

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL**

***CARACTERIZACIÓN DE ESPUMAS DULCES
FORMULADAS CON ZUMO DE FRESA NATURAL Y
EDULCORANTES SALUDABLES***



MÁSTER EN GESTIÓN Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

Nombre alumno:

SARA HERNANDEZ JIMENO

Directoras Académicas:

DRA. MARÍA DOLORES ORTOLA ORTOLÁ

DRA. MARISA CASTELLÓ GOMEZ

Directora Experimental:

ÁNGELA PERICHE SANTAMARÍA

Centro:

Instituto de Ingeniería de los alimentos para el desarrollo (IIAD)

CARACTERIZACIÓN DE ESPUMAS DULCES FORMULADAS CON ZUMO DE FRESA NATURAL Y EDULCORANTES SALUDABLES

Hernández-Jimeno, S., Periche, A., 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

A pesar del placer asociado al consumo de golosinas, los problemas de caries, sobrepeso y aumento de glucosa en sangre asociadas a las mismas implican un control en su ingesta. En este sentido, el reemplazamiento de los azúcares convencionales por edulcorantes saludables, supondría un gran avance en el sector de la confitería. Concretamente, en este trabajo se han reformulado golosinas tipo espuma dulce utilizando diferentes proporciones de isomaltulosa y oligofruktosa y/o extractos acuosos de estevia. A su vez, se han reemplazado los colorantes y aromas comerciales por jugo de fresa natural con el fin de obtener un producto más saludable. Se han realizado determinaciones de °Brix pH, humedad, actividad de agua, y capacidad antioxidante, así como de propiedades de color y de textura a lo largo del tiempo. Además, se ha llevado a cabo un análisis sensorial, para conocer la aceptación que tendría el producto. Los resultados ponen de manifiesto que elevadas proporciones de isomaltulosa endurecen considerablemente el producto y por tanto no serían adecuadas para la reformulación de espumas dulces. En cuanto a la estevia, no mejora la capacidad antioxidante de las muestras y supone un rechazo en la evaluación sensorial del colectivo infantil. Las espumas dulces elaboradas con la mayor proporción de oligofruktosa, presentan una intención de compra elevada, aunque menor que las espumas tradicionales. Sin embargo, sería necesario mejorar el aspecto y el aroma de las muestra formuladas con jugo de fruta de fresa.

Palabras clave: Espumas dulces, isomaltulosa, estevia, oligofruktosa, cariogénico y saludable.

RESUM

A pesar del plaer associat al consum de llepolies, els problemes de càries, sobrecàrrega i augment de glucosa en sang associades a les mateixes impliquen un control en la seua ingesta. En aquest sentit, el reemplaçament dels sucres convencionals per edulcorants saludables, suposaria un gran avanç en el sector de la confiteria. Concretament, en aquest treball s'han reformulat llepolies tipus espuma dolça utilitzant diferents proporcions d'isomaltulosa i oligofruktosa i/o extractes aquosos d'estevia. Al seu torn,

s'han reemplaçat els colorants i aromes comercials per suc de maduixa natural a fi d'obtenir un producte més saludable. S'han realitzat determinacions de °Brix pH, humitat, activitat d'aigua, i capacitat antioxidant, així com de propietats de color i de textura al llarg del temps. A més, s'ha dut a terme una anàlisi sensorial, per a conèixer l'acceptació que tindria el producte. Els resultats posen de manifest que elevades proporcions d'isomaltulosa endureixen considerablement el producte i per tant no serien adequades per a la reformulació de espumes dolces. Quant a l'estevia, no millora la capacitat antioxidant de les mostres i suposa un rebuig en l'avaluació sensorial del col·lectiu infantil. Les espumes dolces elaborades amb la major proporció d'oligofructosa, presenten una intenció de compra elevada, encara que menor que les bromeres tradicionals. No obstant això, seria necessari millorar l'aspecte i l'aroma de les mostra formulades amb suc de fruita de maduixa.

Paraules Claus: espumes dolces, isomaltulosa, oligofructosa, estevia, cariogenic i saludable.

ABSTRACT

Despite the pleasure linked to the consumption of candies, it is necessary a control in their consumption due to the problems of tooth decay, overweight and increase in glucose-blood associated with them. In this regard, replacement of conventional sugars by healthy sweeteners would mean a great advance in the confectionery sector. Concretely, in this study candies type marshmallows have been reformulated by using different proportions of isomaltulose and oligofructose and/or aqueous extracts of stevia. Besides, commercial colourings and flavourings have been substituted by natural strawberry juice in order to obtain a healthier product. Analysis of °Brix, pH, moisture content, water activity and antioxidant capacity along with measures of colour and mechanical properties have been carried out throughout time. Furthermore, a sensorial analysis has been performed to know the acceptability that this product could have. Results give evidences that high proportions of isomaltulose harden considerably the product and therefore they would not be suitable to reformulate marshmallows. Regarding stevia, it does not improve antioxidant capacity and means a rejection in the sensorial analysis of children. Marshmallows prepared with the highest proportion of oligofructose show a great purchase intention although lower than for traditional marshmallows. However, appearance and aroma of samples formulated with natural strawberry juice should be improved.

Keywords: Marshmallows, isomaltulose, oligofructose, stevia, cariogenic and healthy.

INTRODUCCIÓN

Las golosinas pertenecen al grupo de los alimentos estimulantes, siendo uno de los más demandados. La variedad en oferta global de golosinas es prácticamente insuperable, ya que cada año se lanza al mercado una gran cantidad de productos nuevos (Euromonitor Internacional, 2011). Los productos dulces han sido consumidos por el hombre desde principio de la historia. La industria Española comenzó a elaborar los clásicos dulces en 1930 (caramelos, chicles, piruletas...), pero no fue hasta 1960 cuando las nuevas tecnologías empezaron a crear diversas variedades de las llamadas golosinas. Desde entonces, el sector de golosinas ha ido incrementando su comercialización un 5% por año, estimando esta misma evolución hasta 2015 (Euromonitor Internacional, 2011). España se sitúa en el 15º lugar del ranking mundial de consumo de productos de confitería (Caobisco, 2011).

La sacarosa y el jarabe de glucosa han sido los edulcorantes más utilizados en el mundo industrializado por sus propiedades tecnológicas, a pesar de los problemas de salud asociados a su consumo. Debido a que cada vez es mayor la información nutricional requerida en los productos alimenticios, la sociedad se preocupa más por su bienestar e insiste en alcanzar un mejor estado de salud variando sus preferencias en cuanto al consumo de ciertos productos. Esto influye en la industria agroalimentaria innovando en nuevos productos que cuiden las exigencias de los consumidores sustituyendo la composición de ciertos alimentos tradicionales por otras sustancias naturales, acalóricas o bajas en calorías, sal, grasas, etc. que causen el mismo efecto en el paladar y con el valor añadido de disminuir los efectos nocivos para el organismo. Muchas de las innovaciones se han dirigido en la formulación de golosinas hipocalóricas a partir de sustitutos de los azúcares/jarabes tradicionales, como son los polialcoholes o los edulcorantes intensivos tipo aspartamo. No obstante, el consumo elevado de estos edulcorantes hipocalóricos provoca efectos laxantes y se ha relacionado con diversas enfermedades (Valenzuela, 2006).

Afortunadamente, en la actualidad existen en el mercado otros edulcorantes, como son la isomaltulosa, la oligofructosa y la estevia que son capaces de aportar un perfil de dulzor similar a los azúcares convencionales, pero contrarrestando los problemas asociados a los mismos. Por otra parte, las frutas son una fuente natural rica en colorantes y aromas que puede ser una alternativa muy interesante al empleo de aromas y colorantes artificiales en la formulación de golosinas. El estudio de la interacción de estos componentes con la matriz alimentaria en la reformulación de golosinas es interesante para conocer sus propiedades tecnológicas que permitan obtener un producto similar o potencialmente aceptable por los consumidores.

