

ESTUDIO DE LA ADICIÓN DE SOLUTOS DE ALTO PESO MOLECULAR EN LA CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE UN PRODUCTO DE FRESA REHIDRATADO OBTENIDO POR ATOMIZACIÓN.

Jordi Oltra Benavent, Paula Tarancón Serrano¹, Eva García Martínez²

RESUMEN

Las nuevas tendencias de consumo, marcadas por la tendencia de los consumidores por los productos procesados saludables, con una larga vida útil, fáciles de preparar y con una calidad similar a los productos frescos, ha provocado que el empleo de tecnologías como la atomización resulten interesantes para la industria alimentaria. En este sentido, la posibilidad de comercializar fresa en polvo parece una alternativa a considerar, ya que podría satisfacer las exigencias de los consumidores y al mismo tiempo fomentar su consumo independientemente de su estacionalidad. En la obtención de fruta en polvo, es necesario el empleo de coadyuvantes tecnológicos con efecto encapsulante, antihumectante y antiapelmazante, para facilitar el proceso, mejorar el rendimiento del mismo y la estabilidad del producto final. Seleccionar el tipo de soluto y su concentración, es especialmente relevante para asegurar la calidad final del producto.

En el presente trabajo se estudiaron algunas propiedades físicas y sensoriales de productos de fresa en polvo rehidratados obtenidos mediante atomización. Los resultados indicaron que la incorporación de almidón y/o goma arábiga (0,5 g/g sólido soluble fruta), resultaron ser los solutos que más afectaron a la diferencia de color entre el producto rehidratado y el licuado de fresa fresco. Todas las muestras mostraron carácter pseudoplástico, sin embargo, el aumento de la concentración de goma arábiga provocó que el carácter reológico de las mismas se aproximara a un comportamiento Newtoniano. Por otro lado, los resultados del análisis sensorial indicaron que el tipo de soluto empleado afectó a la percepción del color, la consistencia y el espesor en boca. Así mismo, se vio que, en general, estas características sensoriales estuvieron estadísticamente correlacionadas con la preferencia de los catadores por unas u otras muestras.

PALABRAS CLAVE: fresa, atomización, goma arábiga, almidón modificado, proteína de suero lácteo, color, reología, análisis sensorial, preferencia.

RESUM

Les noves tendències de consum, marcades per la tendència dels consumidors cap als productes processats saludables, amb una llarga vida útil, fàcils de preparar i amb una qualitat similar als productes frescos, ha

provocat que l'ús de tecnologies com l'atomització resulten interessants per a la indústria alimentària. En aquest sentit, la possibilitat de comercialitzar maduixa en pols sembla una alternativa a considerar, ja que podria satisfer les exigències dels consumidors i al mateix temps fomentar el seu consum independentment de la seua estacionalitat. En l'obtenció de fruita en pols, és necessari l'utilització de coadjuvants tecnològics amb efecte encapsulant, antihumectant i antienduridors, per a facilitar el procés, millorar el rendiment del mateix i l'estabilitat del producte final. Seleccionar el tipus de solut i la seua concentració, és especialment rellevant per a assegurar la qualitat final del producte.

En el present treball es van estudiar algunes propietats físiques i sensorials de productes de maduixa en pols rehidratats obtinguts mitjançant atomització. Els resultats van indicar que la incorporació de midó i/o goma aràbiga (0,5 g/g sòlid soluble fruita), van resultar ser els soluts que més van afectar a la diferència de color entre el producte rehidratat i el líquid de maduixa fresc. Totes les mostres van mostrar caràcter pseudoplàstic, no obstant, l'augment de la concentració de goma aràbiga provocà que el caràcter reològic de les mateixes s'aproximara cap a un comportament Newtonià. D'altra banda, els resultats de l'anàlisi sensorial van indicar que el tipus de solut empleat afecta a la percepció del color, la consistència i l'espessor en boca. Així mateix, es va veure que, en general, aquestes característiques sensorials van estar estadísticament correlacionades amb la preferència dels tastadors per unes o altres mostres.

PARAULES CLAU: fresa, atomització, goma aràbiga, midó modificat, proteïna de sèrum làctic, color, reologia, anàlisi sensorial, preferència.

ABSTRACT

The new consumer trends, marked by consumer preference for healthy processed foods, with a large shelf life, ready to eat and with sensory characteristics that are very similar to those of fresh product, makes technologies such as spray-drying increasingly attractive for food industry. According to this, the opportunity to launch into the market strawberry powder, becomes an interesting alternative since it could satisfy the demands of consumers, while encouraging consumption beyond the boundaries of seasonality. To obtain fruit powder, it is the need to incorporate technological coadjuvants with an encapsulating effect, as anti-humectant and anti-caking agents. Select the solutes and the amount to be added is particularly relevant to ensure the quality and stability of the product

In the present paper some physical and sensory properties of strawberry-powder rehydrated product obtained through spray drying were studied. According to the results, the addition of starch and/or arabic gum (0.5 g / g soluble solid of fruit) affected the difference of color between the rehydrated product and fresh strawberry. All samples showed pseudoplastic character, however, increasing the concentration of arabic gum caused the rheological character of samples to approach to a Newtonian behavior. Furthermore,

results of sensory analysis indicated that the type of solute affected the perception of color, consistency and thickness in the mouth. In addition, it was found that, in general, these sensory characteristics were correlated with the assessor's preference for one or another sample.

KEYWORDS: strawberry, spray drying, arabic gum, modified starch, whey protein, color, rheology, sensory analysis, preference.

¹Grupo de Investigación e Innovación Alimentaria (CUINA). Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n. 46022. Valencia.

² Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA-CSIC). Avda. Agustín Escardino, 7. 46980. Paterna, Valencia.

