

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA

AGRONÓMICA I DEL MEDI NATURAL



**DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS A BASE DE
SUERO DE QUESERIA**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
LOS ALIMENTOS**

ALUMNO: DAVID INIESTA PLANELLS

TUTORA: MARÍA CONSUELO GONZÁLEZ MARTÍNEZ

COTUTORA: CLARA PASTOR NAVARRO

Curso académico 2019/2020

VALENCIA, JUNIO DE 2020

DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS A BASE DE SUERO DE QUESERIA

Resumen

La industria de la quesería genera una gran cantidad de subproducto en forma de suero lácteo. La mayoría de empresas queseras destinan este suero a la alimentación animal, vendiendo el suero directamente a las granjas más cercanas o a empresas terceras que se dedican a extraer los componentes que lo forman, generalmente proteínas. En este proyecto se propone el diseño de un nuevo producto alimentario a base de suero lácteo con el fin de revalorizar este subproducto y obtener un producto con potencial comercial y cuya producción sea viable. Para ello se partió de un suero de quesería dulce procedente de leche de vaca, proporcionado por *Granja Rinya S.L.*, el cual se caracterizó en términos composicionales y fisicoquímicos. Se elaboraron diferentes productos (bebidas y helados) añadiendo diferentes ingredientes al suero como frutas trituradas o concentrados en polvo. Finalmente se obtuvieron tres variedades de bebida en formato líquido y tres de helado que se sometieron a un análisis sensorial para elegir el que tuviera mayor aceptación. El producto seleccionado fue la bebida de lactosuero con plátano-galleta, que recibió las puntuaciones más altas en los atributos aroma y sabor por parte de los catadores. Esta bebida presentó un pH neutro, alta actividad de agua y un comportamiento reológico de fluido pseudoplástico, con viscosidades moderadas donde la temperatura jugó un papel importante. Así, al aumentar la temperatura, la bebida se volvió menos viscosa, hasta llegar al punto de desnaturalización proteica en el cual se produjo un ligero aumento de la consistencia y de la viscosidad aparente.

Palabras clave: suero dulce, subproducto, proteínas, bebida, helados, caracterización fisicoquímica, reología.

DEVELOPMENT OF NEW PRODUCTS BASED ON MILK WHEY

Abstract

The dairy industry generates a big amount of a by-product called milk whey. Most of the dairy companies sell this whey for animal feeding, selling the whey directly to the nearby farms or to third companies that are dedicated to extract the whey components, especially proteins. In this project the development of new food products based on milk whey is proposed, in order to revalue this by-product and to obtain a new product with potential commercial use. To this aim, sweet milk whey from cow milk, provided by *Granja Rinya S.L.*, was used and characterized in terms of pH, water activity, density, electrical conductivity, water content, fat, protein and ashes content. Different products were made (drinks and ice creams) adding different ingredients to the whey as crushed fruits or powder concentrates. Finally, three varieties of drink and three varieties of ice cream were obtained and were tested by sensorial analysis to find the product with most acceptance. The best product was the whey drink with banana and cookies, which got the highest punctuation in smell and flavour by the testers. This drink presented a neutral pH, high water activity and pseudoplastic fluid rheological behaviour, with moderate viscosity where temperature was important. When temperature rises the drink gets less viscose till it reaches the protein denaturation point where a slight increase in the consistency and the viscosity was seen.

Key words: sweet milk whey, by-product, proteins, drinks, ice creams, physicochemical characterization, rheology.

DESEMVELUPAMENT DE NOUS PRODUCTES BASATS EN SERUM DE LLET

Resum

L'indústria formatgera genera una gran quantitat de subproducte en forma de sèrum lacti. La majoria d'aquestes empreses destinen aquest sèrum a l'alimentació animal, venent el sèrum directament a les granges més pròximes o a empreses terceres que es dediquen a extraure els components que el formen, generalment proteïnes. En aquest projecte es proposa el disseny d'un nou producte alimentari a base de sèrum lacti amb la finalitat de revaloritzar aquest subproducte i obtindre un producte amb potencial comercial, la producció del qual siga viable. Es va partir d'un sèrum de formatgeria dolç procedent de llet de vaca, proporcionat per Granja Rinya S.L., el qual es va caracteritzar en termes composicionals i físico-químics. S'elaboraren diferents productes (begudes i gelats) afegint diferents ingredients al sèrum com fruites triturades o concentrats en pols. Finalment, s'obtingueren tres varietats de beguda en format líquid i tres de gelat els quals es van sotmetre a un anàlisi sensorial per a triar el que tinguera una major acceptació. El producte seleccionat va ser la beguda de lacti-sèrum amb plàtan i galeta, rebent les puntuacions més elevades en els atributs aroma i sabor per part dels tastadors. Aquesta beguda va presentar un pH neutre, alta activitat d'aigua i un comportament reològic de fluid pseudo-plàstic, amb viscositats moderades on la temperatura va jugar un paper important. Augmentant la temperatura, la beguda es va tornar menys viscosa, fins arribar al punt de desnaturalització proteica en el qual es va produir un lleuger augment de la consistència i de la viscositat aparent.

Paraules clau: sèrum dolç, subproducte, proteïna, beguda, gelats, caracterització físico-química, reologia.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer su colaboración a *Granja Rinya S.L.* por prestarse a proporcionarnos el suero con el que trabajamos durante la realización de este proyecto, así como por aconsejarnos sobre cómo manejar dicho suero.

En segundo lugar, quiero dar las gracias a mis tutoras Chelo y Clara por aceptar mi propuesta de trabajo de fin de grado y encargarse de que se hiciera realidad. Y, sobre todo, agradecer su paciencia y su dedicación para con este proyecto.

A los 31 voluntarios que se presentaron para formar parte del panel de catadores y a los que se presentaron, pero no pudieron formar parte porque no disponíamos de más muestras.

Y, por último, agradecer a mis padres y en especial a mi pareja, su apoyo incondicional y los ánimos que me han ayudado a terminar este proyecto.

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Definición y tipos de suero	1
1.2. Composición del lactosuero.....	2
1.3. Situación actual del lactosuero	4
1.4. Métodos actuales de aprovechamiento del suero.....	6
1.5. Productos comerciales a base de proteína de suero en el mercado nacional e internacional.....	7
2. MATERIALES Y MÉTODOS	10
2.1. Materiales.....	10
2.2. Métodos de caracterización composicional del suero de vaca dulce	10
2.2.1. Determinación de la humedad.....	10
2.2.2. Determinación del contenido en sólidos solubles.....	10
2.2.3. Determinación del contenido en proteínas	11
2.2.4. Determinación del contenido en grasas	12
2.2.5. Determinación del contenido en cenizas.....	13
2.2. Caracterización fisicoquímica del suero de vaca dulce y de las bebidas líquidas formuladas.....	14
2.2.1. Determinación de la actividad del agua.....	14
2.2.2. Determinación del pH, conductividad y densidad.....	14
2.2.3. Caracterización reológica.....	14
2.3. Formulación de nuevos productos a base de suero de vaca dulce	15
2.4. Evaluación organoléptica de las bebidas y helados a base de suero de vaca dulce	16
2.5. Análisis estadístico	16
3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
3.1.- Caracterización composicional y fisicoquímica del suero de vaca dulce	17
3.2. Desarrollo de una nueva bebida a base de suero de vaca dulce.	18
3.2.1. Ensayos previos de formulación de productos a base de suero dulce de quesería. 18	
3.2.2. Formulación de productos a base de suero de vaca dulce.	19
3.2.3. Evaluación organoléptica de las bebidas a base de suero de vaca dulce	20
3.2.4. Caracterización fisicoquímica de la bebida a base de suero de vaca dulce con plátano y galleta.....	23
3.2.5. Caracterización reológica de la bebida a base de suero de vaca dulce.....	24
4. CONCLUSIONES.....	26
5. BIBLIOGRAFÍA	27

