a menos del 10% de la energía total.

Existen alternativas clásicas a los azúcares tradicionales, como el ciclamato, la sacarina, el aspartamo o los polialcoholes, entre otros, cuyo poder edulcorante es mucho mayor al de la sacarosa y su contenido calórico es reducido o nulo. Sin embargo, algunos de estos edulcorantes pueden no satisfacer las necesidades tecnológicas propias de los azúcares tradicionales (Quintanilla et al., 2014), ya que algunos se utilizan en pequeñas cantidades y no aportan volumen. Hoy en día, el mercado dispone de nuevos edulcorantes con propiedades beneficiosas para el organismo y que ya se están empleando en la elaboración de productos más saludables, como la tagatosa, la oligofructosa (Rubio-Arrea et al., 2015), la isomaltulosa (Peinado et al., 2013) y la stevia (Aidoo et al., 2013). A continuación, se detallan las características principales de los nuevos edulcorantes utilizados en este trabajo.

La tagatosa es un monosacárido de origen natural que se encuentra en pequeñas cantidades en algunas frutas y productos lácteos (Preedy, 2014). También puede producirse a nivel comercial mediante un proceso químico o enzimático. Posee un poder edulcorante del 92% respecto a la sacarosa (Chattopadhyay et al., 2014). Además, no produce caries y es considerado seguro por la Food and Drug Administration (Giacaman et al., 2014). Algunos estudios sugieren que posee propiedades como prebiótico, pues se absorbe mínimamente en la parte superior del tracto gastrointestinal y se fermenta en el intestino (Dobbs y Bell, 2010). Otras propiedades son su solubilidad y elevada temperatura de fusión (134°C) (Aidoo et al., 2013). En los alimentos se utiliza como texturizante, estabilizador, humectante y potenciador del sabor (Fitch y Keim, 2012).

En cuanto a la oligofruktosa, se trata de un oligosacárido derivado de la sacarosa, cuyo valor calórico es bajo. Además, presenta un poder edulcorante de entre el 30 y el 60% respecto a la sacarosa (Coussement, 1999), mientras que su solubilidad es mayor (Aidoo et al., 2013). La oligofruktosa reduce el colesterol y los niveles de azúcar en sangre, al tiempo que mejora la absorción del calcio (van den Heuvel et al., 1999). Destaca también su funcionamiento como fibra dietética regulando el tránsito intestinal (Rubio-Arreaz et al., 2015).

Por otra parte, la isomaltulosa es un disacárido reductor compuesto de una molécula de glucosa y una molécula de fructosa unidas mediante un enlace α -1,6 (Lina et al., 2002). De manera natural, la isomaltulosa se encuentra en la miel y en la caña de azúcar, y se obtiene a partir de la sacarosa por reordenamiento y cristalización (Weidenhagen y Lorenz, 1957). Su sabor y apariencia es similar al de la sacarosa (Lina et al., 2002), aunque su poder edulcorante es aproximadamente del 42% respecto a la misma. Su temperatura de fusión es de 123-124°C y presenta estabilidad a pH ácido (Lina et al., 2002), aunque su solubilidad es del 30% a 25°C (Kaga y Mizutani, 1985). La isomaltulosa es no cariogénica (Aidoo et al., 2013) y no tiene efecto laxante. Se hidroliza completamente y se absorbe en el intestino delgado, pero la velocidad de hidrólisis es más baja respecto a la sacarosa (de Oliva-Neto y Menão, 2009); por ello, resulta adecuado para los diabéticos.

Por último, la *Stevia rebaudiana* es una planta perenne de Brasil y Paraguay (Goyal y Goyal, 2010) cuyas hojas contienen esteviósidos, también llamados glucósidos de steviol. Estos compuestos son estables a temperaturas de hasta 200°C y presentan un dulzor 250-300 veces mayor que el de la sacarosa, sin aportar calorías (Edwards et al., 2016), lo que permite su uso como edulcorante natural no calórico. La stevia posee propiedades anticariogénicas, antiinflamatorias, diuréticas, antihipertensivas, antihiperglicémicas, antidiarreicas, antitumorales, antioxidantes, antidiabéticas e inmunomoduladoras (Chatsudthipong y Muanprasat, 2009; Shivanna et al., 2013; Lemus-Mondaca et al., 2012), y su consumo se considera seguro por la Food and Drug Administration (Giacaman et al., 2014). Actualmente, se utiliza como edulcorante de mesa y también en alimentos como chocolates (Belščak-Cvitanović et al., 2015) y postres.

En trabajos anteriores se han formulado gominolas utilizando diferentes proporciones de tagatosa, oligofruktosa, isomaltulosa y extractos acuosos de stevia, estudiando su aceptación respecto a las gominolas elaboradas con azúcares convencionales (Quintanilla et al., 2014). En su elaboración, los azúcares han sido sometidos a procesos de calentamiento y mezcla que han favorecido su disolución, aunque han podido afectar a la estabilidad de estos edulcorantes saludables.

Por todo ello, el objetivo de este estudio ha sido analizar la posible presencia de azúcares cariogénicos (glucosa, fructosa y sacarosa) mediante análisis por cromatografía líquida de intercambio iónico en gominolas formuladas con distintas combinaciones de nuevos edulcorantes (tagatosa, oligofruktosa, isomaltulosa y stevia) así como comparar sus propiedades fisicoquímicas con respecto a gominolas formuladas con azúcares convencionales (sacarosa y jarabe de glucosa).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ingredientes

Los ingredientes utilizados en la elaboración de las gominolas fueron los siguientes: sacarosa (Azucarera Ebro S.L.; España), oligofruktosa (Sensus B.V.; Países Bajos), isomaltulosa (Beneo-Palatinit GmbH; Alemania), jarabe de glucosa 82° Brix (Conservas Cydonia, S.A.; España), tagatosa comercial (40% pureza; Damhert NV/S.A.; Bélgica), hojas de stevia (*Stevia rebaudiana*) deshidratadas "Energy fruits" (Tentorium Energy, S.L., España), gelatina (Junca Gelatines S.L.; España), colorante caramelina (EPSA Valencia; España), aroma de maracuyá (Firmenich S.A.; España), ácido cítrico (Scharlab, S.L.; España) y aceite de girasol.