1. INTRODUCCIÓN

Las frutas son alimentos de gran interés en la nutrición humana, no solo por sus características sensoriales sino también por su aporte de azúcares, micronutrientes (vitaminas, ácidos orgánicos, minerales, fibra) y otras sustancias bioactivas que tienen un impacto significativo en el curso de algunas enfermedades (cardiovasculares, cerebrovasculares, cáncer, etc.) y son indispensables para nuestra salud (Duttaroy y Jorgensen, 2004). Actualmente, muchos de los compuestos bioactivos de las frutas son objeto de estudio debido a su interés en la formulación de alimentos funcionales y nutracéuticos (Hoyles y Vulevic, 2008).

En concreto, la fresa es una fruta es una rica fuente de vitaminas (principalmente ácido ascórbico), minerales (calcio y potasio) y fibra, además de contener otros compuestos bioactivos como los polifenoles (antocianinas)(Seeram et al., 2006; Ubeda et al., 2012; Giampieri et al., 2012; Mehmet et al., 2007), que le aportan una elevada capacidad antioxidante (Basu et al., 2014). Por otro lado, se trata de una fruta de temporada no-climatérica y su recolección se centra en los meses de primavera, por lo que la posibilidad de consumirla fresca es limitada. Tras su recolección presenta una vida útil corta, ya que su textura suave, favorece el reblandecimiento debido a la pérdida de turgencia por la degradación del almidón y otras modificaciones químicas de la pared celular. También tiene facilidad para sufrir descomposición por la presencia de hongos (Ali et al., 2004; Pérez et al., 2001; Shin et al., 2007).

Actualmente existe un interés por parte de la industria alimentaria en ofrecer nuevos productos de fruta de alta calidad sensorial, nutritiva y funcional, que estimulen su consumo adaptándose a las exigencias actuales del consumidor. El secado por atomización resulta interesante, debido a su aplicación económica en comparación con otros métodos de secado, y a que proporciona productos deshidratados en polvo de muy alta calidad desde el punto de vista de su seguridad, mantenimiento de propiedades nutricionales y calidad sensorial (Cuq et al., 2011). Además, al poder almacenarse en forma pulverulenta se facilita su manejo y transporte (Forny et al., 2011). Es

uno de los métodos más utilizados sobre todo en alimentos sensibles al calor para obtener productos en polvo, ya que permite microencapsular de manera eficaz vitaminas, aromas o sabores (Vasisht, 2014). Estos productos en polvo pueden utilizarse en la industria de la transformación, incorporarse como ingrediente en la elaboración de otros alimentos o consumirse directamente tras su reconstitución con agua.

El secado por atomización, es una operación que consiste en pulverizar un producto líquido a través de una corriente de aire caliente, consiguiendo una evaporación del agua del producto muy eficiente en tiempos muy cortos (Gharsallaoui et al., 2007). Para mejorar el rendimiento del proceso y la estabilidad del producto final, se pueden utilizar determinados coadyuvantes tecnológicos; su elección dependerá de las propiedades fisicoquímicas del producto a atomizar así como de las propiedades deseadas en el producto final (Gharsallaoui et al., 2007). Algunos de los solutos de alto peso molecular con efecto encapsulante, antihumectante y antiapelmazante que pueden mejorarla estabilidad del producto y la eficacia tecnológica del proceso son: la goma arábica, el almidón derivatizado con octenil succinato y la proteína del suero lácteo. Estos solutos son ampliamente utilizados en la microencapsulación de aromas y sustancias bioactivas en los alimentos procesados mediante atomización (Krishnan et al., 2005; Jafari et al., 2012).

La goma arábica (E-414), es el exudado gomoso de los tallos secos y de las ramas de *Acacia Senegal* y otras especies de *Acacia* de origen africano (Doi et al., 2006), tiene amplios usos en la industria como aditivo espesante, estabilizante y emulsificante. Además, la goma arábica se emplea en la industria farmacéutica como excipiente inerte para la elaboración de medicamentos. Por otro lado, distintas investigaciones han confirmado las propiedades biológicas de esta sustancia, actuando como antioxidante (Trommer y Neubert, 2005; Ali y Al-Moundhri, 2006), en el metabolismo de lípidos (Tiss et al., 2001), así como en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares (Glover et al., 2009) y gastrointestinales (Wapnir et al., 2008). Por su parte, los almidones modificados, habitualmente procedentes del maíz, se utilizan como aditivos con propiedades espesantes y ensapsulantes (Bhosale y Singhal, 2006). La proteína de suero lácteo es un tensioactivo de alto peso molecular que se utiliza en la obtención de productos en polvo por sus propiedades encapsulantes (Adhikari et al., 2009).

Para que un producto tenga éxito en el mercado además de presentar propiedades nutricionales y/o saludables interesantes, dicho producto ha de tener unas características sensoriales que satisfagan al consumidor. El análisis sensorial se define como la disciplina científica utilizada para medir y analizar las características de los alimentos y otras sustancias que son percibidas por los cinco sentidos (Institute of Food Technology, EEUU). Es un aspecto clave, tanto para el control de calidad de productos y materias primas como para el desarrollo de nuevos productos (Sancho et al., 1999). La herramienta básica para llevar a cabo el análisis sensorial es el ser humano, en lugar de utilizar una maquina el instrumento de medición es una persona (Anzaldúa, 1994). Mediante el uso de los sentidos, se puede medir

de manera objetiva características intrínsecas de un alimento como el color, la intensidad del dulzor o la acidez.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la adición de solutos de alto peso molecular (goma arábica, almidón derivatizado con octenil succinato y proteína de suero lácteo) sobre algunas propiedades físicas y sensoriales de productos de fresa en polvo obtenidos por atomización tras ser rehidratados.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Preparación de las muestras