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de la obtención del queso.	1
Tabla 1. Composición del suero dulce y del suero ácido. Fuente: Van der Schans (2002).	2
Figura 2. Representación tridimensional de la β -lactoglobulina.....	3
Figura 3. Representación tridimensional de la α -lactalbúmina.	4
Figura 4. Bebidas refrescantes a base de lactosuero con sabor a frutas (a) y (b), suero lácteo puro pasteurizado de vaca (c) y de yegua (d).....	8
Figura 5. Bebidas a base de lactosuero con gas y sabor a fruta agridulce.....	8
Figura 6. Bebidas a base de suero líquido con aislado de proteína de suero.	9
Figura 7. Bebidas a base de lactosuero con zumo de frutas (a), bebidas fermentadas a base de lactosuero, zumo de frutas y cereales.	9
Tabla 2. Contenido en agua, sólidos solubles, proteínas, grasa, cenizas, actividad de agua, pH, conductividad y densidad del suero de vaca dulce. Valores medio y desviación estándar.	17
Tabla 3. Composición de las bebidas a base de suero de vaca.	20
Tabla 4. Ordenación de los productos por el número de veces que se les ha asignado es clasificación.	21
Figura 8. Número de catadores que asignaron cada puntuación a cada uno de los atributos sensoriales para los diferentes productos desarrollados a base de suero lácteo.	22
Figura 9. Valores promedios de cada atributo para los diferentes productos a base de suero de leche obtenidos en el análisis sensorial.	23
Tabla 5. Contenido en sólidos solubles, actividad de agua, pH, conductividad y densidad de la bebida a base de plátano-galleta. Valor promedio y desviación estándar.	24
Figura 10. Curvas de flujo de las bebidas a base de suero a 4, 25 y 80°C.	24
Tabla 6. Parámetros del modelo de Ostwald-de Waele (n y K), viscosidad aparente (η_{ap}) a 100 s^{-1} de la bebida de suero sabor plátano-galleta a 4, 25 y 80°C, junto con el coeficiente de determinación (r^2) del modelo.	25

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Definición y tipos de suero

El lactosuero es un subproducto de la industria quesera, producido durante el proceso de cortado y prensado de la cuajada de quesería, pasos previos necesarios para la obtención del queso. En la Figura 1, se muestra el diagrama de flujo para la obtención del queso y, en qué momento de su producción, aparece el subproducto en cuestión.

El lactosuero se define como “la sustancia líquida obtenida por separación del coágulo de leche en la elaboración de queso” (Foegeding y Luck, 2002). Existen varios tipos de lactosuero dependiendo del método que se emplee para precipitar la caseína:

- El lactosuero dulce, que se obtiene por la coagulación enzimática de la leche con renina, con el que se consigue un lactosuero de pH neutro (6,0-6,6).
- El lactosuero ácido, que resulta del proceso de fermentación o adición de ácidos orgánicos o ácidos minerales a la leche, obteniéndose un suero con un pH más bajo (entre 4,3-4,7).

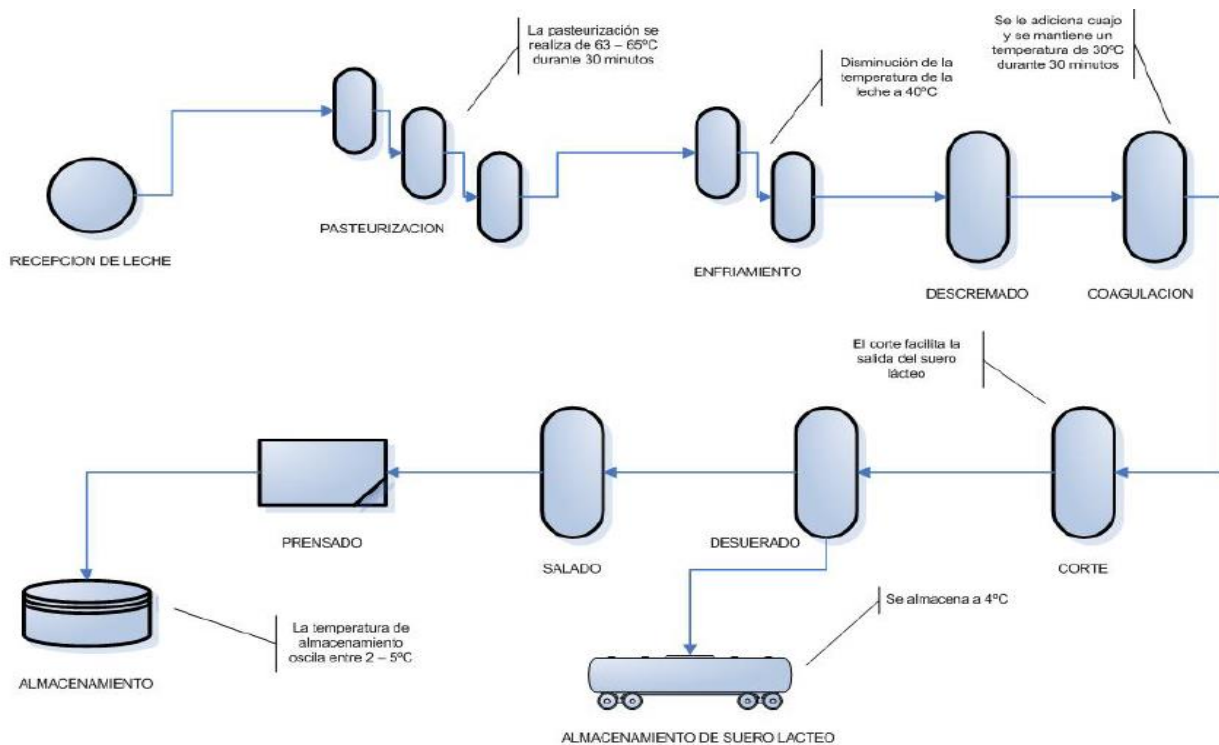


Figura 1. Diagrama de flujo de la obtención del queso.

1.2. Composición del lactosuero

La composición del lactosuero depende principalmente del tipo de leche utilizada para la elaboración del queso (vaca, cabra, oveja) y del tipo de coagulación empleada en su fabricación (ácida o enzimática). En el lactosuero se encuentran todas las sustancias hidrosolubles presentes en la leche como lactosa, minerales, ciertas proteínas, y algo de grasa, tal y como se muestra en la Tabla 1. En el queso queda la caseína y la mayor parte de la grasa de la leche. Como se puede observar en la Tabla 1, la concentración de minerales en el suero varía en función del pH al que se ha elaborado el queso. En la fabricación de quesos de pasta prensada y de pasta cocida por coagulación enzimática, se obtiene un queso rico en calcio y fósforo y un lactosuero con baja concentración de sales minerales, más suave (dulce). En cambio, en la elaboración de queso por coagulación ácida (como queso cottage, petite suisse) se obtiene un queso desmineralizado y un lactosuero ácido y rico en minerales, especialmente calcio y fósforo (Luquet, 1993).

Tabla 1. Composición del suero dulce y del suero ácido. Fuente: Van der Schans (2002).

Componente	Suero Dulce	Suero Ácido.
% de Agua	93-94	94-95
Gravedad Específica (kg/l)	1.026	1.024-1.025
% de Grasa	0.8	0
% Proteína	0.9	0.9
% Lactosa	4.5-5.0	3.8-4.4
% Acido Láctico	0	0.8
% Minerales	0.5-0.7	0.7-0.8
pH	5.8-6.6	4.5-5.0

De la fracción proteica del lactosuero, destacan dos proteínas debido a su alto valor biológico (Calvo, 2017):

- β -lactoglobulina: Es característica de los rumiantes. En la leche de vaca es la proteína del suero más abundante (2,5 a 3 g/L). Está formada por una sola cadena de 162 aminoácidos, con un peso molecular de unos 18.400. La estructura terciaria de los monómeros de la β -lactoglobulina está mantenida por dos puentes disulfuro. También existe un grupo tiol libre que es muy importante en la asociación de la β -lactoglobulina con otras moléculas, especialmente con la k-caseína (Figura 2). La β -lactoglobulina es capaz de interactuar con distintas moléculas hidrofóbicas, especialmente el retinol y los ácidos grasos. Esta propiedad, además de estar probablemente relacionada con su función biológica, hace que tenga buenas propiedades emulsionantes.

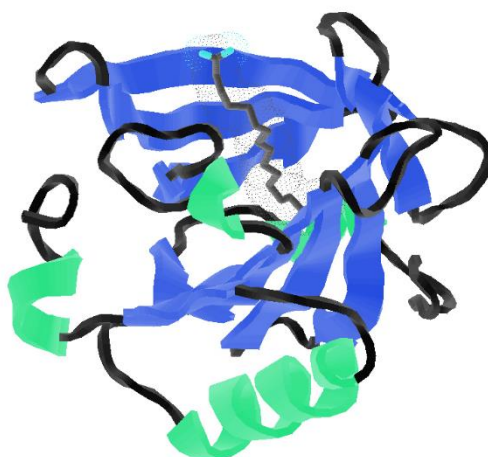


Figura 2. Representación tridimensional de la β -lactoglobulina.

- α -lactalbúmina: Es una proteína que se encuentra en la leche de casi todas las especies. Su misión biológica es la síntesis de la lactosa. La α -lactalbúmina es la segunda proteína en concentración en el lactosuero de vaca (1 a 1,5 g /L), y la más abundante en el lactosuero humano. La α -lactalbúmina es una proteína formada por una sola cadena polipeptídica, de 123 aminoácidos, con un peso molecular de unos 14.200. Su estructura terciaria, muy compacta, globular, está mantenida por cuatro puentes disulfuro (Figura 3).