La isomaltulosa es un disacárido reductor que se encuentra en la miel de abeja y en la caña de azúcar y está compuesto por una molécula de glucosa y una molécula de fructosa (Lina et al., 2002). Se obtiene a partir de la sacarosa mediante un proceso enzimático (Figura 1).

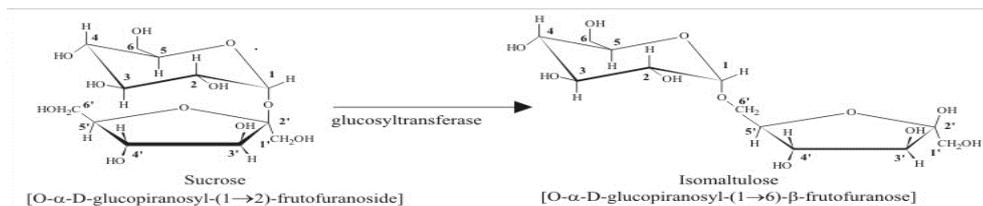


FIGURA 1. Reordenamiento enzimático de sacarosa a isomaltulosa (Braz, 2005)

La isomaltulosa se caracteriza por ser no cariogénica y por tener bajo índice glucémico, lo que ayuda a disminuir los niveles de insulina y por tanto a una menor deposición de grasa contribuyendo así en la prevención de aumento de peso y al desarrollo de resistencia a la insulina (Weidenhagen y Lorenz, 1957). Además se digiere completamente en el organismo y no tiene efecto laxante hasta una ingesta de 50 g/día, (Schiweck et al., 1990; Kaga y Mizutani, 1985). Como contrapartida, tiene sólo un tercio del poder edulcorante de la sacarosa y su límite de solubilidad a temperatura ambiente es sólo del 30% (Peinado, 2011). Por tanto, una combinación de isomaltulosa con otros hidratos de carbono o edulcorantes muy intensos puede mejorar el dulzor y la textura del producto final (Beneo-Palatin, 2010; Bebyal, 2012).

Por otro lado, la oligofructosa es un oligosacárido derivado de la sacarosa, que actúa como fibra dietética regulando el tránsito gastrointestinal. Mejora la absorción del calcio y reduce el colesterol y los niveles de azúcar en sangre (Chacón, 2006). Además, favorece selectivamente el crecimiento de las bacterias lácticas y bifidobacterium (efecto prebiótico). La oligofructosa tiene aproximadamente entre un 30 y un 50% de la dulzura del azúcar común (Coussement 1999) y, es fácilmente hidrolizado por acción de ácidos o enzimas.

La estevia (*Stevia Rebaudiana*) es una planta originaria de Paraguay que se ha utilizado desde hace muchos siglos como edulcorante y como medicamento de curación de enfermedades. Las investigaciones médicas que se han realizado demuestran que es antihiper glucémica, antiinflamatoria, antihipertensiva, antitumoral, antidiarréica, tiene actividad diurética y acciones inmunomoduladoras (Chatsudhitpong y Muanprasat, 2009). Esta planta tiene una capacidad de endulzar hasta 15 veces más que el azúcar (Vitadela, 2011). Los componentes edulcorantes de la planta estevia son los esteviósidos que pueden alcanzar hasta 300 veces mayor dulzor que el de la sacarosa (Chatsudhitpong y Muanprasat, 2009). Al estar constatado que la estevia no sólo es un edulcorante muy fuerte, sino que además no contiene calorías, presenta un importante potencial para la reformulación de nuevos productos. No obstante, es importante tener presente que si se supera un pH 9 la sensación de dulzor se pierde o adquiere un sabor parecido al regaliz o al mentol (Sánchez, A. 2010. Ed. Obelisco). Esta planta se puede consumir a modo de infusión, y por tanto el extracto acuoso de la misma puede tener muchas aplicaciones. Un estudio previo (Periche et al., 2012), pone de manifiesto la influencia de las distintas condiciones de extracción en el rendimiento de la capacidad antioxidante y ha servido de partida para seleccionar las condiciones de extracción de la estevia en esta tesis.

El jugo de fresa contiene una gran fuente de vitaminas, fibra y un gran número de antioxidantes destacando carotenoides, flavonoides y antocianidinas, siendo estos últimos los responsables de su color (Hernanz et al., 2007, Tulipani et al., 2008). Estos compuestos antioxidantes son agentes quelantes de radicales libres e inhibidores de enzimas. Además, estudios epidemiológicos confirman que existe una relación inversa entre el consumo de frutas y la incidencia de enfermedades cardiovasculares, en la disminución de los índices de mortalidad, en enfermedades desarrolladas a partir de cáncer y en la actividad de enfermedades degenerativas (Yi-Fang et al., 2002; Ames et al., 1993; Dragsted et al., 1993; Willett, 1994; De Ruvo et al., 2000;). Por tanto, el empleo de esta fruta en la formulación de espumas dulces puede también redundar en beneficios nutricionales.

El objetivo principal del trabajo es la elaboración de espumas dulces saludables, con un menor índice glucémico y no cariogénicas para así poder ampliar el colectivo de consumidores al que habitualmente va dirigido y ofrecer alternativas a los consumidores habituales. Concretamente, se analiza la evolución de las propiedades composicionales, mecánicas y ópticas de las espumas dulces obtenidas por sustitución total de los colorantes y aromatizantes artificiales por pulpa de fruta natural, y de los azúcares convencionales por extracto acuoso de estevia, isomaltulosa y oligofruktosa. Asimismo, se ha estudiado la aceptación del producto mediante ensayos sensoriales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Formulación

Las espumas dulces desarrolladas en este estudio se elaboraron con un 59,7% de edulcorantes saludables, un 15,9 % de agua, 19,9% de licuado de fresa, un 4% de gelatina y 0,5% de ácido cítrico. En función de la cantidad de sacarosa, jarabe de glucosa, isomaltulosa y oligofruktosa en el porcentaje de edulcorantes se utilizó la siguiente nomenclatura: A (60 % jarabe de glucosa y 40% sacarosa), B (50% isomaltulosa y 50% oligofruktosa) y C (30% isomaltulosa y 70% de oligofruktosa). Asimismo, se evaluó el efecto de la sustitución total del agua utilizada en la formulación de estas espumas dulces por un extracto acuoso de estevia obtenido a partir de una relación hoja de estevia:agua de 1:100 (p/p) sometida a un calentamiento a 90°C durante 5 minutos (Periche et al., 2012). En este caso como nomenclatura se utilizaron las mismas letras que anteriormente pero seguidas de la letra "S". Como espuma dulce control se utilizó una formulación compuesta por el 59,7% de edulcorantes convencionales (de los que el 60% correspondían a jarabe de glucosa y el 40% a sacarosa), el 35,8 % de agua, 4% de gelatina y 0,5% de ácido cítrico.

Proceso de elaboración de las espumas dulces

En la figura 2 se representa el diagrama de flujo de las etapas seguidas para la fabricación de las espumas dulces 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, TM31, Vorwerk, Alemania). Al extraer el producto final se puso en almidón 24 horas, recubriendo toda la superficie de las unidades de espumas dulces con el fin de eliminar la posibilidad de que el producto se pegase entre sí una vez terminado.