La materia prima utilizada fueron fresas de la variedad *Fragaria x ananassa*, procedentes de Huelva (España) y adquiridas en un mercado local de la ciudad de Valencia. Las piezas de fruta fueron seleccionadas visualmente en función de su estado de madurez. En primer lugar se eliminó el pedúnculo, se lavaron, se secaron con papel y se licuaron, utilizando para ello una licuadora eléctrica (De'Longhi S.P.A - 31100, Treviso, Italia). El licuado de fresa fue homogenizado y congelado a -40°C hasta el momento de su utilización. Debido a la centrada estacionalidad de la materia prima, la congelación de la misma permitió poder trabajar a lo largo del estudio con un lote homogéneo. La descongelación del licuado se llevó a cabo a 8°C durante las 48h previas a su utilización. Al licuado descongelado, se le añadieron solutos con capacidad antiapelmazante y encapsulante: goma arábica (Alfa Aesar, Germany), almidón derivatizado con octenil succinato (Roquette, France) y aislado de proteína de suero lácteo (Milei, Germany).

En base a esto, se prepararon muestras de fresa con diferente composición, como se detalla en la Tabla 1. Las formulaciones seleccionadas fueron las óptimas en cuanto a sus propiedades físicas y funcionales obtenidas en trabajos previos (Cabanes et al., 2013).

TABLA 1. Composición de las muestras. La cantidad de solutos se expresa como g soluto/g sólidos solubles de fresa.

Denominación	Goma Arábica	Almidón	Proteína
FRS1	0,16	0	0,091
FRS2	0,5	0	0,085
FRS3	0	0,5	0,085
FRS4	0,5	0,5	0,085

2.2. Procesado

ATOMIZACIÓN

Según investigaciones previas, con fines tecnológicos al licuado se le añadió agua destilada para facilitar la atomización (1 g agua/1 g licuado). Los solutos de alto peso molecular se disolvieron previamente en el agua a adicionar en las concentraciones establecidas (Tabla 1) y finalmente se mezcló con el licuado, en agitación continua a temperatura ambiente. Para la obtención del producto en polvo se utilizó un atomizador Büchi a escala de laboratorio (Mini Spray Dryer B-290, Reino Unido). Se fijaron los siguientes parámetros según experiencias previas: temperatura de entrada 150°C, temperatura de salida de 90°C, flujo de aspiración del aire del 90% y un flujo de alimentación de la bomba peristáltica de 30 mL/min. Tras la atomización de las distintas muestras, el polvo resultante fue recogido, pesado, envasado en bolsas de vacío (envasadora Tecnotrip EVO86154, España) y almacenado en un desecador con gel de sílice con cierre de silicona al resguardo de la luz.

REHIDRATACIÓN

La rehidratación del producto en polvo atomizado se llevó a cabo en vasos de precipitado de cristal de dimensiones estandarizadas (4,2cm de diámetro y 6cm de alto), termostatados a 20°C y en agitación continua (700 rpm) durante 20 minutos aproximadamente. A las muestras en polvo se les añadió agua destilada hasta obtener un producto con la misma cantidad de sólidos solubles en la fracción líquida que la del licuado con solutos. Para calcular la cantidad de agua a añadir en cada caso se emplearon los balances de materia siguientes (ecuaciones 1 y 2):

$$M_{PR} = M_P + M_W \quad (1)$$

$$M_{PR} \cdot X_{FS} = M_P \cdot X_P + M_W \cdot X_W \quad (2)$$

donde: M_{PR} =Masa final del producto en polvo rehidratado (g); M_W = Masa de agua (g); M_P = Masa de producto en polvo (g); X_{FS} = Humedad inicial del licuado de fresa con solutos (g agua/100g de producto); X_W =100 (g agua/100g de producto); X_P = Humedad del producto en polvo (g agua/100g de producto).

2.3. Análisis de las muestras.

SÓLIDOS SOLUBLES

La determinación de los sólidos solubles (°Brix) de la fracción líquida se llevó a cabo mediante la utilización de un refractómetro digital portátil, Refracto 3PX (METER TOLEDO, Suiza) a una temperatura de 20°C.

HUMEDAD

La humedad se determinó siguiendo el método oficial para alimentos ricos en azúcares (AOAC 934.06, 2000), el cual consiste en determinar la pérdida de peso de la muestra tras someterla a desecación en estufa a vacío (Vacioterm, J.P. Selecta), P=10mm Hg, a una temperatura constante de 60°C.

REOLOGÍA

El comportamiento al flujo del licuado de fresa descongelado sin solutos y del producto en polvo atomizado rehidratado, se determinaron utilizando un reómetro rotatorio con sensor Z34DIN Ti (Haake Rheostress 1, Thermo Electric Corporation, Germany) a una temperatura de 20°C. Se realizaron barridos ascendentes y descendentes de gradientes de velocidad de 0 a 150 s⁻¹ (600 s). Los resultados obtenidos se ajustaron al modelo de Ostwald de Waele utilizando la ecuación 3, empleando el programa Rheowin Pro Data (versión 2.93, Haake):

$$\sigma = k \cdot \dot{\gamma}^n \quad (3)$$

donde: σ = variación del esfuerzo cortante; $\dot{\gamma}$ = gradiente de velocidad; k = índice de consistencia (Pa·sⁿ); n = índice de comportamiento de flujo.