2.2. Formulación

Todas las gominolas se elaboraron con un 51,7% de azúcares/edulcorantes, un 39,8% de fase líquida (agua o extracto acuoso de stevia), un 8% de gelatina, un 0,5% de ácido cítrico, 200 µL de colorante y 250 µL de aroma. Se elaboraron gominolas tradicionales utilizando sacarosa y jarabe de glucosa, mientras que en el resto de formulaciones se emplearon los edulcorantes isomaltulosa, oligofruktosa y tagatosa. La elección de las formulaciones estudiadas se hizo en base a trabajos anteriores en los que se comprobó su aceptabilidad (Quintanilla et al., 2014). La nomenclatura utilizada para identificar las distintas gominolas en función de la combinación de azúcares empleada fue la siguiente:

- Control: Combinación de un 60% de jarabe de glucosa con un 40% de sacarosa
- O70T30: Combinación de un 70% de oligofruktosa con un 30% de tagatosa
- I30O70: Combinación de un 30% de isomaltulosa con un 70% de oligofruktosa
- IOT33: Combinación de un 33% de isomaltulosa, oligofruktosa y tagatosa

Para evaluar el efecto de la incorporación de stevia en las gominolas se procedió a sustituir el agua por extracto acuoso de stevia con una concentración del 1% o del 5% en peso. El extracto acuoso de stevia se preparó a partir de hojas deshidratadas de esta planta, las cuales se trataron con radiación ultravioleta en campana de flujo laminar durante dos periodos consecutivos de 20 minutos para eliminar la posible contaminación (Quintanilla et al., 2014). A continuación, se preparó una infusión de las hojas irradiadas con agua (5 minutos a 90°C), con el fin de extraer sus componentes hidrosolubles (Periche et al., 2014).

En las gominolas en las que se sustituyó el agua por extracto acuoso de stevia, a los códigos anteriores se les añadió: S1 y S5 según si la concentración de stevia en el extracto era del 1% o del 5% respectivamente. En las gominolas control con stevia el código empleado fue: ControlS.

2.3. Proceso de elaboración de las gominolas

Las gominolas se elaboraron como en estudios anteriores (Quintanilla et al., 2014). Los azúcares empleados se pesaron en una balanza analítica (Precisa modelo BJ 6100D) y se colocaron en el vaso de una batidora eléctrica (Thermomix, TM31, Vorwerk, Alemania). Estos azúcares fueron mezclados con el 50% de la fase líquida de la formulación, a una temperatura de 100°C y una velocidad de 300 rpm, durante 10 minutos.

El jarabe obtenido se dejó reposar hasta que su temperatura se redujo a 60-70°C antes de incorporar la gelatina, pues a temperaturas más altas la gelatina podría perder sus propiedades gelificantes (Vercher, 2012). La gelatina se añadió al jarabe diluida en el 50% restante de fase líquida. Tras adicionar el ácido cítrico, el colorante y el aroma, la mezcla se agitó a una temperatura de 70°C y 300 rpm durante 5 minutos.

Por último, la mezcla elaborada se vertió en moldes de silicona (Silikomart Praliné) previamente impregnados con una pequeña cantidad de aceite de girasol para facilitar el desmolde posterior de las gominolas. Tras 24 horas a temperatura ambiente, las gominolas se desmoldaron y se conservaron a temperatura ambiente en tarrinas PET, separadas por papel aluminio para evitar el contacto entre ellas.

2.4. Determinaciones analíticas

Las determinaciones analíticas detalladas a continuación fueron llevadas a cabo por triplicado para obtener una mayor fiabilidad de los datos obtenidos en la realización de los análisis.

2.4.1. HUMEDAD Y ACTIVIDAD DE AGUA

El contenido en humedad de las muestras se determinó de acuerdo a la norma de la AOAC nº 934.06 por gravimetría hasta peso constante utilizando una balanza analítica (METTLER TOLEDO, modelo XS105 Dual Range). Las determinaciones de la actividad de agua (aw) se realizaron a 25°C en un higrómetro de punto de rocío (AQUALAB, modelo 4TE).

2.4.2. CONTENIDO EN GLUCOSA, FRUCTOSA Y SACAROSA

Se estudió el contenido en azúcares cariogénicos (glucosa, fructosa y sacarosa) en las muestras Control, O70T30, I30O70 y IOT33 mediante Cromatografía Líquida de Intercambio Iónico (cromatógrafo modelo 716 Compact IC Metrohm), con columna Metrosep Carb 1 250/4,6 (250 mmLx 4,6 mmID), utilizando 0.1 M NaOH (1 mL/min) como fase móvil. Para la determinación de azúcares en las muestras estudiadas, se prepararon diluciones 1:10000, 1:8000 y 1:5000 con agua bidestilada (miliQ), que se filtraron a través de un filtro de nailon de 0,45 µm. Para la cuantificación del contenido en azúcares en las gominolas se emplearon patrones de glucosa (pureza ≥99.5%), fructosa (pureza ≥99%) y sacarosa (pureza ≥99.5%), preparados en diluciones de 0.25, 0.5, 1, 1.5, 2.5, 5, 10, 15 y 25 ppm. La

lectura de los cromatogramas se realizó mediante el programa IC Net 2.3 (Metrohm).

En la Figura 1 se presenta un cromatograma correspondiente al patrón de 2.5 ppm de glucosa, fructosa y sacarosa.