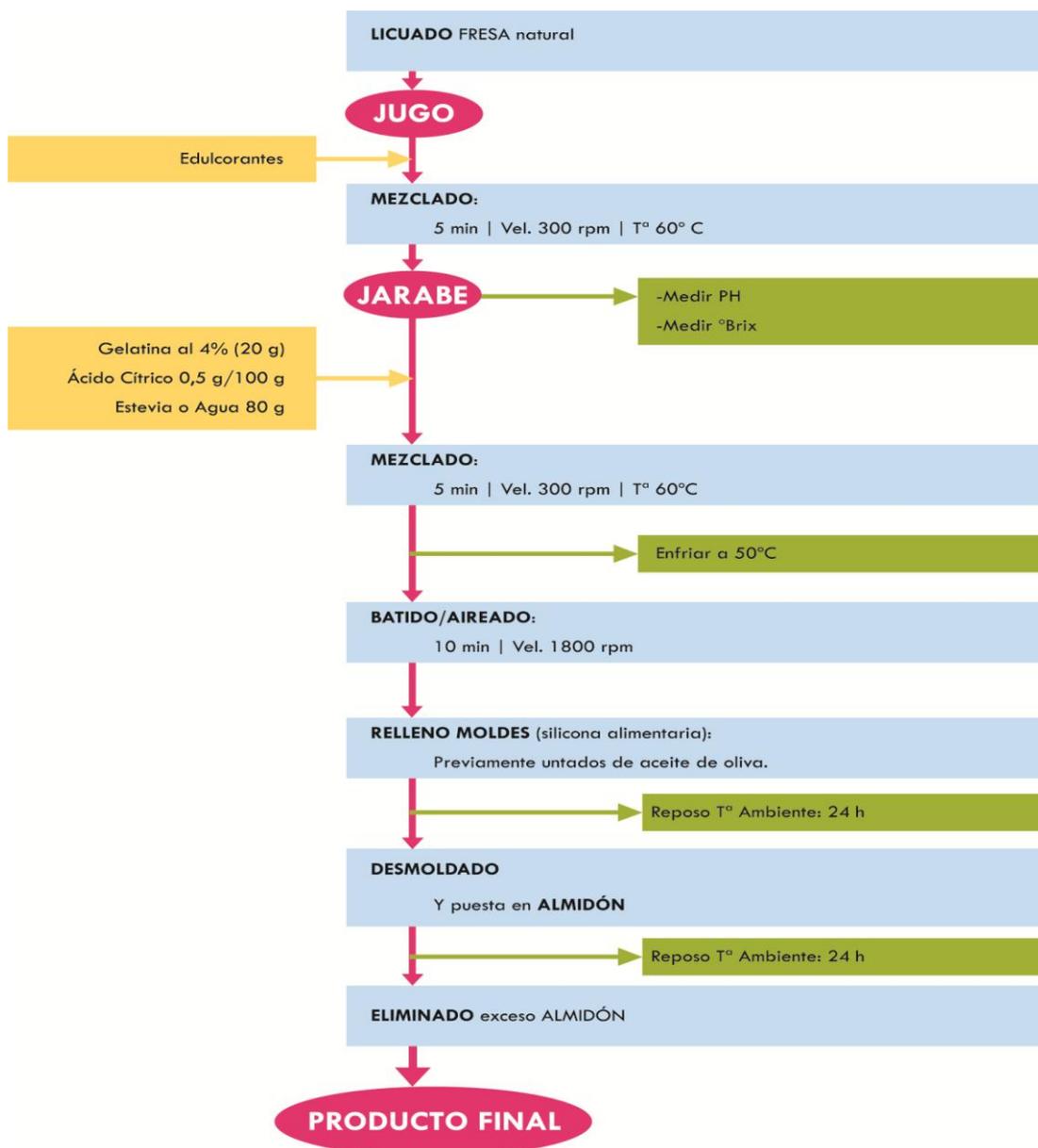


FIGURA 2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de las espumas dulces

Rendimiento

Las espumas dulces fueron cuantificadas según las diferentes formulaciones estudiadas y las unidades obtenidas del proceso de elaboración. Cada espuma dulce tuvo un peso aproximado de 7-9 gramos.

Almacenamiento

Para cada formulación se almacenaron, a temperatura ambiente, 16 tarrinas PET con 6-7 espumas dulces cada una.

Determinaciones analíticas

Las determinaciones analíticas se llevaron a cabo en dos etapas diferentes; en primer lugar se analizó el jarabe, resultado del licuado de la fresa y del mezclado de los edulcorantes, determinando los °Brix y pH de cada formulación, mientras que el resto de determinaciones se efectuaron en el producto final, espumas dulces, analizando humedad, a_w y capacidad antioxidante de las diferentes muestras a lo largo del almacenamiento. Todos los análisis se llevaron a cabo dos veces por semana hasta el deterioro de las muestras. A continuación se describen los métodos de análisis para cada caso.

°Brix y pH

Los °Brix se determinaron mediante un refractómetro de mesa (ATAGO, modelo 3T) termostatado a 20°C. El pH se midió con un pH-metro (METTLER TOLEDO, modelo SevenEasy). Se realizaron las determinaciones por triplicado.

Humedad

El contenido en agua se determinó siguiendo el método 934.06 (AOAC, 2000) por gravimetría hasta peso constante utilizando una balanza analítica (METTLER TOLEDO, mod. XS105 Dual Range). Se realizaron las medidas por triplicado.

Actividad de agua

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

Capacidad antioxidante

Para poder determinar la capacidad antioxidante de las espumas dulces, las muestras se sometieron a una liofilización durante 24 horas con el fin de facilitar la extracción de los compuestos antioxidantes. Tras la liofilización,

las espumas fueron ralladas con un rallador de acero inoxidable convencional. Del rallado se recogieron 2 gramos por muestra que fueron homogenizados con 20 mL de metanol-agua al (80:20, v/v), y se centrifugaron durante cinco minutos a 2000 rpm.

Al mismo tiempo se preparó la disolución de 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) adecuada para el estudio de la actividad antioxidante diluyendo 0,0025 g en 100 mL de metanol agua (80:20, v/v). Se determinó la actividad antioxidante del extracto de las espumas midiendo la intensidad del color violáceo de la disolución DPPH, ya que disminuye en presencia de antioxidantes. Para ello, en una cubeta a 0,1 mL de la muestra diluida en metanol-agua se le añadieron 3,9 mL de la disolución de DPPH, registrándose la absorbancia por espectrofotometría a 515 nm (tiempo 0 y después de 30 minutos). La actividad antioxidante (%) de las muestras fue calculada por triplicado.

Los resultados se comprobaron con una curva estándar preparada con disoluciones de Trolox (6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) y expresada en mg equivalentes de trolox por gramo de espuma dulce.

Propiedades ópticas

La determinación de las propiedades ópticas se realizó en un espectrocolorímetro (Minolta, modelo CM-3600d), tomando como resultado las propiedades referentes a coordenadas del espacio el color CIEL *a*b*, que se obtuvieron por reflectancia utilizando como sistema de referencia el iluminante D65 y el observador 10° sobre fondo negro y blanco (previamente calibrado). Todas las determinaciones analíticas se realizaron por triplicado colocando la espuma dulce en el centro de la esfera del espectrocolorímetro.

Propiedades mecánicas

La textura de las espumas dulces se determinó mediante un análisis de perfil de textura (TPA) utilizando un texturómetro (TA.XT.plus Texture Analyser). El análisis consiste en una doble compresión con una sonda cilíndrica de 45 mm de diámetro de base plana a una velocidad constante de 1 mm·s⁻¹ y un porcentaje de deformación del 50%. De esta forma, se registraron los valores de dureza, elasticidad, cohesión y gomosidad de las muestras. La determinación se realizó por triplicado.