COLOR

El color se midió utilizando un fotocolorímetro Minolta CM 3600D (Minolta Co. Ltd., Japón), mediante el cual se obtuvo el espectro de reflectancia colocando las muestras en cubetas de dimensiones estandarizadas (37 mm x 50 mm x 22 mm) sobre fondo negro. Los resultados se expresaron en el sistema de color CIE L* a* b* empleando como referencia el iluminante D65 y observador 10°. La escala del colorímetro se calibró antes de cada análisis con un blanco y un negro estándar. La coordenada L* corresponde a la luminosidad presentando valores entre 0 y 100, que se sitúan desde el negro al blanco; la coordenada a* puede obtener valores tanto positivos como negativos que van desde el color rojo si son valores positivos y color verde si son negativos; para la coordenada b* también existen valores positivos y negativos que van desde el amarillo hasta el azul, respectivamente. A partir de las coordenadas obtenidas, se calcularon las diferencias de color (ΔE^* , ecuación 4) de cada muestra de polvo rehidratado respecto al licuado de fresa sin solutos empleado como materia prima (Maskan, 2001; Mohammadi et al., 2008; Chiralt et al., 2007).

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (4)$$

ANALISIS SENSORIAL

Para caracterizar sensorialmente las muestras, se realizó un test de ordenación (de acuerdo a la norma UNE-ISO 8587:2010). Para ello un panel de 48 catadores no entrenados con edades comprendidas entre 18 y 40 años evaluó diferentes atributos de las 4 muestras. Los atributos evaluados fueron: el color (más o menos similar a la fresa), la consistencia, el dulzor, el sabor a fresa, la acidez y el espesor en boca. Para evaluar la preferencia de la muestras los catadores puntuaron del 1 al 4, siendo la muestra en primera posición la preferida y la última la menos preferida. Para el resto de atributos, los catadores asignaron un 1 a la muestra en la cual se percibía menor intensidad y un 4 a la muestra percibida con mayor intensidad de cada atributo (Meilgaard, Civille y Carr, 1999).

La hoja de cata utilizada en la prueba se muestra en la figura 1. La evaluación de las muestras se realizó en una sala de cata normalizada y equipada con cabinas individuales (según la norma UNE-ISO 8587:2010) de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural en la Universidad Politècnica de València. Con el objetivo de reducir el posible efecto debido al orden de presentación de muestras, cada una de ellas fue presentada en primer lugar al mismo número de catadores. Las muestras se presentaron simultáneamente en vasos de plástico codificados con 3 dígitos al azar y se facilitó agua para enjuagar la boca entre cada muestra.

ANALISIS ESTADISTICO

Con el fin de evaluar las diferencias existentes entre las muestras, se efectuó un análisis de la varianza (ANOVA) para un nivel de significación ($\alpha= 0,05$). Para el cálculo de las constantes del modelo de Ostwald de Waele, se empleó un análisis de regresión no lineal basado en el método de estimación Levenberg-Marquardt. Los datos sensoriales obtenidos mediante la prueba de ordenación fueron analizados mediante un análisis de la varianza de Friedman (Meilgaard, Civille y Carr, 1999; Tárrega y Costell, 2007) (ecuación 6) y las diferencias entre muestras se determinaron mediante el test de Fisher ($\alpha=0,05$) (ecuación 7) modificado para datos no paramétricos (Meilgaard, Civille y Carr, 1999).

$$F = \left(\left[\frac{1}{bt(t+1)} \right] \sum_{j=1}^t x_{\cdot j}^2 \right) - 3b(t+1) \quad (6)$$

$$\text{LSDrango} = \frac{\left(\frac{Z_{\alpha}}{2} \right) \sqrt{bt(t+1)}}{6} \quad (7)$$

donde: b = número de catadores, t = número de muestras, $x_{\cdot j}$ = Sumatorio de ordenación para cada muestra.

Por último, se realizó un análisis de correlación de Pearson para estudiar las posibles correlaciones entre los parámetros fisicoquímicos y los sensoriales. Los análisis se realizaron con los programas XLSTAT 2009.4.03. y Statgraphics Centurion XVI (Statpoint Technologies, Inc)

FIGURA 1. Hoja de cata utilizada en la prueba de ordenación.

BIENVENIDO A LA SALA DE CATA

Hoy va a probar 4 muestras de un producto de fresa. En primer lugar compruebe que el orden de las muestras de izquierda a derecha es el siguiente:

463-058-129-702

1. **Observe y pruebe** las muestras de izquierda a derecha y ordénelas del 1 al 4 de acuerdo a su preferencia, siendo 1 la muestra **MÁS** preferida y la 4 la **MENOS** preferida.

463	058	129	702
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2. **Observe** las muestras y ordénelas del 1 al 4 en cuanto al color similar a la fresa, siendo 1 la muestra con **MENOR** color similar a la fresa y la 4 la muestra con **MAYOR** color similar a la fresa.

463	058	129	702
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3. **Tome un poco de muestra con la cuchara y observe la consistencia.**
Ordene las muestras de **MENOR** a **MAYOR** consistencia (1: la menos consistente, 4: la más consistente)

463	058	129	702
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4. **Ahora pruebe** las muestras de nuevo de izquierda a derecha y ordénelas del 1 al 4 en cuanto al:
 - o **Dulzor** (1: la menos dulce, 4: la más dulce)

463	058	129	702
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
 - o **Sabor a fresa** (1: menos sabor a fresa , 4: más sabor a fresa)

463	058	129	702
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
 - o **Acidez** (1: la menos ácida, 4: la más ácida)

463	058	129	702
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
 - o **Sensación de viscosidad en la boca** (1: la menos viscosa; la más viscosa)

463	058	129	702
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
 - o **Edad**

<input type="checkbox"/> 18-25	<input type="checkbox"/> 26-35	<input type="checkbox"/> Más de 36
--------------------------------	--------------------------------	------------------------------------

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fresa licuada sin solutos presentó unos valores medios (con su desviación estándar) de las coordenadas de color: $L^* = 36,8$ (0,4), $a^* = 43,4$ (0,3), $b^* = 29,8$ (0,6) y $h_{ab}^* = 34,4$ (0,4), dichos valores fueron semejantes a los publicados por otros autores sobre la misma fruta (Holzwarth et al., 2012). En cuanto a la caracterización reológica, se obtuvieron valores de $k = 0,726$ Pa·sⁿ y $n = 0,389$. A la fresa licuada se le añadieron los solutos correspondientes, las muestras se atomizaron y se reconstituyeron mediante la adición de agua hasta obtener un producto con la misma cantidad de sólidos solubles en la fracción líquida que la de los licuados con solutos. En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos de los análisis de color y reología realizados a los productos de fresa en polvo tras su rehidratación.