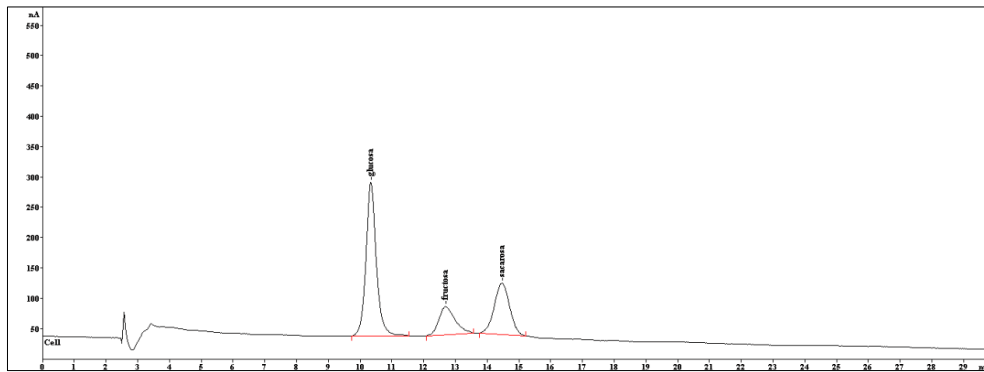


FIGURA 1. Cromatograma obtenido por cromatografía líquida de intercambio iónico de los patrones de glucosa, fructosa y sacarosa de 2.5 ppm

2.4.3. PROPIEDADES ÓPTICAS

Para la determinación de las propiedades ópticas se utilizó un espectrocolorímetro (Minolta, modelo CM-3600d), obteniendo el espectro de reflexión de las muestras entre 400 y 700 nm. Se emplearon las coordenadas de color CIE L*a*b* utilizando como referencia el observador 10° e iluminante D65. Las medidas se realizaron sobre fondo negro y blanco debido a que las muestras eran traslúcidas, para poder aplicar posteriormente la teoría de Kubelka-Munk.

2.4.4. PROPIEDADES MECÁNICAS

Se realizaron determinaciones de dureza, cohesividad, adhesividad, gomosidad y elasticidad de las muestras mediante un análisis de perfil de textura (TPA) utilizando un texturómetro (TA.XT.plus Texture Analyser). El ensayo consistió en una doble compresión con una sonda cilíndrica de 45 mm de diámetro de base plana a una velocidad constante de 1 mm/s y un porcentaje de deformación del 50%.

2.4.5. ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis sensorial se llevó a cabo por un panel de catadores no entrenados a los que se les presentaron las muestras Control, O70T30, O70T30S1 y O70T30S5. Se realizó una prueba sensorial de preferencia-aceptación, en la que los catadores puntuaron el aspecto, el color, el aroma, la pegajosidad, el dulzor, el sabor, la dureza, la consistencia, la aceptabilidad y la intención de compra de las muestras presentadas, mediante una escala numérica del 1 al 10 (Norma UNE-ISO 2141). El análisis sensorial se realizó en el Laboratorio de Análisis Sensorial del IUIAD de la UPV.

2.4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante el programa Statgraphics Centurion XVI (Versión 16.1.17), para evaluar el efecto significativamente estadístico de las formulaciones elaboradas sobre las variables estudiadas. Se realizó un Análisis de la Varianza (ANOVA Simple) mediante un test de comparación múltiple, con un nivel de significación del 95% ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Actividad de agua, humedad y contenido en azúcares cariogénicos de las gominolas

En la Tabla 1 se muestran los resultados de actividad de agua, contenido en humedad en 100 gramos de gominola, así como el porcentaje de azúcares cariogénicos registrados en las nuevas gominolas formuladas sin stevia.

TABLA 1. Actividad de agua, humedad y contenido en azúcares cariogénicos de las gominolas en función de la formulación estudiada

Formulación	a_w	%Agua	%Glucosa	%Fructosa	%Sacarosa
Control	0,896(0,003) ^{bc}	37,4(0,5) ^c	10,09(0,04) ^b	-	33,5(1,3) ^c
ControlS	0,8875(0,0005) ^a	36,4(1,4) ^{bc}	No se analizó		
O70T30	0,884(0,004) ^a	35,2(0,3) ^{ab}	0,18(0,03) ^a	1,0(0,3) ^b	1,3(0,3) ^b
O70T30S1	0,895(0,002) ^b	36,4(0,2) ^{bc}	No se analizó		
O70T30S5	0,901(0,005) ^{cd}	34,6(0,2) ^a	No se analizó		
I30O70	0,904(0,002) ^d	35,6(0,7) ^b	0,11(0,03) ^a	0,36(0,03) ^a	0,11(0,02) ^a
IOT33	0,893(0,002) ^b	35,5(0,5) ^{ab}	0,12(0,02) ^a	0,25(0,02) ^a	0,14(0,01) ^a

Letras iguales indican grupos homogéneos

Como se puede observar, la muestra I30O70 presentó los valores de a_w más altos, mientras que las muestras control con extracto acuoso de stevia al 1% y O70T30 presentaron los valores más bajos. En cuanto a las muestras con stevia, su comportamiento respecto a la a_w es distinto en función de su composición, pues la gominola control con stevia mostró valores más bajos de a_w que la misma formulación sin stevia, mientras que las muestras O70T030S1 y O70T30S5 tuvieron valores de a_w más altos que la muestra O70T03; por ello, se puede decir que la stevia influye de manera distinta sobre la a_w de las gominolas según cual sea la composición en azúcares de las mismas. En este caso, las muestras elaboradas con oligofructosa, tagatosa y extracto acuoso de stevia al 1%, y las elaboradas con la misma proporción de isomaltulosa, oligofructosa y tagatosa (IOT33), presentaron los valores de a_w más parecidos a los de la muestra control.

Los valores de humedad registrados en las gominolas fueron muy similares en todos los casos, y estuvieron dentro de lo recomendado para este tipo de producto (Edwards, 2002). No obstante, la muestra control presentó la

humedad más alta, mientras que las gominolas elaboradas con oligofructosa, tagatosa y extracto acuoso de stevia al 5%, mostraron los valores más bajos. Por otra parte, las muestras elaboradas con diferentes proporciones de nuevos edulcorantes y sin stevia, tuvieron valores similares de humedad, sin diferencias significativas respecto a la muestra O70T30S5. En cuanto a la stevia, la muestra control elaborada con extracto acuoso de stevia al 1%, presentó valores más bajos de humedad que la muestra control; en cambio, la muestra O70T30S1 mostró valores más altos de humedad respecto a la misma formulación sin stevia, si bien la muestra O70T30S5 presenta valores similares a ésta. Por tanto, las muestras que contienen stevia en su composición, mostraron un comportamiento distinto en cuanto a la humedad en función del contenido en azúcares tradicionales o nuevos edulcorantes de las gominolas, aunque las muestras con extracto acuoso de stevia al 1% tuvieron valores casi idénticos de humedad, con independencia del tipo de azúcares empleados en su elaboración.