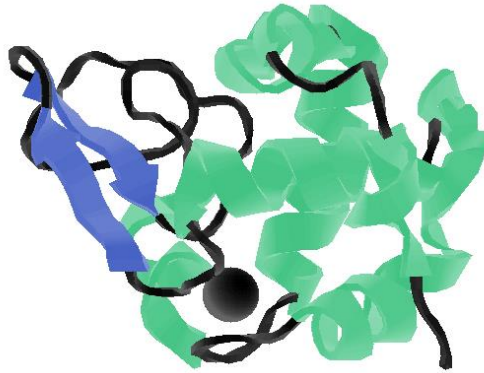


Figura 3. Representación tridimensional de la α -lactalbúmina.

Estas proteínas suponen una rica y equilibrada fuente de aminoácidos esenciales, además, tienen un alto valor biológico debido a su contenido en leucina, triptófano, lisina y aminoácidos azufrados. Son de la misma calidad que las proteínas del huevo y no son deficientes en ningún aminoácido. La leucina y la lisina son los aminoácidos que se encuentran en mayor cantidad y parecen ejercer efectos biológicos y fisiológicos, potenciando la respuesta inmune tanto humoral como celular (Baro et al., 2001).

1.3. Situación actual del lactosuero

En una revisión sobre la composición del suero y los métodos utilizados para su utilización en productos alimenticios y farmacéuticos, realizada por Tsakali et al. (2010) se indica que la producción global de lactosuero es de 145 millones de toneladas, de las cuales 80 millones son procesadas industrialmente para obtener suero en polvo, lactosa, proteínas y minerales. Los otros 60 millones de toneladas se emplean en alimentación animal, como fertilizante y una última parte se deshecha. Según (Guerrero Rodríguez et al., 2009) alrededor del 50% del lactosuero producido a nivel mundial se desecha al medioambiente, lo que supone una importante fuente de contaminación ya que el lactosuero tiene una demanda biológica de oxígeno (DBO) de 3,5 Kg y una demanda química de oxígeno (DQO) de 6,8 Kg por cada 100 Kg de lactosuero líquido (Muñi

et al., 2005). La continua emisión de este subproducto al medioambiente podría acabar alterando la estructura física y química del suelo lo que supone un daño irreparable para la naturaleza.

Según un informe de MERCASA “*Alimentación en España 2016*”, la producción de leche de vaca en España rozó las 6.800.000 toneladas, de las cuales el 25% se destinaron a la producción de queso. En general, se estima que se utilizan 100 kg de leche para obtener 15 kg de queso fresco y 85 kg de lactosuero (Alais, 1985). Por tanto, se obtiene alrededor de 255.000 toneladas de lactosuero al año, un gran volumen de subproducto. Parte de ese suero generado se destina a la producción de requesón o similar (ricota), parte se destina a alimentación animal y el resto, se desecha.

La normativa medioambiental no permite el vertido del lactosuero y exige al quesero la gestión de ese suero que produce, bien tratándolo o reutilizándolo en sus propias instalaciones, o bien entregando el suero a otra empresa para su empleo o transformación (Ley 10/1998 de residuos). Sin embargo, no existe un sistema establecido de recogida y tratamiento de este efluente y las instalaciones necesarias para su tratamiento en la propia quesería no son asumibles por la mayoría de los elaboradores. Por consiguiente, cada quesero gestiona el lactosuero resultante de su actividad como puede. Una parte se aprovecha para alimentar animales de granja o incluso a modo de fertilizante en los campos cercanos a las queserías, con los problemas de malos olores y exceso de salinidad. Pero este aprovechamiento es mínimo y es relativamente fácil que el lactosuero restante acabe vertiéndose al medio ambiente, convirtiéndose en el contaminante principal derivado de la actividad de la industria quesera (Juliano et al., 2017).

Teniendo en cuenta las limitaciones tecnológicas y económicas para el procesado del lactosuero, y que se trata de un sector muy atomizado y disperso en una orografía que dificulta y encarece bastante la organización de un sistema de recogida, parece sensato plantearse la reutilización del lactosuero de forma integral en las propias explotaciones. Además, se trata de una materia prima muy perecedera, requiriendo sistemas de refrigeración o algún tratamiento adicional para poder ser transportado.

El lactosuero, pese a ser un subproducto, tiene un alto contenido nutricional ya que conserva aproximadamente el 55% de los nutrientes de la leche. Por ello, es de gran interés encontrar nuevas formas de gestionar y/o reutilizar este subproducto para obtener productos nuevos con valor añadido y reducir el impacto medioambiental.

1.4. Métodos actuales de aprovechamiento del suero

Actualmente, existen tres métodos actuales de aprovechamiento del lactosuero:

- 1) para fabricar requesón
- 2) se seca por atomización para venta en forma de polvo como producto apto para deportistas (tras su reformulación para enmascarar sabores) y para aumentar la capacidad de retención de suero en yogures con altas cantidades de proteína;
- 3) y en forma líquida, para alimentación animal.

Además, comúnmente el lactosuero se valoriza por separación de sus componentes para ser utilizados posteriormente por la industria alimentaria, mediante:

- Extracción del agua para hacer suero en polvo, como aditivo, bebidas para deportistas o para piensos.
- Extracción de la lactosa, que es el 75% del extracto seco del lactosuero.

La lactosa se utiliza abundantemente en la industria de la panificación ya que ayuda a conservar la humedad y la frescura de los productos, mantiene la calidad del sabor, realza el desarrollo del color durante el proceso de cocción y horneado, contribuye al desarrollo de sabores tostados, y controla el crecimiento de hongos de forma natural para ayudar a prolongar el período de conservación.

También se utiliza en la formulación de productos para niños ya que corrige el equilibrio entre los hidratos de carbono y las proteínas en los sustitutos de la leche materna a base de leche de vaca para brindar una nutrición óptima.

- Extracción de proteínas, debido a su alto valor biológico, su perfil de aminoácidos es similar que el de las proteínas de la albúmina de huevo.

Se utilizan como emulgentes, espesantes, espumantes y gelificantes por sus interesantes propiedades funcionales muy interesantes en la producción de diferentes alimentos como yogures, batidos y leches preparadas.

- Separación de minerales residuales. El suero se desmineraliza con el objetivo de obtener las proteínas puras, no para extraer los minerales y darles algún tipo de valor añadido. Sin embargo, se están llevando a cabo estudios acerca de la recuperación del fósforo del suero lácteo con el fin de poder aprovecharlo.

1.5. Productos comerciales a base de proteína de suero en el mercado nacional e internacional.

A parte del requesón y productos similares (como el queso *Ricota*) y del preparado a base de suero de proteína en polvo para deportistas, podemos encontrar varios productos novedosos a base de suero dulce líquido integrados en los lineales de los supermercados.

Por ejemplo, en Alemania está bastante extendido el consumo de este tipo de bebidas, entre las que podemos encontrar bebidas refrescantes con sabor a frutas a base de suero lácteo o también se puede encontrar suero lácteo puro pasteurizado tanto de vaca como de yegua (Figura 2).



Figura 4. Bebidas refrescantes a base de lactosuero con sabor a frutas (a) y (b), suero lácteo puro pasteurizado *de vaca* (c) y *de yegua* (d)

En Suiza producen una bebida de lactosuero pasteurizada, carbonatada, con sabor a fruta agrídulce (Figura 3) que actualmente también es consumida en los Países Bajos y en Canadá.



Figura 5. Bebidas a base de lactosuero con gas y sabor a fruta agrídulce.

En Estados Unidos también podemos encontrar algunos productos enfocados a deportistas a base de lactosuero líquido (Figura 4), a los que se le añaden más proteínas aisladas de suero, con el fin de aportar una gran cantidad de proteínas en poco tiempo.



Figura 6. Bebidas a base de suero líquido con aislado de proteína de suero.

En Brasil podemos también encontrar bebidas a base de suero pasteurizado con zumo de frutas. Pero también otras variantes a las que además se las somete a un proceso de fermentación.



Figura 7. Bebidas a base de lactosuero con zumo de frutas (a), bebidas fermentadas a base de lactosuero, zumo de frutas y cereales.

Sin embargo, en España apenas existen productos a parte de los preparados de proteínas en polvo para deportistas que sean a base de lactosuero.

Por ello, es de interés el desarrollo de una bebida a base de suero lácteo ya que en España se genera un gran volumen de este subproducto, por lo que no habría problemas de abastecimiento de materia prima, además de ejercer un servicio de gestión de residuos para las industrias queseras. Por otro lado, las virtudes de su composición nutricional podrían hacerla atractiva para el mercado “fitness”, y junto debido a la ausencia de productos similares podría ser una gran oportunidad de mercado para este tipo de producto.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

El suero dulce de leche de vaca procedente de quesería fue proporcionado por la empresa quesera Formatgeria Granja Rinya, Albal, Valencia. La fruta usada en las formulaciones líquida (fresas y plátano), la vainilla líquida y las galletas Maria se compraron en un supermercado local en Valencia. La avena soluble sabor vainilla (Eco Mil) en Herboristeria Navarro.