TABLA 2. Valores medios (y desviación estándar) de las coordenadas de color (L^* , a^* , b^* y h_{ab}^*), diferencias de color respecto al licuado sin solutos (ΔE^*), índice de consistencia (K, P·sⁿ) e índice de comportamiento de flujo (n) del producto en polvo rehidratado.

MUESTRA	L^*	a^*	b^*	h_{ab}^*	ΔE^*	K	n
FRS1	35,1 ^c (0,2)	39,8 ^d (0,2)	23,2 ^b (0,5)	34,1 ^d (0,3)	6,4 ^a (0,6)	0,02029 ^c (0,00001)	0,973 ^a (0,006)
FRS2	33,04 ^b (0,08)	33,54 ^a (0,18)	20,7 ^a (0,19)	31,68 ^c (0,13)	9,6 ^c (0,6)	0,00514 ^a (0,00002)	0,991 ^b (0,002)
FRS3	31,07 ^a (0,03)	34,34 ^b (0,11)	23,08 ^b (0,06)	30,07 ^b (0,015)	7,7 ^b (0,3)	0,0102 ^b (0,0001)	0,959 ^a (0,003)
FRS4	36,55 ^d (0,06)	37,14 ^c (0,13)	21,17 ^a (0,19)	29,68 ^a (0,14)	7,4 ^b (0,6)	0,0106 ^b (0,0008)	0,973 ^a (0,015)

Por columna, los superíndices de las muestras se identificaron con letras distintas (a,b,c,d) cuando presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) según el test de Fisher (LSD).

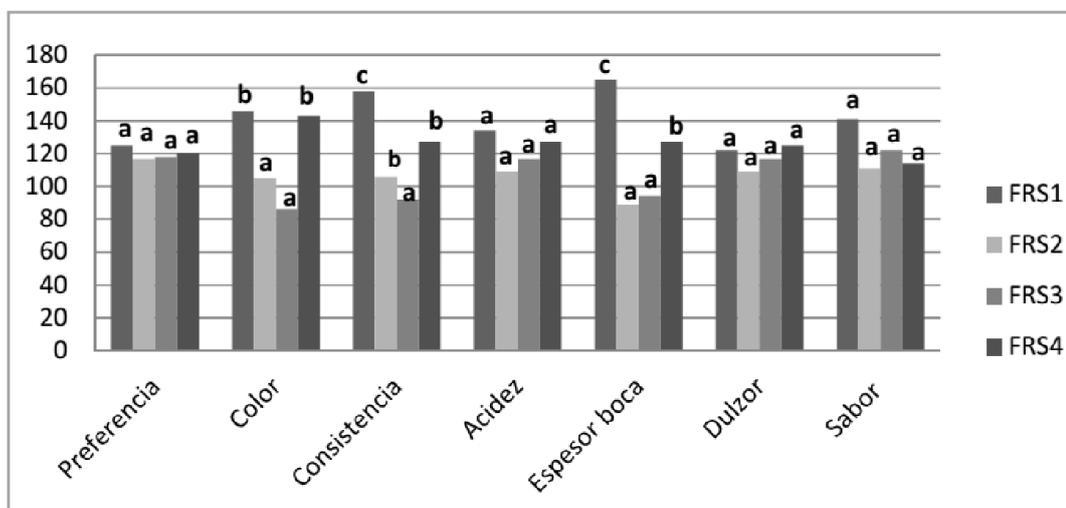
En general, todas las muestras presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en cuanto a los parámetros de color estudiados. La muestra que presentó valores significativamente ($p < 0,05$) mayores de luminosidad fue la muestra FRS4 en cuya formulación se incluían los tres solutos y la que menos ($p < 0,05$) la muestra FRS3, sin goma arábica. Por otro lado, la muestra FRS1, sin almidón y con mayor cantidad de proteína de suero lácteo, presentó valores significativamente ($p < 0,05$) mayores de a^* y b^* , lo cual se vio reflejado en mayores valores de h_{ab}^* , desplazándose hacia zonas más anaranjadas. El tono de todas las muestras quedó enmarcado en el primer cuadrante del diagrama cromático CIE $L^*a^*b^*$. La adición de una mayor cantidad de goma arábica junto con el almidón y una menor cantidad de proteína de suero lácteo (Muestra FRS4) disminuyó significativamente ($p < 0,05$) el valor de h_{ab}^* , hacia tonos más rosáceos. En general, la adición de solutos supuso pequeñas diferencias de color respecto al licuado de fresa, en todos los casos menores a 10 unidades. Estas diferencias de color resultan ser detectables por el ojo humano ($\Delta E^* > 3$) (Bodart et al., 2008). La muestra que presentó ΔE^* significativamente ($p < 0,05$) menores respecto al

licuado de fresa sin solutos fue la muestra FRS1, la cual no contenía almidón en su composición y a su vez menor cantidad de goma arábica.