El contenido total de azúcares cariogénicos de las gominolas control analizado fue de un 43,6%, cifra ligeramente inferior al contenido teórico que se calculó en 46,1%, conociendo que el 51,7% de las gominolas estaba compuesto por sacarosa y jarabe de glucosa de 82 °Brix. En el resto de casos, el porcentaje de azúcares cariogénicos obtenidos fue prácticamente despreciable, lo que corrobora que los nuevos edulcorantes permanecen estables durante las etapas de calentamiento y mezcla necesarios para obtener las gominolas. La isomaltulosa fue el edulcorante más estable, por el menor porcentaje de azúcares cariogénicos presentados en las gominolas que la contenían. Este comportamiento podría deberse a la estabilidad de la isomaltulosa al pH ácido de las gominolas (Lina et al., 2002), que se determinó en estudios anteriores (Quintanilla et al., 2014); por su parte, la oligofructosa y la tagatosa también manifestaron una elevada estabilidad.

En la Figura 2 se presentan los cromatogramas correspondientes a cada una de las formulaciones O70T30, I30O70, I0T33 y Control.

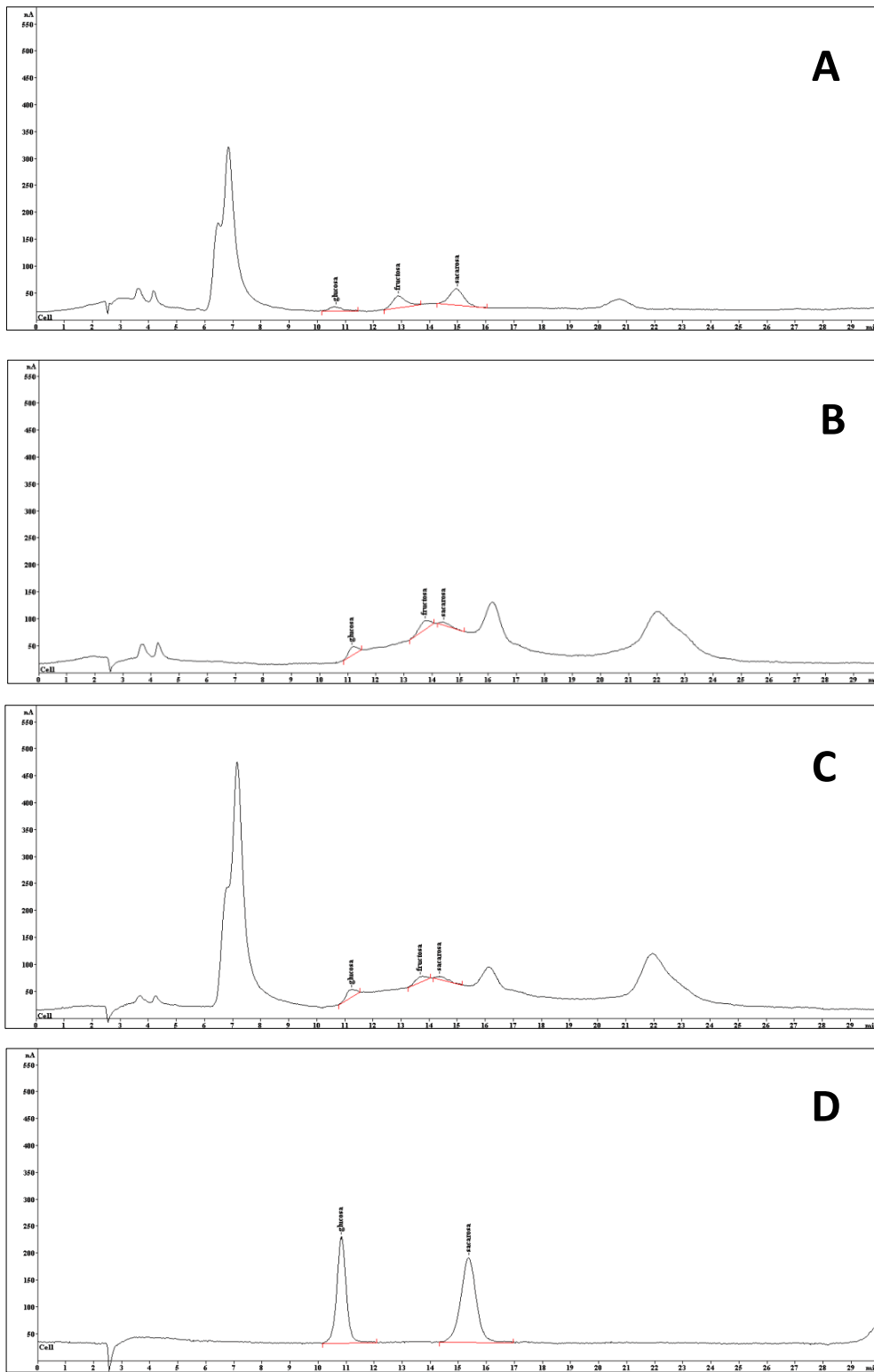


FIGURA 2. Cromatogramas obtenidos por cromatografía líquida de intercambio iónico de la dilución 1:5000 de las muestras O70T30 (A), I30O70 (B) y IOT33 (C) y de la dilución 1:30000 de la muestra Control (D)

3.2. Propiedades ópticas de las gominolas según la formulación de edulcorantes utilizada

En la Figura 3 están representados los valores del coeficiente de Kubelka-Munk (K/S) correspondientes a la longitud de onda comprendida entre los 400 y los 700 nm. En todos los casos, el coeficiente K/S fue mayor a 400 nm, mostrando un descenso progresivo con la longitud de onda. Además, las gominolas formuladas con oligofructosa, tagatosa e isomaltulosa presentaron menor traslucidez que las gominolas preparadas con los azúcares tradicionales, especialmente cuando se combinaron la isomaltulosa con la oligofructosa de la misma manera que sucedió en estudios previos (Quintanilla et al., 2014). Por otra parte, la incorporación de extracto acuoso de stevia en la formulación de las gominolas mejoró la traslucidez en todos los casos, independientemente de la concentración de stevia utilizada. Con todo ello, se puede concluir que respecto al color, la incorporación de extracto acuoso de stevia en gominolas formuladas con oligofructosa y tagatosa daría lugar a colores muy similares a los de las gominolas tradicionales. Sin embargo, la combinación de oligofructosa e isomaltulosa no sería recomendable, por manifestar más diferencias con las mismas.