Para la determinación de proteínas, H_2SO_4 e indicador Shiro T-Shiro y el éter de petróleo usado para la determinación de grasa se compraron en Sigma Aldrich, Madrid, España.

2.2. Métodos de caracterización composicional del suero de vaca dulce

Una vez recibido el lactosuero, se congeló a una temperatura de $-20^{\circ}C$ hasta la realización de los diferentes análisis.

2.2.1. Determinación de la humedad

La determinación de la humedad se realizó liofilizando el suero de vaca. La liofilización consiste en la sublimación del agua del producto sin pasar por estado líquido, previa congelación del mismo. Con este método se determina la pérdida de peso de la muestra, antes y después del liofilizado a una temperatura de $-45^{\circ}C$ y una presión de 35 a 50 Pa durante 24 horas. El liofilizador utilizado para el experimental fue el Lioalfa-6 (Telstar Madrid, España). La determinación de la humedad se realizó por triplicado, pesando la bandeja de aluminio con el suero de vaca antes y después del liofilizado mediante una balanza Sartorius (Entris, Goettingen, Alemania).

2.1.2. Determinación del contenido en sólidos solubles

La determinación de los sólidos solubles se realizó por triplicado a partir de los grados Brix ($^{\circ}Brix$, g sólidos solubles/100 g disolución)) utilizando un refractómetro digital HI 96801 (HANNA Instruments, Guipúzcoa, España) a temperatura ambiente. Una vez determinados los $^{\circ}Brix$, los sólidos solubles por gramo de muestra (xss) se calcularon a partir de la ecuación 1.

$$\frac{^{\circ}\text{Brix}}{100} = \frac{x_{SS}}{x_W + x_{SS}} \quad (1)$$

Donde, x_{SS} son los gramos de sólidos solubles por 100 gramos de muestra y x_W son los gramos de agua por 100 gramos de muestra.

2.1.3. Determinación del contenido en proteínas

La determinación del contenido en proteínas se realizó por triplicado a partir del método Kjeldahl tal y como se describe en el método 928.08 de la AOAC (1997). Este método consiste en el análisis del contenido en nitrógeno total y la aproximación al porcentaje de proteínas multiplicando por un factor de conversión preestablecido. Para el análisis del contenido en nitrógeno total se realizan 3 etapas: digestión, destilación y valoración.

- *Digestión*: En un tubo Kjeldahl se introdujeron 0,5 g de muestra y 3 g de catalizador compuesto por K_2SO_4 , $CuSO_4$ y Se (10:1:0,1). A continuación, se adicionaron 10 mL de H_2SO_4 (98% v/v) y 5 mL de H_2O_2 (30% v/v). Los tubos se introdujeron en una unidad de digestión Büchi B-426 (Büchi Labortechnik AG, Flawil, Suiza) donde se calentaron a 450°C hasta digestión completa. Se consideró la digestión finalizada cuando la disolución contenida en el tubo adquirió una coloración verde esmeralda.

- *Destilación*: La disolución obtenida tras la digestión se diluyó en frío con 50 mL agua destilada y se llevó a una unidad de destilación semiautomática Büchi B-316 (Büchi Labortechnik AG, Flawil, Suiza) donde se añadió un exceso de hidróxido sódico 10 N y se destiló durante 4 min. El amoníaco liberado durante la destilación se recogió sobre 50 mL de una disolución de ácido bórico (4% p/v).

- *Valoración*: El amoníaco recogido sobre el ácido bórico se valoró con H_2SO_4 0,3 N en presencia del indicador Shiro T-Shiro (disolución de rojo de metilo al 0,2% y azul de metileno al 0,1% en alcohol etílico), hasta el viraje de la disolución desde verde (medio básico) a violeta (medio ácido).

Paralelamente, se realizó un ensayo en blanco y la cantidad de proteína se calculó mediante la ecuación 2:

$$\% \text{ proteína} = \frac{(V_m - V_b) \cdot N_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot f \cdot \text{Peq}_{\text{N}_2} \cdot 6,25}{m} \cdot 100 \quad (2)$$

Donde:

V_m = volumen de ácido empleado en la valoración (L).

V_b = volumen de ácido empleado en el ensayo en blanco (L).

$N_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ = normalidad del ácido sulfúrico.

f = factor de la normalidad del ácido sulfúrico.

$\text{Peq}_{\text{N}_2} = 14$.

m = masa de muestra (g).

2.1.4. Determinación del contenido en grasas

La determinación del contenido en grasa se realizó por triplicado por extracción en Soxhlet con éter de petróleo según el método 991.36 de la AOAC (1997).

Para ello, se pesaron aproximadamente 10 g de muestra (m_0) en un pesa-sustancias, se homogeneizaron con arena de mar y se secaron hasta peso constante en estufa a 103 ± 2 °C. El contenido del pesa-sustancias se introdujo en un cartucho de extracción de celulosa Albet® 900 (Filalbet, Barcelona, España) de dimensiones 22 x 80 mm y se tapó con algodón hidrófilo. Este cartucho se colocó en la cámara de extracción del equipo automático Soxtec Avanti (Foos Tecator, Höganäs, Sweden), donde se adicionó éter de petróleo. El montaje constaba de refrigerante acoplado a la cámara de extracción y ésta, acoplada a un matraz, previamente pesado (m_1), totalmente limpio y seco, donde se recogió la materia lipídica de la muestra. Tras la extracción de la materia grasa los matraces se enfriaron en un desecador hasta temperatura ambiente y se pesaron en balanza analítica (m_2).

El cálculo del porcentaje de grasa en la muestra se realizó mediante la ecuación 3:

$$\% \text{ grasa} = \frac{m_2 - m_1}{m_0} \times 100 \quad (3)$$

Donde:

m_0 = masa de la muestra (g).

m_1 = masa del matraz (g).

m_2 = masa del matraz con la grasa extraída (g).

2.1.5. Determinación del contenido en cenizas

La determinación del contenido en cenizas se realizó por sextuplicado en una mufla Muffle Select-Horn-TFT (J.P. Selecta, Barcelona, España) para calcinar las muestras y calcular su contenido. Para ello, se pesó aproximadamente 1g de suero de vaca, previamente liofilizado, en los crisoles correspondientes. A continuación, se introdujeron en la mufla a 600°C durante 24 horas y, después de atemperarlos, se volvieron a pesar. El porcentaje en cenizas se calculó a partir de la ecuación 4.

$$\% \text{ Czbs} = \frac{(pccz - pc) \times 100}{pm} \quad (4)$$

Donde,

%Czbs: porcentaje de cenizas en base seca

pccz: peso del crisol con las cenizas

pc. Peso del crisol

pm: peso de la muestra

2.2. Caracterización fisicoquímica del suero de vaca dulce y de las bebidas líquidas formuladas

2.2.1. Determinación de la actividad del agua

La determinación de la actividad de agua (a_w) se realizó por triplicado utilizando un higrómetro de punto de rocío CX-3 (Aqualab, Barcelona, España) previamente calibrado con una disolución saturada de dicromato potásico a una temperatura ambiente de 25°C. Este equipo mide

2.2.2. Determinación del pH, conductividad y densidad.

La determinación del pH y la conductividad se realizaron por triplicado con un multímetro MM40 (Crison, Barcelona, España).

La determinación de la densidad se realizó por triplicado mediante un densímetro Densito 30PX (Mettler Toledo, Barcelona, España).

2.2.3. Caracterización reológica

El comportamiento reológico se midió en las bebidas a base de suero a 4, 25 y 80°C por triplicado usando un reómetro de plato paralelo de geometría 40 mm (KINEXUS pro+, Malvern Instruments, Reino Unido). Se midió el esfuerzo cortante (σ) en función del gradiente de velocidad (γ) desde 0 a 200 s⁻¹ de la siguiente manera: 5 minutos hasta alcanzar el gradiente de velocidad máximo, 5 minutos de estabilización y 5 minutos hasta descender a 0.

Las curvas de flujo obtenidas se ajustaron al modelo de Ostwald-de Waele (Ec. 5) para determinar el índice de comportamiento al flujo (n) y el índice de consistencia (K) de las bebidas a base de suero. La viscosidad aparente (η_{ap}) fue calculada a un gradiente de 100 s⁻¹.

$$\sigma = K \times \gamma^n \quad (5)$$

Este modelo establece lo siguiente:

- Sí $n = 1$, el fluido es newtoniano.
- Sí $0 < n < 1$, es pseudoplástico.
- Sí $n > 1$, es dilatante.