En muchos alimentos, se emplea la adición de proteínas de suero lácteo junto con polisacáridos para contribuir a mejorar la estructura, la textura y la estabilidad de los productos. Cuando se utilizan juntos, generalmente las proteínas son los principales estabilizantes, mientras que los polisacáridos contribuyen a la estabilidad mediante sus propiedades espesantes y su comportamiento de estabilizadores estéricos al interaccionar con las proteínas (Dickinson, 1992). En los parámetros reológicos, se observó que todas las muestras presentaron carácter pseudoplástico ya que los valores de n fueron menores de la unidad. Otros autores también observaron este comportamiento en disoluciones acuosas de estos solutos a distintas concentraciones (Bernard et al., 2011; Sweedman et al., 2013). Se observó un aumento significativo ($p < 0,05$) de n al aumentar la concentración de goma arábica, de tal manera que el carácter reológico de las muestras se aproximó a un comportamiento Newtoniano al aumentar la concentración de este soluto (Muestra FRS2). Otros estudios también describen esta relación entre la adición de goma arábica y los cambios en el comportamiento reológico de determinados fluidos, de forma que, la presencia de este soluto parece disminuir la viscosidad y aumentar el índice de comportamiento al flujo (Ibanoglu, 2002). Por otro lado, un aumento de los valores de K implican una mayor viscosidad. En este sentido, en todos los casos la adición de solutos supuso una disminución de K , así como un aumento de n respecto al licuado de fresa sin solutos. La muestra FRS1 resultó ser la muestra significativamente ($p < 0,05$) más viscosa. La adición de almidón, solo o combinado con goma arábica (muestras FRS3 y FRS4), hizo aumentar significativamente ($p < 0,05$) la viscosidad de las mismas respecto al uso de goma arábica sola a las mismas proporciones (muestra FRS2), este efecto fue descrito por otros autores, que observaron que el almidón modificado con octenil succinato puede empezar a gelificar a bajas temperaturas (Sweedman et al., 2013).

En cuanto a los resultados obtenidos en el análisis sensorial, para determinar si existieron diferencias significativas en los distintos atributos evaluados para cada muestra (Color, Consistencia, Dulzor, Sabor a Fresa, Acidez y Espesor en boca) y en la preferencia, se realizó un análisis de la varianza de Friedman. Si el valor F de Friedman obtenido para cada atributo mediante la suma de las ordenaciones del análisis sensorial, es mayor al valor F de Friedman teórico (7,81; $\alpha = 0,05$), se puede concluir que existen diferencias significativas entre las muestras (Meilgaard et al., 1999). Para determinar qué muestras presentaron diferencias significativas se procedió al cálculo de los valores LSD mediante el test de Fisher. En la figura 2 se muestra para cada atributo, el sumatorio de los valores de ordenación asignados por los catadores a cada una de las muestras, así como las diferencias significativas existentes entre ellas (grupos homogéneos).

FIGURA 2. Sumatorio de valores de ordenación asignados para cada catador a cada una de las muestras para cada atributo.



Las letras (a, b y c) diferentes en una misma categoría indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según el test de Fisher (LSD).

Los resultados obtenidos indicaron que los catadores no encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las muestras para la preferencia y los atributos acidez, dulzor y sabor. Esto indica que la adición de uno soluto u otro (almidón, goma arábica o proteína de suero lácteo) y/o sus mezclas, a las concentraciones utilizadas en este estudio, no afectaron a la preferencia ni a los atributos sensoriales mencionados. En cambio, los catadores percibieron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las distintas muestras para los atributos color (más o menos similar a la fresa), consistencia y espesor en boca. En este sentido, las muestras FRS1 y FRS4 fueron percibidas con un color significativamente ($p < 0,05$) más parecido al color de la fresa que las muestras FRS2 y FRS3. Por otra parte, tanto en la consistencia percibida al tomar un poco de muestra en la cuchara como en la consistencia percibida en boca, los catadores percibieron la muestra FRS1 (con la mayor cantidad de proteína de suero lácteo, menos goma arábica y sin almidón) significativamente ($p < 0,05$) más espesa y con más consistencia. La muestra FRS3 con almidón y proteína, pero sin goma arábica, fue la percibida como significativamente ($p < 0,05$) menos consistente, mientras que no se observaron diferencias ($p > 0,05$) entre esta muestra y la que se sustituye el almidón por goma arábica (muestra FRS2). Por otro lado, los resultados parecen indicar que la mezcla de goma arábica con almidón en la misma concentración provoca que las muestras se perciban más viscosas en boca, ya que la muestra FRS4 presenta valores significativamente mayores ($p < 0,05$) en este atributo que las muestras con la máxima cantidad de goma arábica o almidón por separado (muestras FRS2 y FRS3, respectivamente).

RELACIÓN ENTRE RESULTADOS INSTRUMENTALES Y SENSORIALES.

Para relacionar los resultados instrumentales y los sensoriales se realizó un análisis del coeficiente de correlación de Pearson. Este análisis es una medida de la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas, independientemente de la escala de medida de las variables. El rango de los coeficientes de correlación obtenidos va de -1 a +1, y miden la fuerza de la relación lineal entre las variables. En la tabla 3 se muestran los coeficientes de correlación obtenidos entre cada par de variables estudiadas.

Los resultados mostrados en la tabla 3 indican que el espesor percibido en boca fue el atributo que más correlaciones significativas presentó. Este atributo de textura estuvo positivamente correlacionado con otras características sensoriales como la consistencia visual y la acidez, así como la preferencia y la coordenada a^* (color rojo); de modo que cuanto más espesa en boca fue percibida una muestra, mayor fue su preferencia y mayor fue también la acidez, la consistencia percibida visualmente con la cuchara y los valores de a^* . Por otro lado la preferencia de los consumidores también estuvo correlacionada significativamente ($p < 0,05$) con el índice de consistencia (K) y con la coordenada a^* . Dichas correlaciones fueron positivas, lo cual indica que la preferencia por una u otra muestra aumentaba a medida que la consistencia (medida instrumentalmente) y el color rojo aumentaban. La correlación significativa ($p < 0,05$) y positiva observada entre el color de las muestras percibido por los catadores y la luminosidad (L^*) de las mismas indicó que el color de las muestras fue percibido más parecido al color de la fresa cuanto mayor fue el valor de luminosidad de dichas muestras. Por otro lado, la consistencia percibida con la cuchara por los catadores estuvo significativamente ($p < 0,05$) y positivamente correlacionada con el espesor que los catadores percibieron al probar la muestra.