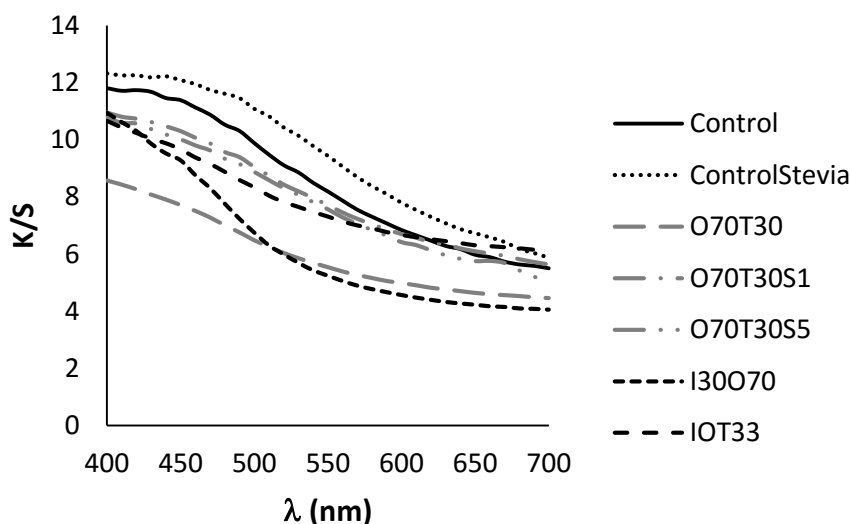


FIGURA 3. Curvas medias del coeficiente de Kubelka-Munk (K/S) para las distintas combinaciones de edulcorantes estudiadas

En la Figura 4 se muestran los valores de luminosidad, diferencias de color y la ubicación en el diagrama cromático $b^* - a^*$ de las gominolas control y formuladas con nuevos edulcorantes y extracto acuoso de stevia en su composición. Se puede apreciar que respecto a la luminosidad L^* , la muestra control con stevia presentó el menor de todos los valores de luminosidad, mientras que las muestras con un 70% de oligofructosa, y sin stevia, tuvieron los niveles más altos de L^* ; por ello, se puede afirmar que la oligofructosa produce un aumento de luminosidad, a diferencia de lo que sucede con la incorporación del extracto acuoso de stevia, independientemente de la concentración estudiada; todo esto se corrobora en las diferencias de color

respecto a la muestra control. Respecto a la coordenada a^* , se observó que las gominolas formuladas con los nuevos edulcorantes mostraron un valor menor que en las muestras control. Sin embargo, esta disminución fue menor conforme aumentó la concentración de stevia en su formulación. En cuanto a la coordenada b^* , se registró un aumento significativo en la formulación que combinaba la isomaltulosa con la oligofruktosa, poniendo en evidencia el efecto sinérgico de ambos edulcorantes sobre este parámetro; en el resto de formulaciones no se observaron diferencias significativas. En consecuencia, las gominolas formuladas con extracto acuoso de stevia presentaron las diferencias de color más pequeñas respecto a las gominolas control, mientras que las mayores diferencias de color se observaron en la mezcla isomaltulosa y oligofruktosa. En este sentido, Periche et al., comprobaron que no era posible sustituir el porcentaje total de azúcares de la gominola con más de un 50% de isomaltulosa debido a la cristalización de los azúcares y la aparición de un color blanquecino en las gominolas en lugar de un color translúcido, aumentando la diferencia de color respecto a la control. Por tanto, la stevia favoreció el mantenimiento del color respecto a la muestra control.

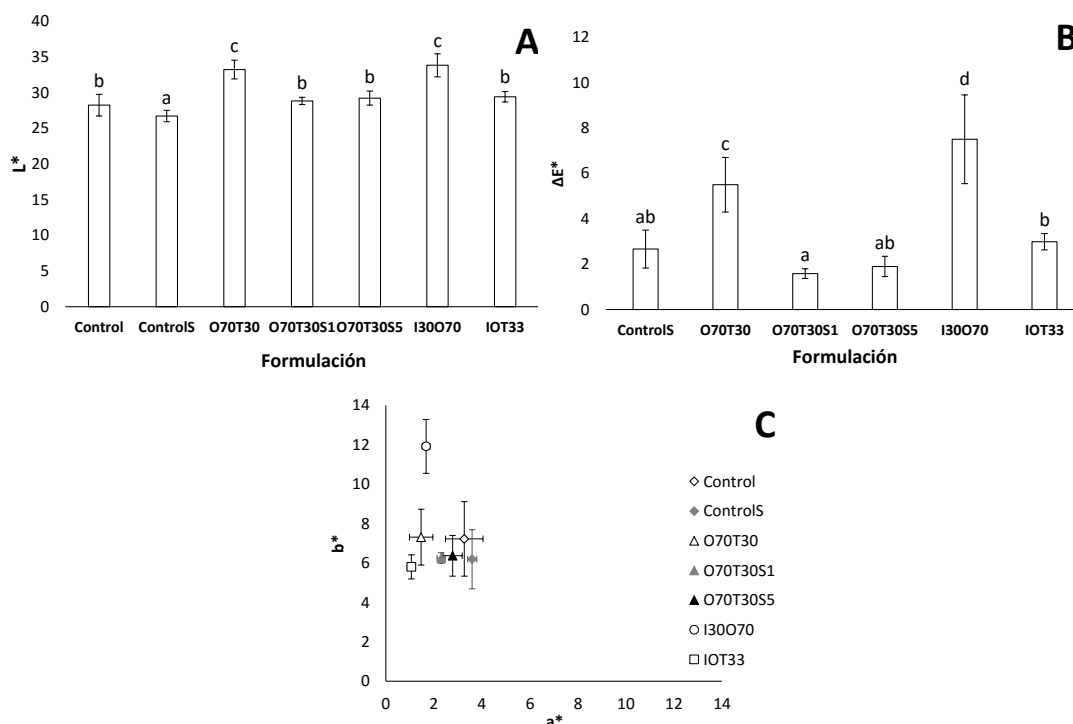


FIGURA 4. Luminosidad (A), diferencias de color (B) y ubicación en el diagrama cromático b^* - a^* (C) de las gominolas control y formuladas con nuevos edulcorantes y extracto acuoso de stevia en su composición