Análisis sensorial

Para cuantificar la aceptación de las espumas dulces formuladas, se llevaron a cabo dos evaluaciones sensoriales de tres formulaciones; dos de ellas se eligieron según los mejores resultados obtenidos en base a las determinaciones analíticas anteriores, y como muestra control se utilizó una espuma dulce obtenida con azúcares convencionales (60% jarabe de glucosa y 40% sacarosa, en la proporción de edulcorantes) y utilizando colorantes y aromas comerciales en lugar de jugo de fresa natural, con el objetivo de evaluar las diferencias encontradas con las nuevas espumas de

este estudio. Se realizó un test de aceptación mediante una escala hedónica de 9 puntos (ISO 4121:1987 y UNE-87025:1996) para la evaluación de los siguientes atributos: aspecto global del producto, color, aroma a fresa, sabor dulce, textura general, dureza, gomosidad, elasticidad, cohesión y aceptación global. Además, se evaluó la intención de compra.

En la evaluación sensorial participaron dos colectivos, uno de niños de edades comprendidas entre once y doce años del Colegio Público Ojos De Moya, de Landete (Cuenca), y otro de personas adultas de edades entre veinte y cuarenta años del entorno de la Universidad Politécnica de Valencia. Los catadores recibían 3 unidades de cada formulación.

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos de la varianza (ANOVA) se realizaron mediante el paquete informático Statgraphics Plus 5.1 para estimar el efecto significativo estadístico de los diferentes factores del estudio.

RESULTADOS

Caracterización composicional del jarabe en función de la formulación empleada

La tabla 1 presenta los resultados de sólidos solubles y de pH del jarabe empleado para la preparación de las espumas dulces en función de la combinación de edulcorantes utilizada así como de la incorporación del extracto acuoso de estevia. Asimismo, en la tabla 2 se presentan los valores de los coeficientes F-ratio obtenidos de los ANOVAS realizados tanto para los valores composicionales del jarabe como para el producto final. Como se puede observar, hubieron diferencias significativas en términos de °Brix en función de los edulcorantes utilizados, pero especialmente por la incorporación de estevia, siendo las espumas dulces con mayor contenido en isomaltulosa y con estevia (formulación BS) las que presentaron un contenido en sólidos solubles más elevados. Este comportamiento podría suponer una mayor estabilidad del producto. No obstante, en términos de pH, no se observaron diferencias significativas entre las muestras estudiadas, aunque es importante tener en cuenta que la formulación BS presentó un mayor pH, por lo que la hipotética mayor estabilidad asociada a la mayor concentración en sólidos solubles podría contrarrestarse por el elevado valor de pH. De hecho, en este trabajo, estas muestras, junto con las muestras B, fueron las que tuvieron una vida útil más corta por presentar mohos después de dos semanas de almacenamiento. Por tanto, el pH sería más determinante que la concentración en °Brix para asegurar la estabilidad del producto.

TABLA 1. Contenido en sólidos solubles y pH del jarabe en función de la disolución empleada para la formulación de espumas dulces saludables.

Formulación*	°Brix	pH
A	70,20(1,14) ^a	3,7(0,37) ^a
AS	73,4(1,3) ^{ab}	3,8(0,4) ^{ab}
B	72(2) ^{ab}	3,95(0,15) ^{ab}
BS	78(3) ^c	4,3(0,3) ^b
C	72,0(0,7) ^{ab}	3,81(0,02) ^{ab}
CS	74,4(0,9) ^{bc}	4,04(0,06) ^{ab}

*A (Puré de Fresa+ Jarabe de glucosa y sacarosa); B (Puré de Fresa+ Oligofruktosa: 50% e Isomaltulosa: 50%); C (Puré de Fresa+ Oligofruktosa: 70% e Isomaltulosa: 30%); la letra S: indica incorporación de extracto acuoso de estevia en la formulación. Letras iguales indican los grupos homogéneos.

Caracterización composicional de las espumas dulces y su evolución según la formulación empleada

En la figura 3 se presenta la evolución de la humedad a lo largo del almacenamiento en función del contenido en edulcorantes y la incorporación o no de extracto acuoso de estevia en la formulación de las espumas dulces. En general, los resultados ponen de manifiesto que todas las muestras estudiadas, en el momento inicial, presentaron valores de humedad comprendidos dentro del rango recomendado para este tipo de productos [15-25%] (Torres, 2011; Díaz y Lezcano, 2012). Para evaluar el efecto significativo de la formulación sobre la humedad, actividad de agua y actividad antioxidante del producto final, se realizó un análisis unifactorial el primer día de almacenamiento. Asimismo, para evaluar la influencia del tipo de edulcorante, incorporación o no de estevia y el tiempo de almacenamiento sobre la humedad de las espumas dulces se realizó un ANOVA multifactorial considerando los datos disponibles para todos los casos, que correspondían con 18 días de almacenamiento. Los resultados obtenidos del análisis estadístico se presentan en la tabla 2. El tiempo de almacenamiento, en general, supuso un aumento significativo en la humedad de las muestras hasta las dos primeras semanas de almacenamiento, produciéndose un ligero descenso después en las muestras con edulcorantes tradicionales y con estevia (formulación A).

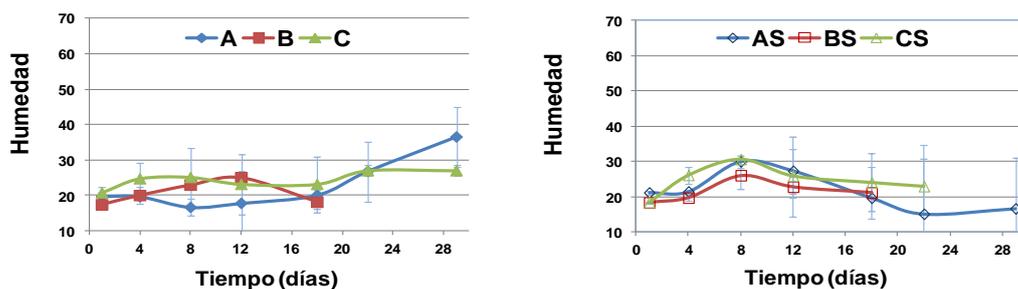


FIGURA 3. Porcentaje de humedad de las espumas dulces según las formulaciones A (Puré de Fresa+ Jarabe de glucosa y sacarosa); B (Puré de Fresa+ Oligofruktosa: 50% e Isomaltulosa: 50%); C (Puré de Fresa+ Oligofruktosa: 70% e Isomaltulosa: 30%); la letra S: indica incorporación de extracto acuoso de estevia en la formulación.

En la figura 4 se presentan los resultados de actividad de agua en función de la formulación empleada en la elaboración de espumas dulces saludables. Los resultados del análisis estadístico realizado hasta los 12 días de almacenamiento, por ser el intervalo en el que había disponibilidad de datos para todos los casos, se muestran en la tabla 2. Como se puede ver, el tiempo de almacenamiento redujo significativamente los valores de actividad de agua en todos los casos, sin observarse un efecto significativo de la incorporación o no de extracto acuoso de estevia. Además, las muestras formuladas con los edulcorantes saludables (isomaltulosa y oligofruktosa: formulaciones B y C), presentaron valores de actividad de agua mayores que las espumas formuladas con los edulcorantes tradicionales (sacarosa y jarabe de glucosa: formulación A). Esto podría suponer un problema a nivel microbiológico por presentar mayor agua disponible. Sin embargo, estas diferencias desaparecieron a partir de la segunda semana de almacenamiento.