2.3. Formulación de nuevos productos a base de suero de vaca dulce

Las tres formulaciones líquidas desarrolladas fueron las siguientes:

- 1) Bebida de suero con fruta y con galleta: para ello se trituró el plátano y galletas junto con suero con un molinillo eléctrico Moulinex dj2000 (Moulinex, Alençon, Francia) durante 1 minuto.
- 2) Bebida de suero con avena soluble sabor vainilla: donde la avena soluble se añadió directamente al suero de leche y se mantuvo en agitación hasta su completa disolución.
- 3) Para las formulaciones de avena con leche de almendras, se elaboró previamente la bebida de leche de almendras usando el suero como base con una Sojamatic 1.5 (Sojamatic, Barcelona, España) que dispone de un microtamiz donde tritura el material vegetal. Para ello, se utilizó almendra variedad marcona, siguiendo el siguiente procedimiento:
 1. Se pesó 104 g de almendras
 2. Se llenó la jarra con 1400 mL de suero
 3. Se acopló el microtamiz a la jarra
 4. Se realizó una molienda de 30 segundos cada 2 minutos durante un tiempo total de 30 minutos.
- 4) Para las formulaciones tipo helado, se empleó una heladera Gelato pro 1700 (Nemox International Srl, Pontevico, Italia). Esta heladera consta de un compresor que aplica frío sobre las paredes de un recipiente fijo, que contiene en el centro un eje sobre el que rotan 2 paletas que desplazan el líquido hacia las paredes para que se congele y al mismo tiempo separan el líquido que queda congelado sobre las mismas y lo vuelve a mezclar, resultando así el helado. Así, las tres bebidas líquidas anteriores se introdujeron en la heladera durante 25 minutos hasta la formación del helado.

2.4. Evaluación organoléptica de las bebidas y helados a base de suero de vaca dulce

El objetivo de la evaluación organoléptica de las distintas bebidas y helados formulados consistió en comprobar cuál era la aceptación que tenían por parte de los posibles consumidores, así como clasificarlos según su grado de aceptación.

Para ello, se organizó una cata en una sala de catas normalizada del Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo de la Universidad Politécnica de Valencia, contando con la ayuda de 31 voluntarios. A cada voluntario se le presentaron los 3 sabores de batido de suero (almendra, plátano-galleta y vainilla) en los 2 formatos (batido líquido y helado), siendo un total de 6 muestras por voluntario. Cada una de las muestras se entregó a los voluntarios en vasitos de plástico, identificados con un número de 3 cifras al azar.

Para reflejar las impresiones de los voluntarios se les proporcionó una ficha en la que se les pedía contestar una serie de preguntas de control (sexo, edad...) y a continuación se les pedía que valoraran mediante una escala hedónica de 9 puntos (siendo el 1 muy desagradable y el 9 muy agradable) los siguientes aspectos de cada una de las muestras: Aroma, Apariencia, Textura en boca, Sabor y Aceptación global.

Por último, se les pidió que ordenaran las muestras en orden descendente, siendo la primera la que más les había gustado y la última la que menos.

2.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) usando el programa Statgraphics Centurion XVI. Para discernir entre las medias se utilizó el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) con un nivel de confianza del 95%.

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.- Caracterización composicional y fisicoquímica del suero de vaca dulce

En la Tabla 2 se muestran las medias y desviaciones estándar del contenido en agua, sólidos solubles, proteínas, grasa, cenizas, actividad de agua, pH, conductividad y densidad del suero de vaca dulce empleado. Como se puede observar, la mayor parte es agua, seguido de los sólidos solubles (principalmente lactosa y sales minerales). En la tabla también se muestran valores de composición de suero de leche encontrados por otros autores (Hernán y Hernández-Monzón, 2017 y Montoya et al., 2014, del que se ha obtenido una media de las 4 regiones que analizaron en su publicación) y la viscosidad de suero a 20°C. Como se puede observar, estos autores encontraron valores similares de proteína (en torno al 1%) y grasa (en torno al 0,3%), aunque el contenido en grasa fue mayor (0,63%) en el estudio de Hernán y Hernández-Monzón (2017) y el de proteínas menor (0,735%) en el de Montoya et al., (2014). También se muestran los valores de referencia extraídos de la norma 2594:2011, que es la norma técnica de Ecuador que establece los requisitos mínimos que debe cumplir el suero de leche líquido, destinado a posterior procesamiento como materia prima o como ingrediente, ya que en España no se dispone de una norma técnica del suero lácteo líquido dedicado a este fin. Como se puede observar, estamos dentro de los rangos normales para este tipo de producto.

Tabla 2. Contenido en agua, sólidos solubles, proteínas, grasa, cenizas, actividad de agua, pH, conductividad y densidad del suero de vaca dulce. Valores medio y desviación estándar.

Parámetro	Valor medio	Hernán y Hernández-Monzón (2017)	Montoya et al., (2014)	Norma INEN 2594:2011
Humedad (%)	91,80 ± 0,04	-	92,3±1,12	-
Sólidos solubles (°BRIX)	7,7 ± 0,0	-	-	-
Proteínas (%)	1,2 ± 0,3	1,15 ±0,21	0,735±0,075	0,8
Grasa (%)	0,38 ± 0,03	0,63 ±0,25	0,293±0,1	0,3
Cenizas (%)	0,597 ± 0,003	-	0,703±0,123	0,7

Actividad de agua	$0,985 \pm 0,002$	-	-	-
pH	$6,67 \pm 0,02$	-	$5,785 \pm 0,7$	6,8
Conductividad (mS/cm)	$4,5 \pm 0,3$	-	-	-
Densidad (g/cm^3)	$1,0280 \pm 0,0002$	$1,024 \pm 0,001$	$1,0280 \pm 0,0055$	-
Viscosidad a 20°C (mPas)	-	-	-	$1.20 \pm 0.04^*$

*Kabašinskienė et al. (2015)

La caracterización del suero es un proceso de vital importancia a la hora de emplearlo como materia prima para elaborar un producto, ya que nos permite conocer sus propiedades físico-químicas y estandarizarlas para obtener una materia prima homogénea. De lo contrario, se producirían lotes con distintas propiedades físicoquímicas y posiblemente, organolépticas, lo que podría dar lugar futuros rechazos por parte de los consumidores.

3.2. Desarrollo de una nueva bebida a base de suero de vaca dulce.

3.2.1. Ensayos previos de formulación de productos a base de suero dulce de quesería.

Para la formulación de un producto con valor añadido a partir del suero de vaca dulce se pensó en un tipo de producto que fuera sencillo de producir y que se realizara con el menor número de ingredientes posible. Por ello se decidió elaborar una bebida a base de suero combinado con diversos ingredientes como fruta, concentrados en polvo, galletas, etc.

En primer lugar, se empezó a formular un batido sabor fresa-plátano. Para ello, se trituraron fresas y unos trozos de plátano junto con suero. Se probaron varias proporciones de fruta hasta que se llegó a un producto con un sabor y textura deseados que contenía 63.2 % de suero lácteo, 18.4% de fresa y 18,4% de plátano. Dado que las fresas son un producto de temporada se vio que la formulación no era viable ya que la idea principal era emplear ingredientes disponibles todo el

año y lo más económicos posibles. Por ello se decidió prescindir de la fresa y sustituirla por otro ingrediente que estuviera más disponible. Dicho ingrediente fue las galletas tipo María ya que su coste es reducido y a nivel industrial se puede emplear polvo ya preparado. En cuanto al sabor, combina bien con el plátano, además aportan más cuerpo al producto, lo que hace que tenga una textura más semejante a la de los batidos comerciales. Del mismo modo que con las fresas, se fueron probando diversas proporciones de plátano y galletas hasta obtener un producto lo más parecido al de los batidos que se encuentran en los supermercados.

En segundo lugar, se preparó una bebida de suero sabor vainilla empleando un tipo de avena soluble saborizada. La formulación consistió en ir añadiendo cantidades distintas de avena al suero y disolverlas agitando ligeramente. El producto que se obtuvo tenía un sabor agradable pero la textura era líquida. También se observó que la mezcla no era estable y se producía la precipitación de la fibra de la avena al dejar la bebida en reposo al cabo de 20 minutos.

Por último, se pensó en elaborar una leche de almendras a base del suero, mezclando en las proporciones detalladas en materiales y métodos. Finalmente se obtuvo una bebida de color blanco opaco y sabor suave a almendras, pero con un poco de poso arenoso de almendras molidas que permaneció incluso después de haberla colado.

3.2.2. Formulación de productos a base de suero de vaca dulce.

La Tabla 3 muestra la composición de las bebidas optimizadas a base de suero de vaca que han sido seleccionadas para llevar a cabo el estudio.

En ella se observa que, todas las bebidas se han formulado minimizando los componentes añadidos, donde el suero representa entre un 84-96% del producto final. Esto significa que los costes de producción, en cuestión de materias primas, serían bajos, lo que aumentaría la viabilidad económica de este producto.

Una vez formuladas las 3 bebidas, se decidió probar a darle un formato alternativo, usándolas como materia prima para hacer helados.