3.3. Propiedades mecánicas de las gominolas según la formulación de edulcorantes utilizada

Las propiedades mecánicas de las gominolas estudiadas se presentan en la Figura 5. Como se puede observar, las muestras con un mayor contenido

en oligofruktosa son las que presentaron una mayor cohesividad, aunque sin grandes diferencias respecto al resto de formulaciones. Por otra parte, los valores de dureza y gomosis siguieron el mismo comportamiento como consecuencia de las pocas diferencias registradas en la cohesividad. Concretamente, tanto la dureza como la gomosis fueron mayores en las gominolas que tenían la combinación de isomaltulosa, oligofruktosa y tagatosa, así como en las muestras control con stevia. Quintanilla et al., 2014 observaron el mismo efecto de la stevia sobre la gomosis en gominolas preparadas con sacarosa y jarabe de glucosa y con colorantes rojizos. El resto de combinaciones no presentaron diferencias significativas respecto a las gominolas preparadas con los edulcorantes tradicionales. No obstante, todas las nuevas gominolas redujeron significativamente su adhesividad comparándola con la control, especialmente en presencia de stevia, aunque sólo cuando se usó al 5% en la gominola con oligofruktosa y tagatosa. Por último, la elasticidad de las nuevas gominolas aumentó significativamente respecto a la control aunque el rango de resultados registrados de este parámetro fue muy pequeño (0.92-0.97).

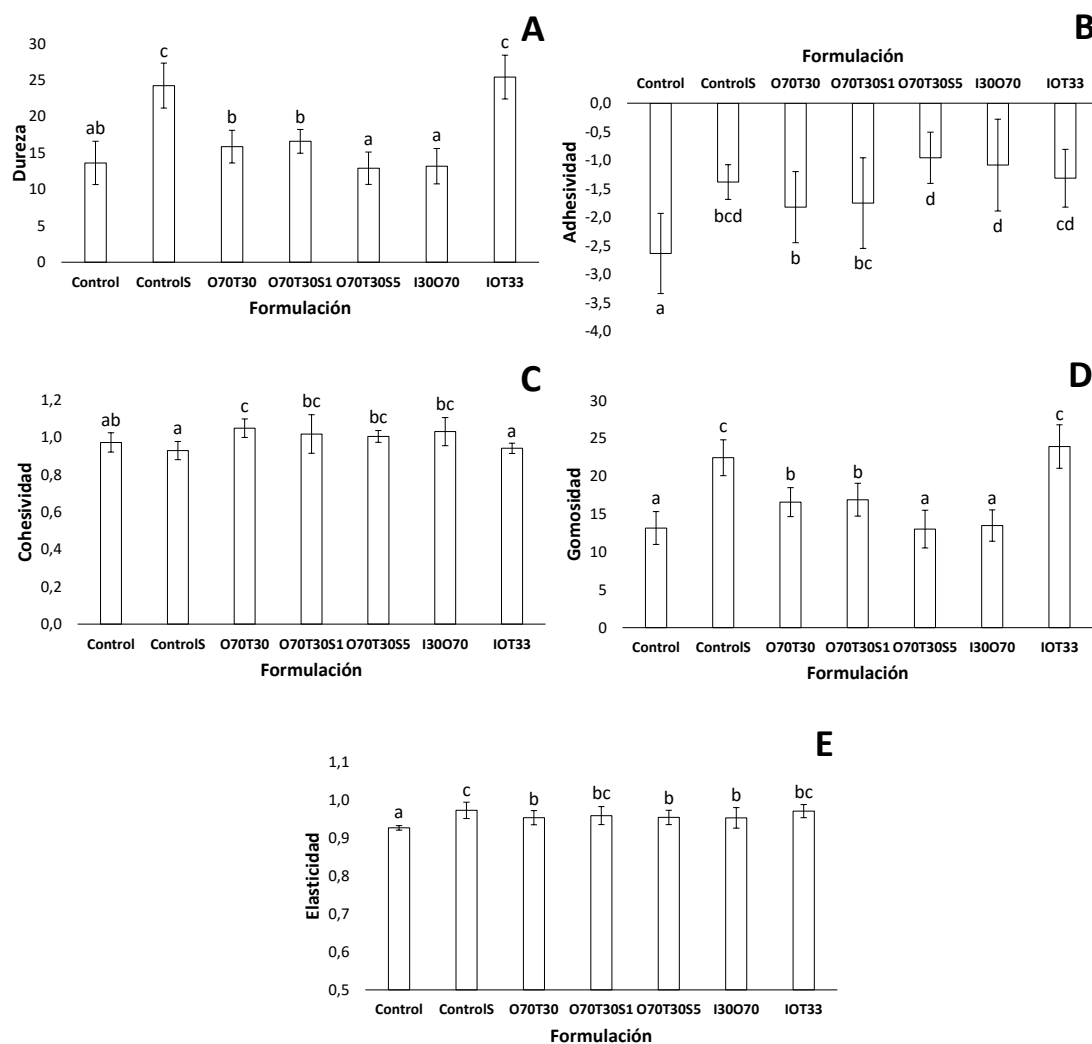


FIGURA 5. Parámetros de textura de las gominolas control y formuladas con nuevos edulcorantes y extracto acuoso de stevia en su composición: dureza (A), adhesividad (B), cohesividad (C), gomosidad (D) y elasticidad (D)