Por último, como se ha comentado anteriormente, las muestras con isomaltulosa:oligofruktosa en proporción 1:1 (p/p) en el contenido de edulcorantes tanto con estevia como sin ella (formulaciones B y BS) mostraron contaminación por mohos a partir de la primera quincena de almacenamiento. En este sentido, el mayor valor de actividad de agua de estas muestras, unido a los resultados mayores de pH, en las que se incorporó estevia, darían evidencias de que elevadas cantidades de isomaltulosa podrían condicionar también la estabilidad de las espumas dulces.

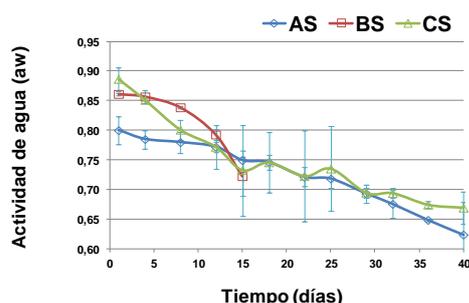
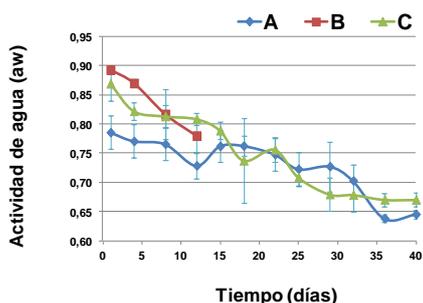


FIGURA 4. Evolución de la actividad de agua de las espumas dulces según las formulaciones A (Puré de Fresa+ Jarabe de glucosa y sacarosa); B (Puré de Fresa+ Oligofruktosa: 50% e Isomaltulosa: 50%); C (Puré de Fresa+ Oligofruktosa: 70% e Isomaltulosa: 30%); la letra S: indica incorporación de extracto de estevia en la formulación.

En la figura 5 se presenta la evolución de la capacidad antioxidante de las espumas dulces en función de la combinación de edulcorantes utilizada. Como en los parámetros analizados anteriormente, los resultados del análisis estadístico se presentan en la tabla 2. Inicialmente, a diferencia de lo esperado, las espumas dulces con estevia presentaron una capacidad antioxidante menor que las formuladas con la misma combinación de edulcorantes pero sin estevia. Asimismo, en todo el periodo de almacenamiento estudiado las formulaciones con extracto acuoso de estevia mantuvieron mejor la capacidad antioxidante a lo largo del tiempo que las formuladas sin estevia que disminuyeron un 25% la capacidad antioxidante. En este sentido, la estevia mantiene una estabilidad mayor de la capacidad antioxidante de estos productos estudiados.

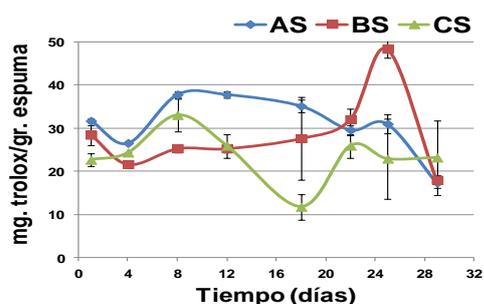
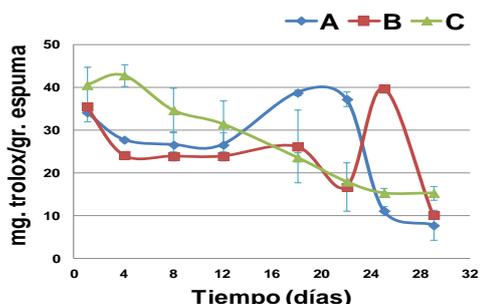


FIGURA 5. Evolución de la capacidad antioxidante de las espumas dulces según las formulaciones A (Puré de Fresa+ Jarabe de glucosa y sacarosa); B (Puré de Fresa+ Oligofruktosa: 50% e Isomaltulosa: 50%); C (Puré de Fresa+ Oligofruktosa: 70% e Isomaltulosa: 30%); la letra S: indica incorporación de extracto de estevia en la formulación.

TABLA 2. Coeficientes F-ratio en función del ANOVA estudiado: Unifactorial (Factor: Formulación) o Multifactorial (Cantidad edulcorante e Incorporación de extracto de estevia o no) en las variables de °Brix, pH, humedad y actividad de agua relacionadas con el jarabe inicial y con la composición de las espumas dulces

Factores	°Brix	pH	x_w	a_w	C. antioxidante
Formulación	5,77**	1,53	7,86* ¹	9,38* ¹	11,20** ¹
Cant.Edulcorante(A)	4,38*	2,23	6,95**	51,29**	27,59**
Estevia (B)	15,81*	2,60	0,42	2,04	2,73
Tiempo (C)	-	-	7,52**	25,72**	2,95*
AxB	1,07	0,24	0,71	1,48	15,84**
AxC	-	-	0,58	2,45	4,57**
BxC	-	-	0,32	0,28	20,71**
AxBxC	-	-	0,92	1,41	5,16**

*p-value<0.05, **p-value<0.001

¹considerando sólo el primer día de almacenamiento

Rendimiento del proceso de elaboración

Como la mayor parte de alimentos, los productos de confitería se comercializan por su peso, pero también por el volumen que ocupan. En el caso concreto de las espumas dulces, esto es si cabe más importante porque la estructura del producto contiene aire retenido en la misma y en función de cómo se establezca la interconexión de los componentes empleados en su formación, la esponjosidad del producto será mayor o menor. Como consecuencia el volumen final del producto será distinto y en términos económicos tendrá una importante repercusión. En este estudio, se ha querido tener en cuenta el rendimiento del proceso de fabricación de espumas dulces en función de la formulación empleada. Los resultados se presentan en la figura 6. Se puede observar que en todos los casos se consiguió un rendimiento similar sin encontrar diferencias estadísticamente significativas en función de los edulcorantes utilizados.

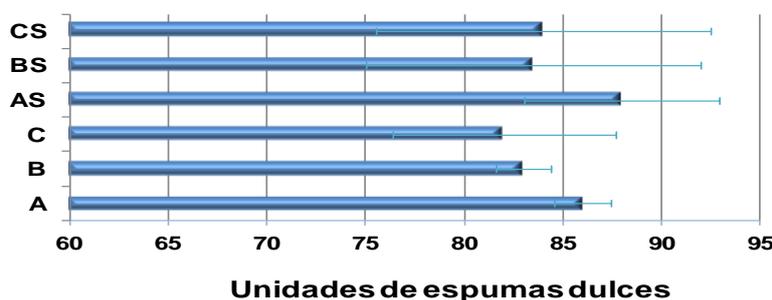


FIGURA 6. Rendimiento en número de unidades de las espumas dulces según las formulaciones A (Puré de Fresa+ Jarabe de glucosa y sacarosa); B (Puré de Fresa+ Oligofructosa: 50% e Isomaltulosa: 50%); C (Puré de Fresa+ Oligofructosa: 70% e Isomaltulosa: 30%); la letra S: indica incorporación de extracto de estevia en la formulación.

Propiedades ópticas y mecánicas

La figura 7 muestra los valores de luminosidad en las espumas dulces estudiadas. Como en los parámetros anteriormente comentados, se realizó un análisis de la varianza de los resultados tanto de las propiedades ópticas como mecánicas que se presenta en la tabla 3. No hubieron diferencias muy marcadas en términos de luminosidad en las formulaciones a lo largo del tiempo, aunque las muestras isomaltulosa:oligofruktosa en proporción 1:1 (p/p) sin estevia (formulación B) sí que presentaron mayores valores de luminosidad. Por otra parte, la incorporación del extracto acuoso de estevia en las formulaciones A y C también supuso un aumento significativo en la luminosidad, aunque no en el caso de las espumas B.