TABLA 3. Coeficientes de correlación de Pearson para la preferencia, atributos sensoriales y parámetros instrumentales

	Preferencia	Color	Consistencia	Espesor en boca	Sabor fresa	Dulzor	Acidez	L*	a*	b*	h _{ab} *	K	n
Preferencia	1,000	0,775	0,943	0,984*	0,877	0,732	0,919	0,565	0,975*	0,567	0,715	0,971*	-0,445
Color	0,775	1,000	0,911	0,870	0,381	0,748	0,847	0,957*	0,870	-0,040	0,406	0,623	-0,165
Consistencia	0,943	0,911	1,000	0,966*	0,707	0,665	0,871	0,754	0,950	0,264	0,720	0,837	-0,193
Espesor en boca	0,984*	0,870	0,966*	1,000	0,777	0,805	0,960*	0,699	0,998**	0,448	0,625	0,928	-0,440
Sabor fresa	0,877	0,381	0,707	0,777	1,000	0,452	0,677	0,100	0,759	0,829	0,796	0,938	-0,451
Dulzor	0,732	0,748	0,665	0,805	0,452	1,000	0,938	0,693	0,843	0,394	0,049	0,727	-0,769
Acidez	0,919	0,847	0,871	0,960*	0,677	0,938	1,000	0,718	0,977*	0,465	0,390	0,890	-0,629
L*	0,565	0,957*	0,754	0,699	0,100	0,693	0,718	1,000	0,709	-0,281	0,162	0,389	-0,079
a*	0,975*	0,870	0,950	0,998**	0,759	0,843	0,977*	0,709	1,000	0,456	0,572	0,926	-0,490
b*	0,567	-0,040	0,264	0,448	0,829	0,394	0,465	-0,281	0,456	1,000	0,376	0,745	-0,738
h _{ab} *	0,715	0,406	0,720	0,625	0,796	0,049	0,390	0,162	0,572	0,376	1,000	0,663	0,174
K	0,971*	0,623	0,837	0,928	0,938	0,727	0,890	0,389	0,926	0,745	0,663	1,000	-0,594
n	-0,445	-0,165	-0,193	-0,440	-0,451	-0,769	-0,629	-0,079	-0,490	-0,738	0,174	-0,594	1,000

*: Correlación significativa al nivel 0,05.

** : Correlación significativa al nivel 0,01.

4. CONCLUSIÓN

Tras la evaluación en investigaciones previas del efecto sobre la protección de las propiedades funcionales y actividad antioxidante de productos de fresa en polvo ejercida por los solutos empleados en este estudio, a las concentraciones y mezclas descritas, así como su efecto en la mejora del rendimiento del proceso de atomización, con este trabajo se ha comprobado que la incorporación de goma arábica, almidón y proteína del suero lácteo en la formulación de productos de fresa en polvo atomizados permite obtener productos de elevada calidad. Desde el punto de vista de la evaluación de la calidad de los productos atomizados tras su rehidratación, hay que considerar el efecto de los solutos en el color y en la consistencia de las muestras, puesto que además de observarse un efecto en dichas propiedades medidas instrumentalmente, la preferencia sensorial está correlacionada con dichas características.

5. REFERENCIAS.

- Adhikari, B., Howes, T. y Bhandari, B.R., (2009). The effect of low molecular weight surfactants and proteins on surface stickiness of sucrose uring powder formation through spray drying. *Journal of Food Engineering* 94, 135–143.
- Ali, Z.M., Chin,L.H. y Lazan,H., (2004). A comparative study on wall degrading enzymes, pectin modifications and softening during ripening of selected tropical fruits. *Plant Science*, 167 , 317–327.
- Ali, B.H., Al- Moundhri, M.S. (2006). Agents ameliorating or augmenting thenephrotoxicity of cisplatin and other platinum compounds: a review of somerecent research.*Food and Chemical Toxicology*, 44 (8), 1173–1183.
- Anzaldúa-Morales A., (1994). *La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y en la Práctica*. Zaragoza: Editorial Acribia, S.A.
- Basu, A., Nguyen, A., Betts, N. M., y Lyons, T. J. (2014). Strawberry as a functional food: an evidence-based review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(6), 790–806.
- Bodart, M., de Peñaranda, R., Deneyer, A. y Flamant, G., (2008). Photometry and colorimetry characterisation of materials in daylighting evaluation tools. *Building and Environment*. 43: 2046-2058.
- Bhosale,R.,Singhal,R. (2006).Process optimization for the synthesis of octenyl succinyl derivative of waxy corn and amaranth starches. *Carbohydrate Polymers*,66, 521-527.
- Cabanes-Vicedo, T., Benlloch-Tinoco, M. y Garcia-Martinez, E. (2013). Incidencia de la adición de solutos de alto peso molecular en la calidad de fresa en polvo obtenida por atomización. *Universitat Politècnica de València*.
- Chiralt, A., Martínez-Navarrete, N., González, C., Talens, P. y Moraga, G. (2007). *Propiedades físicas de los alimentos*. València: Editorial Universitat Politècnica de València.
- Cuq, B., Rondet, E., Abecassis, J. (2011). Food powders engineering, between knowhow and science: constraints, stakes and opportunities. *Powder Technology* 208 (2), 244–251.
- Dickinson, E., Galazka, V. B. (1991). Emulsifying behaviour of gumarabic. Part 1: Effect of the nature of the oil phase on the emulsion droplet-size distribution. *Carbohydrate Polymers*, 14, 373–383.
- Doi, Y., Ichihara, T., Hagiwara, A., Imai, N., Tamano, S., Orikoshi, H., Ogasawara, K., Sasaki, Y., Nakamura, M. y Shirai, T. (2006). A ninety-day oral toxicity study of a new type of rocessed gum arabic, from Acacia tree (*Acacia senegal*) exudates, in F344 rats. *Food and Chemical Toxicology* 44, 560–566.
- Duttaroy, A. K., & Jørgensen, A. (2004). Effects of kiwi fruit consumption on platelet aggregation and plasma lipids in healthy human volunteers. *Platelets*, 15(5), 287-292.