3.4. Análisis sensorial

En la Figura 6 se presentan los resultados de la evaluación sensorial de las gominolas estudiadas. Como se puede observar, todos los parámetros relacionados con las propiedades mecánicas de las gominolas (pegajosidad, consistencia y dureza) no presentaron diferencias significativas por la formulación considerada. Por otra parte, la incorporación de extractos acuosos de stevia afectó significativamente al aspecto visual del producto, siendo muy similares las muestras que no contenían stevia con las gominolas control. Estos resultados contrastan con los obtenidos en las medidas instrumentales de color. Respecto al aroma, las muestras elaboradas con nuevos edulcorantes y extracto acuoso de stevia al 5% fueron las peor valoradas, mientras que no presentaron diferencias significativas entre ellas. El dulzor se vio potenciado por la incorporación del 1% de stevia, como se observó en estudios anteriores (Quintanilla et al., 2014), mejorando

significativamente el sabor incluso más que en las gominolas control, aunque la adición del 5% de extracto de stevia fue contraproducente en estos dos atributos por la aparición de regusto amargo. En consecuencia, tanto la aceptabilidad como la intención de compra de las gominolas con mayor concentración de stevia fueron significativamente menores que en el resto de las formulaciones para las que no hubo diferencias significativas. En cualquier caso, la variabilidad de los resultados fue muy elevada, como se aprecia por el rango de la desviación típica. Sin embargo, todas las puntuaciones fueron relativamente bajas, incluso para las gominolas control, pero se superó el 5, excepto para la intención de compra de la muestra O70T30S5. Por tanto, desde el punto de vista sensorial, sería factible la reformulación de las gominolas con oligofructosa y tagatosa en las concentraciones estudiadas incluyendo la incorporación de extracto acuoso stevia de al 1%.

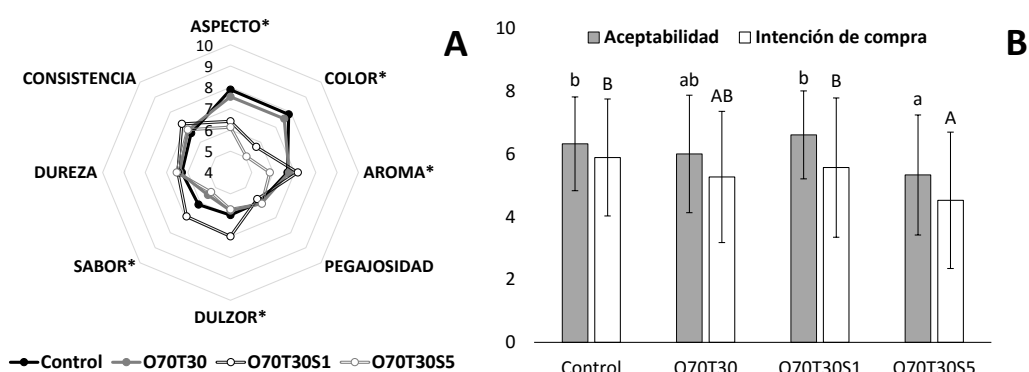


FIGURA 6. Parámetros sensoriales analizados respecto al aspecto, textura y sabor (A) y valoración de la aceptabilidad e intención de compra (B) de las gominolas control y formuladas con nuevos edulcorantes y extracto acuoso de stevia en su composición

3.5. Análisis estadístico

Tras realizar el Análisis de la Varianza (ANOVA Simple) de todos los parámetros analizados, se obtuvieron los valores de F-ratio que se muestran en la Tabla 2. En coherencia con los resultados comentados, las nuevas formulaciones tienen el mayor efecto estadístico en la concentración de glucosa y sacarosa puesto que los valores de F-ratio obtenidos para estos parámetros fueron muy superiores al resto de los casos. Esto corrobora la estabilidad de los nuevos edulcorantes sometidos a los tratamientos térmicos del proceso de elaboración de gominolas, garantizando las propiedades saludables de estos productos, como es la no cariogénesis. El tono fue el parámetro que manifestó el siguiente valor de F-ratio mayor, evidenciando la importante influencia de la combinación utilizada en el aspecto del producto. Por otra parte, los parámetros menos sensibles a la combinación de edulcorantes utilizada, desde el punto de vista estadístico, fueron los relacionados con el sabor y la textura sensorial.

TABLA 2. Cocientes F-ratio de las variables estudiadas

Parámetro	F-ratio
Humedad	5,52*
Actividad de agua	22,14**
Glucosa	20138,73**
Fructosa	30,23**
Sacarosa	1613,18**
L*	32,58**
a*	35,17**
b*	18,00**
h*	277,97**
C*	14,51**
DE*	30,59**
Dureza	46,23**
Adhesividad	5,59**
Cohesividad	6,21**
Gomosidad	38,26**
Elasticidad	3,17*
Aspecto	11,73**
Color	23,19**
Aroma	3,77*
Pegajosidad	0,19
Dulzor	3,73*
Sabor	5,93**
Dureza	0,29
Consistencia	0,99
Aceptabilidad	4,56*
Intención de compra	2,85*

*p value≤0.05

**p value≤0.001

4. CONCLUSIONES

La reformulación de gominolas con edulcorantes no cariogénicos como la isomaltulosa, la tagatosa y la oligofructosa es posible por la similitud en términos de actividad de agua, contenido en humedad, color y textura respecto a las gominolas tradicionales. Por otra parte, se ha demostrado que estos nuevos edulcorantes se mantienen estables en el proceso de elaboración de las gominolas, sin transformarse en azúcares cariogénicos. Además, la combinación de isomaltulosa, tagatosa y oligofructosa con extracto acuoso de stevia al 1%, sería recomendable en la elaboración de gominolas por potenciar su dulzor.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen la financiación recibida por el proyecto GV/2013/029 de la Conselleria de Educació, Cultura i Esport.