Tabla 3. Composición de las bebidas a base de suero de vaca.

Producto	Plátano-Galleta	Suero	83,70%
		Plátano	12,20%
		Galleta	4,10%
	Avena s. Vainilla	Suero	93,20%
		Avena	6,80%
	Almendra	Suero	96,50%
Almendra		3,50%	

3.2.3. Evaluación organoléptica de las bebidas a base de suero de vaca dulce

La cata de los productos se realizó en la sala de cata normalizadas del IAD. Una vez finalizada la cata se recogieron todos los formularios y se procedió al recuento de puntuaciones que había recibido cada muestra para determinar cuál era la que más aceptación tuvo dentro del grupo de voluntarios.

En la Figura 6 se muestra los resultados de la evaluación organoléptica, en términos de número de catadores que asignaron cada puntuación a cada uno de los atributos sensoriales y en la Figura 7, la nota media resultante para cada atributo. Los valores resultantes también se muestran en las tablas del Anexo I, junto con el promedio y desviación estándar y los resultados del análisis estadístico.

De estos resultados se deduce que, de los 3 sabores propuestos, el sabor plátano-galleta tuvo mayor potencial de aceptación entre los consumidores y que también prefirieron el formato de presentación en batido respecto al del helado, que recibieron puntuaciones menores. Así, el batido de suero de leche con plátano y galleta recibió el mayor número de puntuaciones altas (8) en el atributo aroma (16 veces) y sabor (11 veces). Además, como se muestra en la Figura 7, recibió las mayores puntuaciones ($p < 0.05$) en los atributos de aroma y sabor. El atributo textura también fue significativamente ($p < 0.05$) mayor, aunque similar a la textura del helado de avena con leche

de almendra. Por último, la apariencia resultó ser el punto más desfavorable ya que fue el atributo peor valorado.

En coherencia con estos resultados, el producto mejor valorado en cuanto a aceptación global fue el batido de suero con sabor galleta-plátano. Estos resultados fueron coherentes con la prueba de ordenación realizada (Tabla 4), ya que 23 de los 31 voluntarios la clasificaron en primer lugar (74% de los votos). Le seguiría la muestra de helado del mismo sabor, con un 61% de los votos y, en tercer lugar, estaría la bebida de suero con avena sabor vainilla, con un 32% de los votos.

Tabla 4. Ordenación de los productos por el número de veces que se les ha asignado es clasificación.

Puesto	Producto	Nº de votos
1º	Bebida Plátano-Galleta	23
2º	Helado Plátano-Galleta	19
3º	Bebida Avena-Vainilla	10
4º	Helado Avena-Vainilla	9
5º	Helado Almendras	11
6º	Bebida Almendras	9

Por lo tanto, se puede concluir que el batido a base de plátano y galleta tuvo un alto potencial de aceptación frente a los consumidores ya que, tanto su sabor como su aroma resultaron atractivos. En cuanto a la textura y la apariencia, esta se podrían mejorar añadiendo algún agente espesante para evitar la ligera separación de fases, e incluso, se puede enmascarar utilizando botellas opacas, como las de PET blanco, las cuales son idóneas para los productos lácteos y además los protege de la luz.

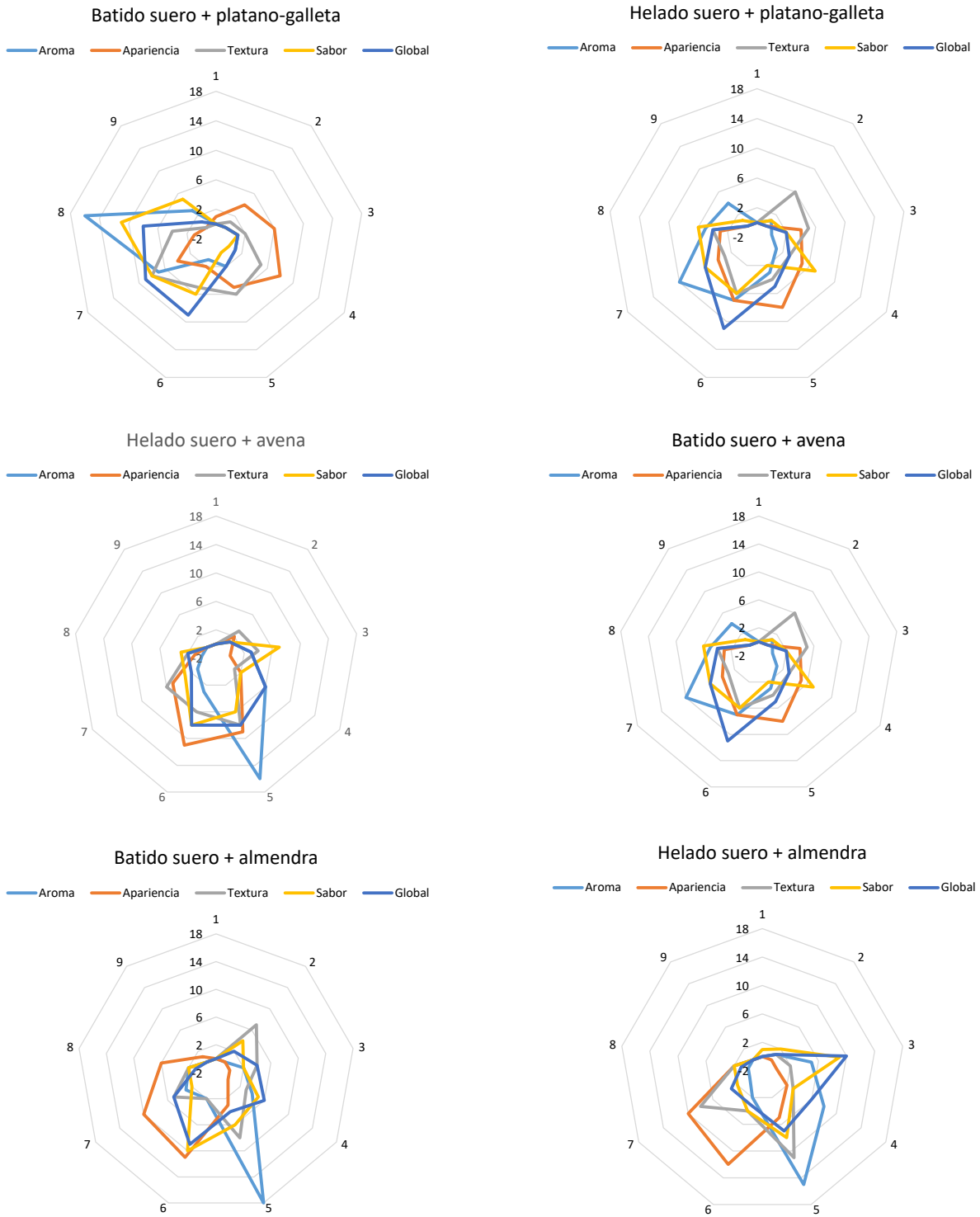


Figura 8. Número de catadores que asignaron cada puntuación a cada uno de los atributos sensoriales para los diferentes productos desarrollados a base de suero lácteo.

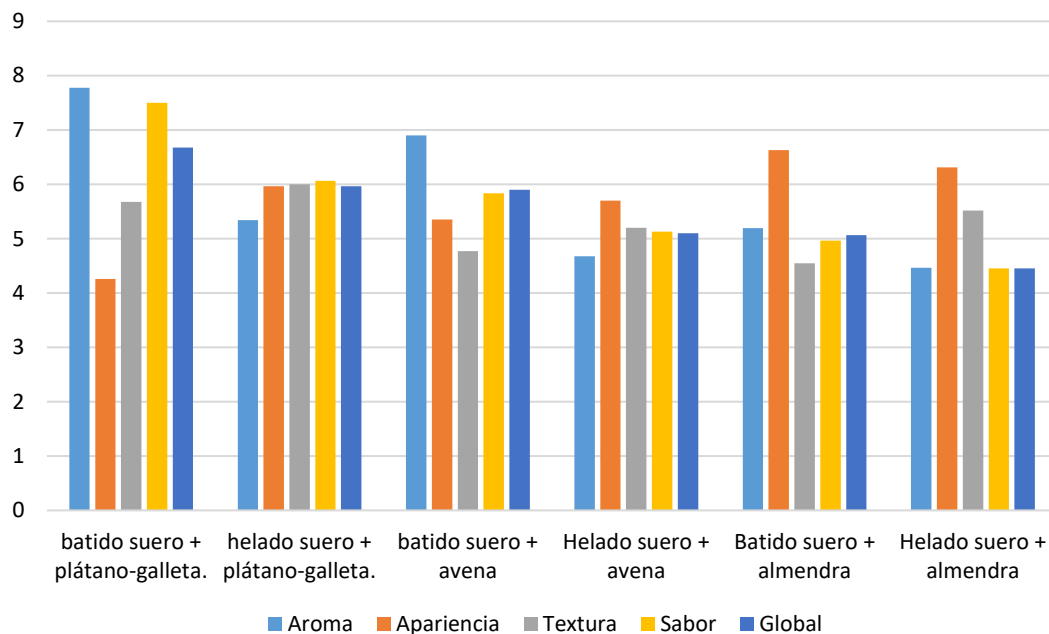


Figura 9. Valores promedios de cada atributo para los diferentes productos a base de suero de leche obtenidos en el análisis sensorial.