- Forny, L., Marabi, A., Palzer, S. (2011). Wetting, disintegration and dissolution of agglomerated water soluble powders. *Powder Technology* 206(1–2), 72–78.
- Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J.M., Quiles, J.L., Mezzetti, B., y Battino, M. (2012). The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 28(1), 9–9.
- Glover, D.A.; Ushida, K.; Phillips, A. O.; Riley, S. G. (2009) Acacia(sen) (Gum arabic): An evaluation of potential health benefits in human subjects. *Food Hydrocolloids*, 23 (8), 2410–2415.
- Holzwarth, M., Korhummel, S., Carle, R. y Kammerer, D.R., (2012). Evaluation of the effects of different freezing and thawing methods on color, polyphenol and ascorbic acid retention in strawberries (*Fragaria×ananassa* Duch.). *Food Research International* 48, 241–248.
- Ibanoglu, E., (2002). Rheological behaviour of whey protein stabilized emulsions in the presence of gum arabic. *Journal of Food Engineering* 52, 273-277.
- INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS. (1981). Sensory Evaluation Guide for Testing Food and Beverage Products. *Food Technology* 35(11). 50-59.
- Jafari S.M., Beheshti P., Assadpoor E. (2012). Rheological behavior and stability of d-limonene emulsions made by a novel hydrocolloid (Angum-gum) compared with Arabic-gum. *J. Food Eng.* 109 (1), 1-8.
- Krishnan, S., Kshirsagar, A., Singhal, R. (2005). The use of gum arabic and modified starch in the microencapsulation of a food flavoring agent. *Carbohydrate Polymers*, 62, 309–315.
- Maskan, M. (2001). Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48, 177-182.
- Meilgaard, M., Civille, G. V., y Carr, B. T. (1999). Sensory evaluation techniques (3rd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Mohammadi, A., Rafiee, S., Emam-Djomeh, Z. y Keyhani, A. (2008). Kinetic Models for Colour Change in Kiwifruit Slices During Hot Air Drying. *World Journal of Agricultural Sciences*. 4 (3): 376-383.
- Mujumdar, A.S. (1995). Handbook of industrial drying. New York: Editorial Marcel Dekker, Inc., 263-309.
- Norma UNE-ISO 8587:2010. Análisis sensorial. Metodología. Ordenación. 2010-05-12.
- Özcan, M.M. y Haciseferogullari, H. (2007). The Strawberry (*Arbutus unedo* L.) fruits: Chemical composition, physical properties and mineral contents. *Journal of Food Engineering* 78, 1022–1028.
- Pérez, A.G. y Sanz, C. (2001). Effect of high-oxygen and high-carbon dioxide atmospheres on strawberry flavor and other quality traits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49, 2370–2375.
- REGLAMENTO (CE) No 1333/2008 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 2008 sobre aditivos alimentarios (Texto pertinente a efectos del EEE).
- Sancho, J., Bota, E. y de Castro, J. J. (1999). Introducción al análisis sensorial de los alimentos. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Seeram, N.P., Lee, R., Scheuller, H.S. y Heber, D. (2006). Identification of phenolic compounds in strawberries by liquid chromatography electrospray ionization mass spectroscopy. *Food Chemistry*, 97, 1-11
- Shin, Y., Liu, R. H., Nock, J. F., Holliday, D. y Watkins, C. (2007). Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. *Post-harvest Biology and Technology* 45, 349–357
- Sweedman, M. C., Tizzotti, M. J., Schäfer, C., y Gilbert, R. G. (2013). Structure and physicochemical properties of octenyl succinic anhydride modified starches: a review. *Carbohydrate Polymers*, 92, 905–20.
- Tárrega A. y Costell, E. (2007). Colour and consistency of semi-solid dairy desserts: Instrumental and sensory measurements. *Journal of Food Engineering*, 78, 655–661.
- Tiss, A., Carrière, F., Verger, R. (2001). Effects of gum arabic on lipase interfacial binding and activity. *Analytical Biochemistry*, 294, (1), 36–43.
- Trommer, H., Neubert, R.H. (2005). The examination of polysaccharides as potential antioxidative compounds for topical administration using a lipid model system. *International Journal of Pharmaceutics*, 298 (1), 153–163.
- Ubeda, C., Callejón, R.M., Hidalgo, C., Torija, M.J., Troncoso, A.M. y Morales, M.L. (2012). Employment of different processes for the production of strawberry vinegars: Effects on

- antioxidant activity, total phenols and monomeric anthocyanins. *Food Science and Technology*, 52(2), 139-145.
- Vasisht, N. (2014). Chapter 2 – Factors and Mechanisms in Microencapsulation. En G. Gaonkar, N. Vasisht, R. Khare y R. Sobel. *Microencapsulation in the Food Industry (15-24)*., Raleigh, North Carolina, USA: Ed. BioDelivery Sciences International, Inc.
- Wapnir, R.A., Sherry, B., Codipilly, C.N., Goodwin, L.O., Vancurova, I. (2008). Modulation of rat intestinal nuclear factor NF-kappaB by gum arabic. *Rat smallintestine by gum arabic. Digestive Diseases and Sciences*, 53 (1), 80–87.