6. REFERENCIAS

- Aidoo, R. P., Depypere, F., Afoakwa, E. O., & Dewettinck, K. (2013). Industrial manufacture of sugar-free chocolates—Applicability of alternative sweeteners and carbohydrate polymers as raw materials in product development. *Trends in food science & technology*, 32(2), 84-96.
- AOAC – Association of Analytical Communities. (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (17th edition). Gaithersburg, MD, USA.
- Belščak-Cvitanović, A., Komes, D., Dujmović, M., Karlović, S., Biškić, M., Brnčić, M., & Ježek, D. (2015). Physical, bioactive and sensory quality parameters of reduced sugar chocolates formulated with natural sweeteners as sucrose alternatives. *Food chemistry*, 167, 61-70.
- Chatsudhipong, V., & Muanprasat, C. (2009). Stevioside and related compounds: therapeutic benefits beyond sweetness. *Pharmacology & therapeutics*, 121(1), 41-54.
- Chattopadhyay, S., Raychaudhuri, U., & Chakraborty, R. (2014). Artificial sweeteners—a review. *Journal of food science and technology*, 51(4), 611-621.
- Coussement, P. A. (1999). Inulin and oligofructose: safe intakes and legal status. *The Journal of nutrition*, 129(7), 1412S-1417S.
- de Oliva-Neto, P., & Menão, P. T. (2009). Isomaltulose production from sucrose by *Protaminobacter rubrum* immobilized in calcium alginate. *Bioresource technology*, 100(18), 4252-4256.
- Dobbs, C. M., & Bell, L. N. (2010). Storage stability of tagatose in buffer solutions of various compositions. *Food research international*, 43(1), 382-386.
- Edwards, C. H., Rossi, M., Corpe, C. P., Butterworth, P. J., & Ellis, P. R. (2016). The role of sugars and sweeteners in food, diet and health: Alternatives for the future. *Trends in Food Science & Technology*.
- Edwards, W.P. (2002). *La ciencia de las golosinas*. Ed. Acriba, S.A. Zaragoza. España.
- Fitch, C., & Keim, K. S. (2012). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: use of nutritive and nonnutritive sweeteners. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 112(5), 739-758.
- Giacaman, R. A., Campos, P., Muñoz-Sandoval, C., & Castro, R. J. (2013). Cariogenic potential of commercial sweeteners in an experimental biofilm caries model on enamel. *Archives of oral biology*, 58(9), 1116-1122.
- Goyal, S. K., & Goyal, R. K. (2010). Stevia (*Stevia rebaudiana*) a bio-sweetener: a review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 61, 1-10.
- Hodoniczky, J., Morris, C. A., & Rae, A. L. (2012). Oral and intestinal digestion of oligosaccharides as potential sweeteners: A systematic evaluation. *Food Chemistry*, 132(4), 1951-1958.
- Kaga, T., & Mizutani, T. (1985). Verwendung von Palatinose für Nahrungsmittel. *Seito Gijutsu Kenkyukaiishi*, 34, 45-57.
- Lemus-Mondaca, R., Vega-Gálvez, A., Zura-Bravo, L., & Ah-Hen, K. (2012). Stevia rebaudiana Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. *Food Chemistry*, 132(3), 1121-1132.
- Lina, B. A. R., Jonker, D., & Kozianowski, G. (2002). Isomaltulose (Palatinose®): a review of biological and toxicological studies. *Food and Chemical Toxicology*, 40(10), 1375-1381.
- Lorenzo, C., Serrano-Díaz, J., Plaza, M., Quintanilla, C., & Alonso, G. L. (2014). Fast methodology of analysing major steviol glycosides from *Stevia rebaudiana* leaves. *Food chemistry*, 157, 518-523.
- Marshall, T. A. (2014). Low Intake of Sugars May Reduce Risk of Dental Caries. *Journal of Evidence Based Dental Practice*, 14(2), 56-58.
- Organización Mundial de la Salud. Nota descriptiva N°311. Junio de 2016. [en línea]. Junio de 2016. Dirección URL: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>>. [Consulta: 22 Jul. 2016]
- Organización Mundial de la Salud. Nota informativa sobre la ingesta de azúcares recomendada en la directriz de la OMS para adultos y niños. 2015. [en línea]. Dirección URL: <www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sugar_intake_information_note_es.pdf>. [Consulta: 8 Jul. 2016]

- Parisotto, T. M., Stipp, R., Rodrigues, L. K. A., Mattos-Graner, R. O., Costa, L. S., & Nobredos-Santos, M. (2015). Can insoluble polysaccharide concentration in dental plaque, sugar exposure and cariogenic microorganisms predict early childhood caries? A follow-up study. *Archives of oral biology*, 60(8), 1091-1097.
- 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(1), 621-629.
- 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.
- Preedy, V.R. (2014). *Processing and Impact on Active Components in Food*. Ed. Elsevier. United States of America.
- Quintanilla, P., Castelló, M.L., Heredia, A., Periche, A. (2014) Estudio de la caracterización y estabilidad de gominolas con azúcares saludables y extractos acuosos de stevia. Trabajo Fin de máster. Universidad Politécnica de Valencia.
- Rubio-Arreaez, S., Sahuquillo, S., Capella, J. V., Ortolá, M. D., & Castelló, M. L. (2015). Influence of healthy sweeteners (tagatose and oligofructose) on the physicochemical characteristics of orange marmalade. *Journal of Texture Studies*, 46(4), 272-280.
- Shivanna, N., Naika, M., Khanum, F., & Kaul, V. K. (2013). Antioxidant, anti-diabetic and renal protective properties of *Stevia rebaudiana*. *Journal of Diabetes and its Complications*, 27(2), 103-113.
- Sociedad Española de Nutrición Comunitaria. Pirámide la Alimentación Saludable SENC 2015, [en línea]. Dirección URL: <<http://www.nutricioncomunitaria.org/es/noticia/piramide-de-la-alimentacion-saludable-senc-2015>>. [Consulta: 28 Ago. 2016]
- UNE-ISO 4121 (2006). Análisis sensorial. Directrices para la utilización de escalas de respuestas cuantitativas. AENOR. Madrid, España.
- van den Heuvel, E. G., Muys, T., van Dokkum, W., & Schaafsma, G. (1999). Oligofructose stimulates calcium absorption in adolescents. *The American journal of clinical nutrition*, 69(3), 544-548.
- Vercher, C. (2012). Desarrollo y caracterización de gominolas con isomaltulosa. Trabajo Fin de Carrera. Univesitat Politècnica de Valencia.
- Weidenhagen y Lorenz (1957). Palatinose (6- α -Glucopyranosido fructofuranose), ein neues bakterielles Umwandlung-sprodukt der Saccharose, *Zeitschrift fur die Zuckerindustrie* 7, 533-534; und *Angewandte Chemie* 69, 641.