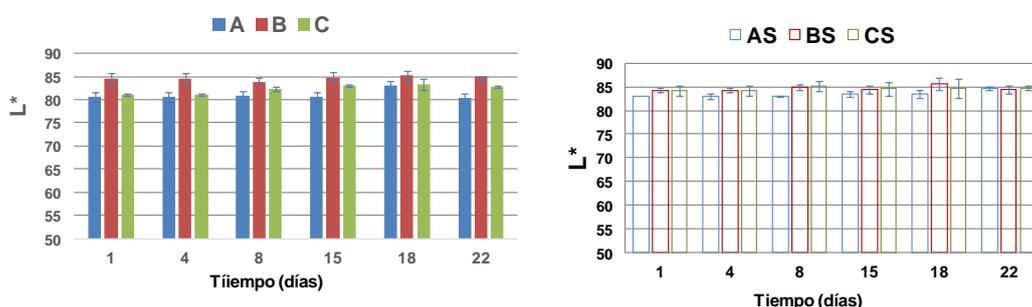


FIGURA 7. Luminosidad de las espumas dulces estudiadas a lo largo del tiempo en función de la formulación utilizada: A (Puré de Fresa+ Jarabe de glucosa y sacarosa); B (Puré de Fresa+ Oligofruktosa: 50% e Isomaltulosa: 50%); C (Puré de Fresa+ Oligofruktosa: 70% e Isomaltulosa: 30%); la letra S: indica incorporación de extracto de estevia en la formulación.

En la figura 8 se presentan la ubicación de las coordenadas b^* y a^* en los planos cromáticos para el primer día de almacenamiento y el día 22 de las espumas dulces estudiadas. En general, en todos los casos se mantuvo constante el valor de la coordenada b^* con el tiempo, excepto en las muestras CS a los 22 días de almacenamiento que manifestaron una reducción en esta coordenada. Estos resultados serían coherentes con la apariencia ligeramente más pálida observada en este caso. En términos de coordenada a^* , no hubo una tendencia clara en las fluctuaciones observadas por el efecto de los edulcorantes estudiados. Respecto a la estevia, no se observó un efecto significativo en las muestras B, ni al inicio ni al final del almacenamiento. Sin embargo, las muestras A y C presentaron valores opuestos por efecto del tiempo cuando se les incorporó estevia. Por tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos, la mayor proporción de isomaltulosa mantuvo mejor el color de las espumas dulces.

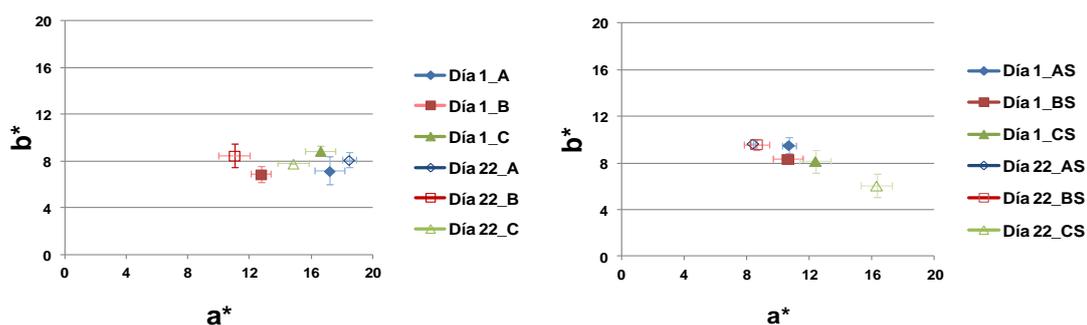


FIGURA 8. Planos cromáticos b^* - a^* de las espumas dulces estudiadas inicialmente y a los 22 días de almacenamiento en función de la formulación utilizada: A (Puré de Fresa+ Jarabe de glucosa y sacarosa); B (Puré de Fresa+ Oligofruktosa: 50% e Isomaltulosa: 50%); C (Puré de Fresa+ Oligofruktosa: 70% e Isomaltulosa: 30%); la letra S: indica incorporación de extracto de acuoso de estevia en la formulación.

Respecto a las propiedades mecánicas, en la figura 9 se presentan los resultados obtenidos de dureza, elasticidad, cohesividad y gomosidad de las espumas dulces estudiadas. Inicialmente, todas las muestras sin extracto acuoso de estevia, presentaron valores similares en todos los parámetros mecánicos estudiados. Sólo las muestras BS presentaron menor dureza, mayor cohesividad y gomosidad que el resto de formulaciones en el primer día de almacenamiento. Por otra parte, las espumas con edulcorantes tradicionales (formulación A) fueron las menos elásticas, y las espumas CS las que presentaron menores valores de gomosidad.

Considerando los resultados obtenidos a partir del cuarto día de almacenamiento, es importante destacar que las muestras con mayor proporción de isomaltulosa (formulación B) presentaron valores de dureza más elevados que el resto de los casos, independientemente de utilizar extracto acuoso de estevia. Además, la dureza es la variable con mayor valor de F-ratio en el ANOVA (tabla 3), por lo tanto la que más se ve afectada por la composición de las espumas dulces en las propiedades mecánicas. Los resultados para la formulación B coinciden con los obtenidos en trabajos previos (Borriani, 2012), como consecuencia de la menor solubilidad de la isomaltulosa a temperatura ambiente (Mitchell, 2006). A su vez, estas muestras presentaron menores valores de elasticidad y de cohesividad, pero mayores valores de gomosidad. Como consecuencia, esta formulación no sería adecuada para obtener espumas dulces similares a las comerciales. Respecto al efecto de la estevia, destaca la reducción en la gomosidad de las muestras B, pero no se observó otro efecto en el resto de formulaciones. En este sentido, la estevia podría contribuir a mantener la textura de las espumas dulces más próximas a las convencionales. En cuanto al efecto de la oligofruktosa a lo largo del tiempo de almacenamiento, comentar que se observó una ligera reducción en la cohesividad de las muestras CS respecto a las espumas A y también, menores valores de gomosidad de las muestras C y CS respecto a las espumas A.