3.2.4. Caracterización fisicoquímica de la bebida a base de suero de vaca dulce con plátano y galleta.

Una vez seleccionada la bebida a base de plátano y galleta como producto con mayor potencial de los propuestos, se procedió a su caracterización fisicoquímica. Los resultados se muestran en la Tabla 5. Como se puede observar, la adición del resto de componentes al suero de leche dulce mantuvo un pH neutro como consecuencia de la naturaleza de la fruta empleada. Además, no modificó el valor de la conductividad eléctrica, relacionado con el contenido en sales minerales. Por otro lado, la densidad y los sólidos solubles aumentaron respecto al suero lácteo debido a los azúcares presentes en la galleta y el plátano, mientras que la actividad de agua disminuyó solo ligeramente debido a los sólidos solubles añadidos.

Tabla 5. Contenido en sólidos solubles, actividad de agua, pH, conductividad y densidad de la bebida a base de plátano-galleta. Valor promedio y desviación estándar.

Parámetro fisicoquímico	Medida experimental
Sólidos solubles (°Brix)	11,57 ± 0,12
Actividad de agua	0,9820 ± 0,0006
pH	6,21 ± 0,02
Conductividad (mS/cm)	4,55 ± 0,09
Densidad (g/cm ³)	1,051 ± 0,002

3.2.5. Caracterización reológica de la bebida a base de suero de vaca dulce

Es importante conocer el comportamiento reológico de la bebida tanto para el diseño de la línea de producción como para el control de calidad del producto en planta. La Figura 8 muestra las curvas de flujo de la bebida a base de suero a 4, 25 y 80°C.

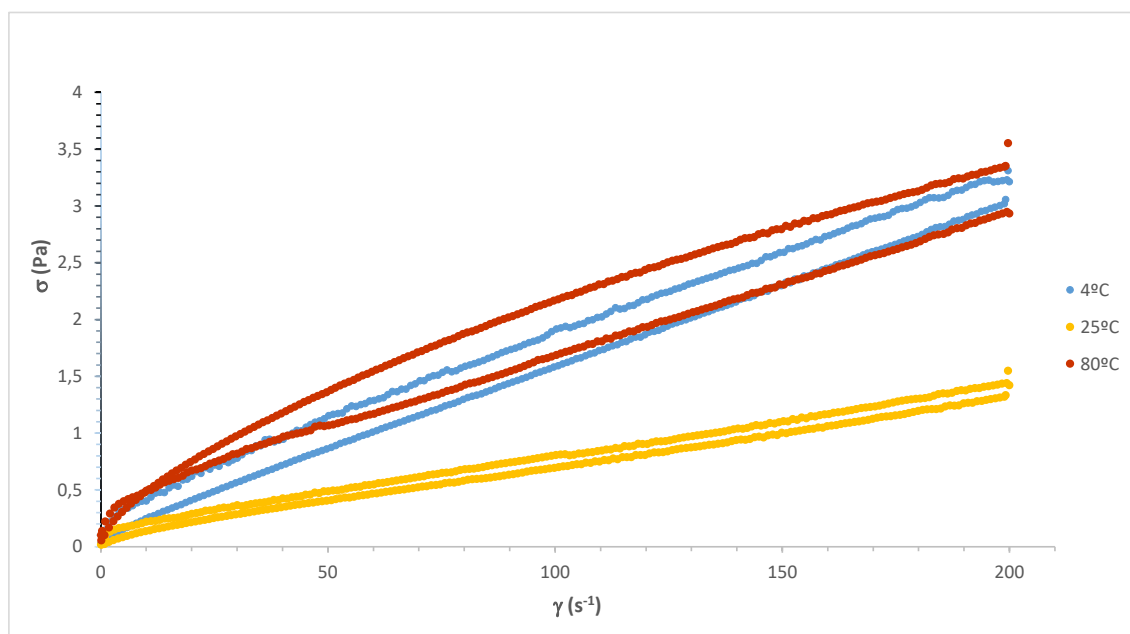


Figura 10. Curvas de flujo de las bebidas a base de suero a 4, 25 y 80°C.

En ella se observa que las curvas ascendentes y descendentes no coinciden, presentando un lóbulo de histéresis, cuya área indica la magnitud del carácter tixotrópico del producto. Este

comportamiento reológico se atribuye a los fluidos tixotrópicos, los cuales dependen no sólo del esfuerzo de corte, sino del tiempo durante el cual se aplica y es típico de productos con estructura de gel. Estructuralmente, el área de histéresis indica el grado de ruptura estructural del producto tixotrópico. Como se puede observar, a 80°C de temperatura, la ruptura durante la cizalla del producto fue mayor que a temperatura ambiente.

Las curvas de flujo ascendentes fueron ajustadas al modelo de Ostwald-de Waele. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 6 junto con el coeficiente de determinación (r^2) del ajuste y la viscosidad aparente calculada a 100 s⁻¹.

Tabla 6. Parámetros del modelo de Ostwald-de Waele (n y K), viscosidad aparente (η_{ap}) a 100 s⁻¹ de la bebida de suero sabor plátano-galleta a 4, 25 y 80°C, junto con el coeficiente de determinación (r^2) del modelo.

T^a (°C)	n	K (Pa s)ⁿ	r²	η_{ap} (mPa s)
4	0,64 ± 0,02 ^a	0,094 ± 0,012 ^a	0,980	18
25	0,52 ± 0,05 ^b	0,08 ± 0,02 ^a	0,970	9
80	0,46 ± 0,09 ^b	0,18 ± 0,05 ^b	0,890	16

a, b...letras diferentes en una misma columna implican diferencias significativas al 95%.

Como se puede observar, la viscosidad aumentó notablemente respecto al lactosuero puro (Tabla 2), en coherencia con la adición de la pulpa de plátano y galleta.

La bebida de suero a base de plátano y galleta presentó un comportamiento pseudoplástico, ya que el valor del índice de comportamiento al flujo (n) obtenido fue < 1, por tanto, no cumple la Ley de Newton de la viscosidad que establece que el esfuerzo de cizalla es proporcional a la velocidad de deformación. De los resultados también podemos concluir que la temperatura afectó significativamente a las propiedades reológicas de nuestra bebida, lo cual es una característica típica de los fluidos (Rojas et al., 2012).

El índice de comportamiento al flujo (n) disminuyó al aumentar la temperatura, es decir, el fluido se volvió menos newtoniano con la temperatura. De 4 a 25°C la viscosidad disminuyó como consecuencia del aumento de temperatura, debido a la disminución de las fuerzas de interacción entre moléculas y por tanto, de su “fricción” interna (Rojas et al., 2012). Sin embargo, a 80°C, se observó el efecto contrario. Esto puede deberse a la desnaturalización de las proteínas que contiene el suero, ya que, al desorganizarse su estructura terciaria, puede favorecerse la formación de enlaces intermoleculares y por tanto la agregación de las cadenas y con ello, a un aumento de la viscosidad y del índice de consistencia (índice K).

4. CONCLUSIONES

El suero lácteo dulce procedente de leche de vaca es una materia prima adecuada para elaborar productos alimentarios, ya que tiene un coste muy reducido al tratarse de un subproducto y se puede almacenar hasta su utilización refrigerado o congelado. Además, puede servir para la elaboración de productos para deportistas o “*fitness*” ya que contiene alrededor de un 1% de proteínas con muy alto valor biológico y apenas contiene un 0,3% de grasa.

De los 6 productos a base de suero formulados para este proyecto, la bebida a base de suero lácteo sabor plátano-galleta tuvo el mayor potencial comercial. El panel de catadores puntuó muy positivamente tanto su sabor como su aroma, obteniéndose la menor puntuación en su aspecto, el cual es relativamente fácil de enmascarar, por ejemplo, simplemente embotellando en un recipiente opaco. Esta bebida presentó un pH neutro, alta actividad de agua y un comportamiento reológico de fluido pseudoplástico, con viscosidades moderadas donde la temperatura jugó un papel importante. Así, al aumentar la temperatura, la bebida se volvió menos viscosa, hasta llegar al punto de desnaturalización proteica en el cual se produjo un ligero aumento de la consistencia y de la viscosidad aparente.