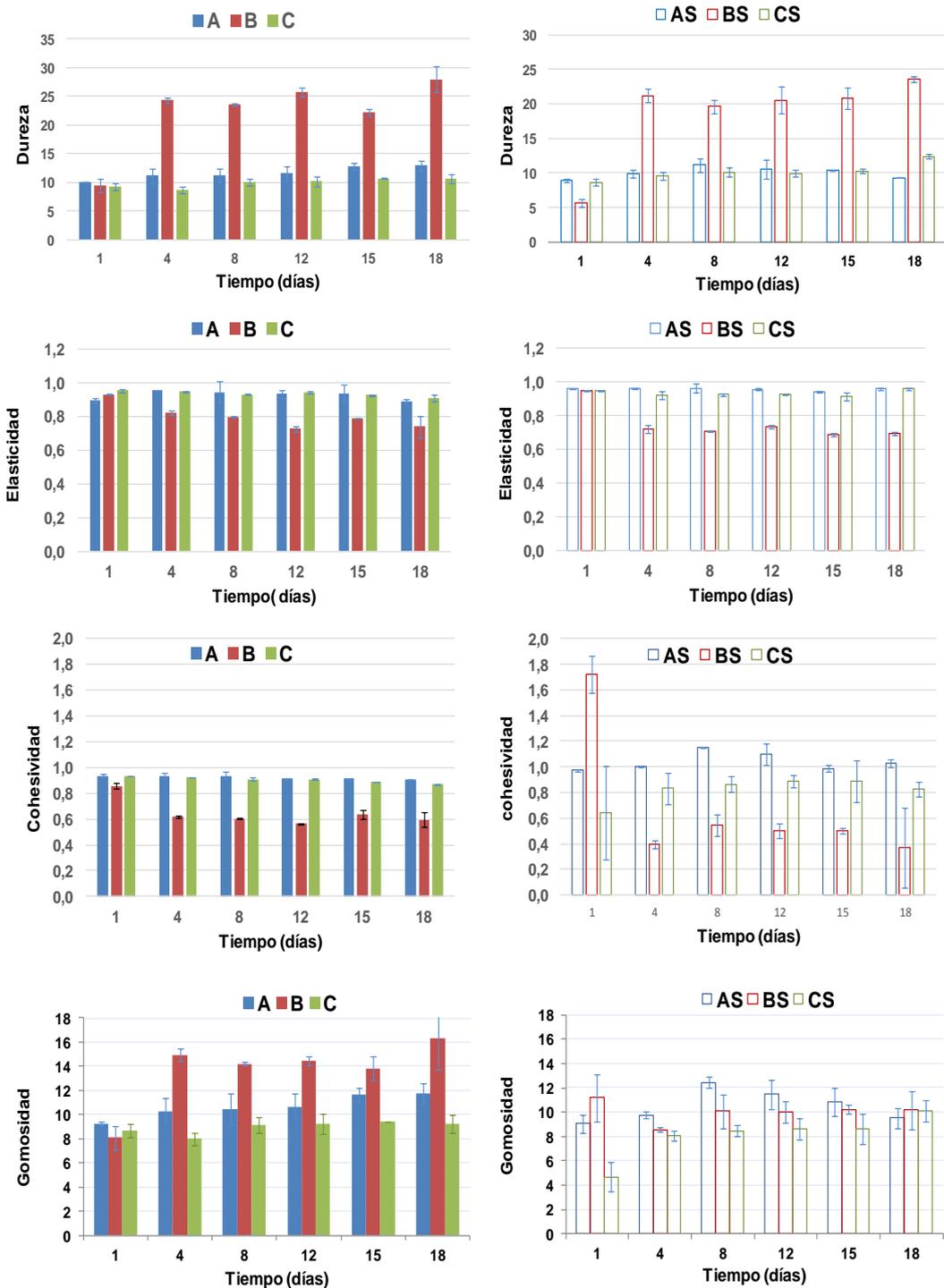


FIGURA 9. Propiedades mecánicas (dureza, elasticidad, cohesividad y gomosidad) de las espumas dulces estudiadas a lo largo del tiempo en función de la formulación utilizada: A (Puré de Fresa+ Jarabe de glucosa y sacarosa); B (Puré de Fresa+ Oligofruktosa: 50% e Isomaltulosa: 50%); C (Puré de Fresa+ Oligofruktosa: 70% e Isomaltulosa: 30%); la letra S: indica incorporación de extracto de estevia en la formulación.

TABLA 3. Coeficientes F-ratio en función del ANOVA estudiado: Unifactorial (Factor: Formulación) o Multifactorial (Cantidad edulcorante e Incorporación de extracto de estevia o no) en las variables de color y de textura de las espumas dulces estudiadas

Factores	L*	a*	b*	Dureza	Elasticidad	Cohesividad	Gomosidad
Formulación ¹	6,82**	25,39**	3,41*	16,20**	5,55*	12,67**	5,76*
Edulcorante (A)	23,92**	188,01**	10,01**	1446,98**	981,7**	57,64**	47,98**
Estevia (B)	27,02**	188,33**	1,80	91,29**	5,99*	2,31	30,63**
Tiempo (C)	2,56*	4,07**	1,78	144,85**	52,33**	13,31**	8,52**
AxB	6,09**	72,36**	48,43**	40,65**	40,02**	9,86**	14,43**
AxC	0,24	3,17**	2,40*	84,41**	40,99**	23,21**	0,50
BxC	2,56	1,03	0,84	1,06	11,88**	5,06**	1,40
AxBxC	0,94	2,87**	0,26	3,18**	3,74**	13,44**	5,46**

*p-value<0.05, **p-value<0.001

¹considerando sólo el tiempo 1 de almacenamiento

Análisis sensorial

Para la evaluación sensorial, de acuerdo a los resultados obtenidos en términos composicionales y de propiedades ópticas y mecánicas, se seleccionaron las formulaciones C y CS y se compararon a una formulación comercial de espumas dulces (muestras control A). En la figura 10 se presentan los resultados del análisis sensorial realizado tanto con adultos como con niños. Los resultados ponen de manifiesto que en ambos casos, las muestras control presentaron las mejores calificaciones en todos los atributos, salvo en la propiedades mecánicas en las que no se observaron diferencias. Respecto a los atributos de aspecto, color y aroma de las espumas dulces, ambos colectivos los valoraron aproximadamente por igual. No obstante, en todos los casos, las espumas elaboradas con jugo de fruta natural obtuvieron peores resultados que las elaboradas con colorantes y aromas comerciales en estos atributos. Como consecuencia, habría que mejorar el color y aroma de las espumas dulces desarrolladas en este estudio para equiparar estas propiedades con las comerciales.

Es destacable como los adultos valoraron positivamente el sabor dulce de las muestras control y CS, lo que indicaría que el perfil de dulzor aportado por la estevia es bien acogido por los consumidores adultos. Sin embargo, tanto las muestras C y CS no fueron bien evaluadas respecto a su acidez en comparación a las muestras control. Por otro lado, los niños tuvieron muy clara las diferencias de dulzor, prefiriendo las muestras control. Por tanto, los niños no manifestaron una buena acogida del sabor dulce de la estevia. De hecho, la intención de compra de las espumas CS por parte de los niños es mucho menor que en los demás casos.

Por último, es importante resaltar que los niños fueron más críticos en la evaluación de las espumas dulces presentadas, lo que indicaría que los adultos son más sensibles a los beneficios asociados con la salud.

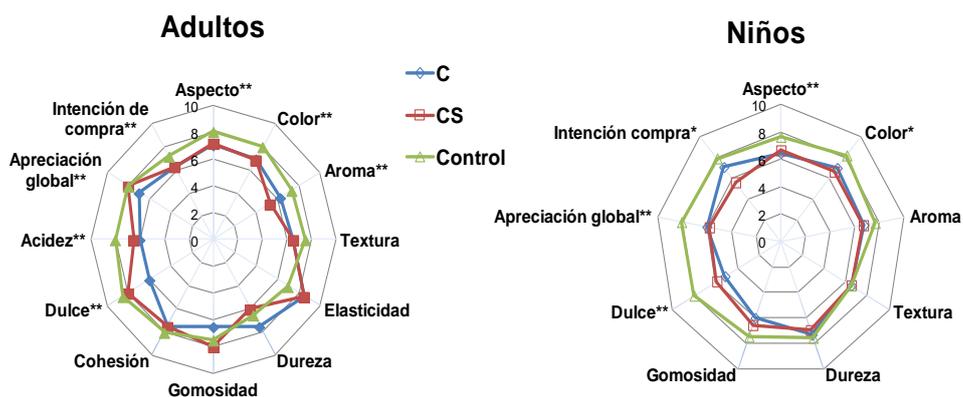


FIGURA 11. Resultados del análisis sensorial realizado por adultos (figura izquierda) y por niños (figura derecha) en la evaluación de las muestras: C (Puré de Fresa+ Oligofruktosa: 70% e Isomaltulosa: 30%); CS (Puré de Fresa+ Oligofruktosa: 70% e Isomaltulosa: 30 + Estevia) y, CONTROL (Espuma dulce tradicionales con jarabe de glucosa, sacarosa, colorantes y aromatizantes artificiales). *p-value<0.05, **p-value<0.001.