Respecto a su viabilidad económica, este producto resulta muy competitivo ya que apenas requiere añadir ingredientes al estar compuesto en un 83,7% de suero. Además, el resto de los ingredientes que se emplearían a nivel industrial no resultarían excesivamente costosos al tratarse únicamente de puré de plátano pasteurizado y polvo de galleta. El procesado también resultaría sencillo, consistiendo básicamente en mezclar los ingredientes, homogeneizar, pasteurizar la mezcla y embotellar. Sería un proceso de elaboración sencillo que se podría integrar perfectamente en la producción del queso de donde procede el suero, siendo las mismas empresas queseras las que podrían revalorizar su propio subproducto.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Alais, C. (1985). *Ciencia de la leche*. Editorial Reverté. Barcelona. 873pp.
- Baro, L., Jiménez, J., Martínez, A., y Bouza, J. (2001). Péptidos y proteínas de la leche con propiedades funcionales. *J. Ars. Pharmaceutica*. 42(3-4): 135-145
- Calvo, M. (2017). Bioquímica de los alimentos: *Proteínas del lactosuero*, visto el 16 de Julio de 2019 <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/proteins/lactosuero.html>
- Luquet, F.M. (1993). *Leche y productos lácteos*, volumen 2. Editorial ACRIBIA, S.A., Zaragoza, pp. 524.
- Van der Schans, A. (2002). Valorization of Whey. Trabajo Fin de Grado. Western University of Applied Sciences, Food Technology department, Switzerland.
- Foegeding, E. y P. Luck. (2002). Whey protein products. 1957-1960. In: Caballero, B., L. Trugo, P. Finglas (eds.). *Encyclopedia of Foods Sciences and Nutrition*. Academic Press, New York.
- Guerrero Rodríguez, W. J., Gómez Aldapa C. A., González Ramírez C. A., Castro Rosas J. (2009). Lactosuero y su problemática en el medio ambiente. *XI Congreso nacional de ciencia y tecnología de los alimentos*. Monterrey, Nuevo León, México.

- Hernán, D., Hernández-Monzón A. (2017). Desarrollo de una bebida fermentada de suero con la adición de jugo de Aloe vera y pulpa de fruta. *Tecnología Química*, 37(1), 40-50.
- Paredes, P., Chávez, A., Rodríguez, J., Aguilar, N., Rentería, A., Rodríguez, G. 2014. Características fisicoquímicas y microbiológicas de suero de leche de queso Chihuahua. *Investigación y Ciencia*, ;22(62):11-16.
<https://www.redalyc.org/pdf/674/67432507002.pdf>
- Juliano, P., Muset, G, Castells, ML. (2017). Valorización del lactosuero. San Martín: Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). Libro digital <https://www.inti.gob.ar/publicaciones/descargac/16>
- Kabašinskienė, A., Liutkevičius, A., Sekmokienė, D., Zaborskienė, G., & Šlapkauskaitė, J. (2015). Evaluation of the Physicochemical Parameters of Functional Whey Beverages. *Food technology and biotechnology*, 53(1), 110–115. <https://doi.org/10.17113/ftb.53.01.15.3763>
- Madrid, A. (1999). *Tecnología quesera*. Editorial Mundi-Prensa Madrid, pp. 412.
- MAPAMA (2013). Producción anual y destinos de la leche (todas las clases) en las industrias lácteas.
- MERCASA (2016). Leche y productos lácteos. *Alimentación en España 2016*, 19: 169-197.
- Muñi, A., G. Paez, J. Faría, J. Ferrer y E. Ramones. 2005. Eficiencia de un sistema de ultrafiltración/ nanofiltración tangencial en serie para el fraccionamiento y concentración del lactosuero. *Revista Científica* 15(4): 361–367.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2011). *Norma INEN 2594:2011. Suero de leche líquido. Requisitos*. Ecuador. 8 pp.
- Organización Interprofesional Láctea (INLAC), 2017. *El sector lácteo, producción y transformación, industria láctea*. Visto el 23 de junio de 2017.
- Parra, R.A. (2009). Lactosuero: Importancia en la industria de alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 62 (1): 4967-4982

- Rojas, O.; Briceño, M. y Avedaño, J. (2012). Fundamentos de la Reología. Editorial: Laboratorio FIRP, Escuela de Ingeniería Química Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, pp. 45
- Think Usa Dairy, 2017. Utilización de la lactosa.
<https://www.thinkusadairy.org/es/inicio/productos-lacteos-estadounidenses/lactosa/utilizacion-de-lactosa>
- Tsakali, E., Petrotos, K., D'Allessandro, A., Goulas, P. 2010. A review on whey composition and the methods used for its utilization for food and pharmaceutical products.
- Wit, J. 2003. Dairy ingredients in non-dairy foods. 718-727. In: Francis, F. (ed.). Encyclopedia of Food Science and Technology. Wiley, New York.

6. ANEXOS

Tabla I. Valor medio de cada atributo y desviación estándar para los diferentes productos analizados sensorialmente por el panel de catadores.

Nº	Producto	Aroma	Apariencia	Textura	Sabor	Global
1	batido suero + plátano-galleta.	7,8±0,7 ^a	4,3±1,8 ^d	5,7±1,6 ^a	7,5±1,01 ^a	6,68±1,30 ^a
2	helado suero + plátano-galleta.	5,3±1,0 ^c	5,97±1,20 ^{bc}	6,00±1,39 ^a	6,1±1,5 ^b	5,97±1,28 ^{ab}
3	batido suero + avena	6,90±1,30 ^b	5,4±1,5 ^c	4,77±2,08 ^{bc}	5,8±1,8 ^{bc}	5,90±1,37 ^b
4	Helado suero + avena	4,7±0,8 ^{de}	5,7±0,9 ^{bc}	5,2±1,8 ^{abc}	5,1±1,7 ^{cd}	5,10±1,45 ^c
5	Batido suero + almendra	5,19±1,19 ^{cd}	6,6±0,9 ^a	5±2 ^c	5,0±1,7 ^d	5,1±1,6 ^c
6	Helado suero + almendra	4,5±0,9 ^e	6,3±0,8 ^{ab}	5,5±1,5 ^{ab}	4,5±1,8 ^d	4,5±1,5 ^c

a,b,c ...letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas entre productos al 95%

Tabla II. Número de catadores que otorgaron la puntuación señalada a cada atributo en el análisis sensorial del batido sabor plátano-galleta.

Puntuación	Aroma	Apariencia	Textura	Sabor	Global
1	0	1	0	0	0
2	0	4	1	0	0
3	1	6	2	1	1
4	1	8	5	0	1
5	2	5	6	0	2
6	1	2	5	6	9
7	7	4	8	8	9
8	16	1	4	11	8
9	3	0	0	5	1

Tabla III. Número de catadores que otorgaron la puntuación señalada a cada atributo en el análisis sensorial del helado sabor plátano-galleta.

Puntuación	Aroma	Apariencia	Textura	Sabor	Global
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0
3	1	2	3	1	1
4	6	0	0	1	3
5	11	8	8	7	6
6	8	10	6	9	11
7	4	9	11	7	6
8	1	2	3	4	4
9	0	0	0	1	0

Tabla IV. Número de catadores que otorgaron la puntuación señalada a cada atributo en el análisis sensorial del batido con avena sabor vainilla.

Puntuación	Aroma	Apariencia	Textura	Sabor	Global
1	0	0	0	0	0
2	1	0	6	1	0
3	0	4	5	2	2
4	1	5	3	7	3
5	3	8	4	2	5
6	7	7	6	6	11
7	10	4	3	6	6
8	5	3	4	6	4
9	4	0	0	1	0

Tabla V. Número de catadores que otorgaron la puntuación señalada a cada atributo en el análisis sensorial del helado con avena sabor vainilla.

Puntuación	Aroma	Apariencia	Textura	Sabor	Global
1	0	0	0	0	0
2	1	2	3	1	1
3	3	0	4	7	3
4	6	2	1	2	6
5	16	9	8	6	8
6	3	11	6	8	8
7	1	5	6	3	2
8	0	1	2	3	2
9	0	0	0	0	0

Tabla VI. Número de catadores que otorgaron la puntuación señalada a cada atributo en el análisis sensorial del batido de avena.

Puntuación	Aroma	Apariencia	Textura	Sabor	Global
1	0	0	0	0	0
2	0	0	7	4	2
3	2	0	4	2	4
4	4	0	3	5	6
5	18	3	8	6	4
6	2	11	2	10	9
7	3	10	5	2	5
8	2	6	2	2	1
9	0	1	0	0	0

Tabla VII. Número de catadores que otorgaron la puntuación señalada a cada atributo en el análisis sensorial del helado de avena.

Puntuación	Aroma	Apariencia	Textura	Sabor	Global
1	0	0	0	1	0
2	1	0	1	2	1
3	5	0	2	9	10
4	8	2	3	3	6
5	15	5	11	8	7
6	2	12	4	4	3
7	0	10	8	2	3
8	0	2	2	2	1
9	0	0	0	0	0