CONCLUSIONES

La incorporación de extractos acuosos de estevia en la formulación de espumas dulces con mayor proporción de isomaltulosa (formulaciones B y BS) disminuye la vida útil del producto como consecuencia de un aumento en el pH y en la actividad de agua. A diferencia de lo que se habría esperado, la incorporación de extractos acuosos de estevia en la proporción empleada en este estudio no mejoró la capacidad antioxidante de las espumas dulces, aunque mantuvo los niveles iniciales, mientras que las espumas sin estevia disminuyeron en todos los casos la capacidad antioxidante con el tiempo. La mayor proporción de isomaltulosa mantendría mejor el color, pero al aumentar la dureza de las espumas dulces, como consecuencia de su baja solubilidad, no sería apropiada para la elaboración de este tipo de productos. El análisis sensorial realizado puso de manifiesto que los adultos valoran el poder edulcorante de la estevia positivamente al contrario que en el caso de los niños. Por último, la intención de compra de la formulación C (70% oligofruktosa y 30% de isomaltulosa), aunque inferior a la de las espumas convencionales, fue bastante elevada.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen la financiación recibida por el Proyecto ref. 2012 de la convocatoria de Primeros Proyectos 2011 de la Universidad Politécnica de Valencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrea Valenzuela, B. (2006). Role in dietary fiber in enteral nutrition. Sociedad Chilena de Nutrición, Bromatología y Toxicología Vol. 33, Suplemento nº2, 342-351.
- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis of AOAC International (17th edition). Gaithersburg, MD, USA.
- Beneo-Palatin. (2010). PALATINOSETM – The functional carbohydrate providing better energy. [en línea]. Dirección URL: http://www.beneo-palatin.com/en/Food_Ingredients/Isomaltulose/What_is_Isomaltulose/Palatinose-Brochure_EN_1.pdf Fecha de consulta: 26 de Junio de 2013.
- Borriani, J. (2012). Potenciadores del uso de isomaltulosa para la formación de espumas dulces saludables. Trabajo Fin de Carrera. Univesitat Politècnica de Valencia.
- Caobisco (2011). Ranking of Consumption Sugar Confectionery. [en línea]. Dirección URL: < <http://www.bakeryandsnacks.com/Regulation-Safety/Caobisco-to-see-approval-for-stevia-in-fine-bakery-in-the-future> > Fecha de consulta: 24 de Marzo de 2013.
- Chatsudhipong, V., Muanprasat, C. (2009). Stevioside and related compounds: Therapeutic benefits beyond sweetness. *Pharmacology & Therapeutics* 121, 41-54.
- Chacón-Villalobos, A. (2006). Perspectivas agroindustriales actuales de los oligofruetosacáridos (FOS). *Agronomía Mesoamericana* 17(2), 265-286
- Coussement, P.A. (1999). Inulin and oligofruetos: safe intakes and legal status. *Journal of nutrition* 129: 1412S-1417S. [en línea]. Dirección URL: < <http://jn.nutrition.org/content/129/7/1412S.full> > Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2013.
- Euromonitor International (2011). El mercado global de golosinas crece con fuerte dinámica. [en línea]. Dirección URL: < <http://www.feedpacknews.com/sectorial/maquinaria/2011/09/el-mercado-global-de-golosinas-crece-con-fuerte-dinamica> > Fecha de consulta: 20 de mayo de 2013.
- Euromonitor International (2011). El sector de dulces y aperitivos facturó 1.250 millones en 2010. [en línea]. Dirección URL: < <http://www.feedpacknews.com/actualidad/mercado/2011/10/el-sector-de-dulces-y-aperitivos-facturo-1-250-millones-el-2010-2> > Fecha de consulta: 20 de Mayo de 2013.
- Ghanta, S., Banerjee, A., Poddar, A., Chattopadhyay, S. (2007). Oxidative DNA damage preventive activity and antioxidant potential of Stevia rebaudiana (Bertoni) Bertoni, a natural sweetener. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 55, 10962–10967.
- Goyal, S., Samsher, K., Goyal, R.K. (2010). Stevia (Stevia rebaudiana) a bio-sweetener: a review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 61(1), 1-10.
- Hernanz, D., Recamales, A. F., Melendez-Martinez, A.J., Gonzalez-Miret, M.L.; Heredia, F.J. (2007). Assessment of the Differences in the Phenolic Composition of Five Strawberry Cultivars (fragaria x ananassa Duch.) Grown in Two Different Soilless Systems. *J. Agric. Food Chem.* 55:1846-1852.
- ISO 4121:1987 y UNE-87025. (1987). Evaluación de productos alimentarios por métodos que utilizan escala.
- Kidd, C., Palmeri., H.; Aslin., Richard N. (2013). Rational snacking: Young children's decision-making on the marshmallow task is moderated by beliefs about environmental reliability. *Cognition*, 126, 109-114
- Lina, B.A.R.; Jonker, D.; kozianowski, G. (2002). Isomaltulose (Palatinose): A review of biological and toxicological studies. *Food and Chemical Toxicology*, 40:1375-1381.
- Marquina, D.; Santos, A. (2003). Probióticos, prebióticos y salud. *Revista Actualidad* 32: 24-27. 265-286. 2006 ISSN: 1021-7444.
- Mitchell, H.L. (2006). Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology. Editorial Blackwell Publishing Ltd. Oxford. 432 pp.
- Peinado, I. (2011). Estudio de la utilización de isomaltulosa en el desarrollo de productos untables de fresa de bajo índice glucémico. Tesis doctoral. Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo (IIAD). Universidad Politécnica de Valencia). [En línea] Dirección URL: < http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/11671/tesisUPV3648_Indice.pdf?sequence=5 > Fecha de consulta: 19 de febrero de 2013

Periche, A., Martínez-Las Heras, R., Heredia, Al., Escriche, I., Castelló, M.L., Andrés, A. (2012). Cinética de extracción de compuestos antioxidantes en infusiones de hoja de estevia. Actas del VII congreso Español de Ingeniería de Alimentos (CESIA 2012).

Ronald E. Wrolstada, R., Dursta W., Jungmin L., (2005) Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. Department of Food Science and Technology.

Sánchez, A. (2010). Stevia, historia, virtudes y aplicaciones de la planta dulce que lo cura todo. Ediciones Obelisco.

Schiweck, H., Munir, M., Rapp Kaga, M., Schneides, B (1985). New developments in the use of sucrose as an industrial bulk chemical. Neue Entwincklungen in der Verwendung von Saccharose als Rohstoffe für die chemische Industrie. 1; *Zurkerindustrie* 115, 555-565.

Simonsohn, B (2011). La alternativa más poderosa al azúcar y a los edulcorantes. Edición Obelisco.

Steegmans, M., Iliens, S., Hoebregs, H. 2004. Enzymatic, pectrophotometric determination of glucose, fructose, sucrose, and inulin/oligofructose in foods. *Journal of AOAC International* 87(5): 1200-1207.

Torres, N., Palacios, B., Noriega, I., Tovar, S.R. (2006). Índice glicémico, índice insulinémico y carga glicémica de bebidas de soya con un contenido bajo y alto en hidratos de carbono. *Revista de investigación clínica*, 58(5): 487-497.

Vitadelia, (2011). La Stevia, una planta con alto poder edulcorante. [en línea Dirección] URL:<<http://www.vitadelia.com/alimentacion-y-nutricion/la-stevia-una-planta-con-alto-poder-edulcorante>>. Fecha de consulta: 25 de mayo de 2013.