

PREDICCIÓN DE LA TEXTURA EN HELADOS MEDIANTE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL

Camilo Agudelo Cuartas, Rigoberto Villada Ramírez*
Departamento de Alimentos. Facultad de Química Farmacéutica.
Universidad de Antioquia. Calle 67 No, 53-108, Medellín, Colombia.
E-mail: camilo297@yahoo.com

RESUMEN

Se desarrolló una aplicación en Microsoft® Office Excel 2007 facilitando la predicción del perfil de textura en helados. Se usó un diseño factorial 23; un factor fue el azúcar con niveles 8; 12,5 y 17 % m/m y la grasa, cuyos niveles fueron 8; 14 y 20 % m/m en la formulación. Se obtuvieron nueve helados de leche con grasa vegetal, evaluados mediante un análisis descriptivo con parámetros indicados en la Norma Técnica Colombiana 4489 de perfil de textura (suavidad, dureza, arenoso, graso, adhesivo y cristalino), realizado por una comisión de catadores entrenados en una intensidad ascendente de uno a seis. Se obtuvieron correlaciones matemáticas entre los factores y la intensidad de los atributos. Los factores tuvieron un efecto significativo ($p < 0,05$) en los atributos, lo que evidencia significancia individual y sus interacciones; la cristalinidad no presentó ningún efecto individual ni sus interacciones ($p > 0,05$) por efecto de las condiciones de manufactura.

Palabras clave: Herramientas informáticas, helado, perfil de textura.

ABSTRACT

Prediction of the texture in ice cream using a computational tool

An application was developed in Microsoft® Office Excel 2007 to facilitate the prediction of ice cream texture profile. Factorial design was 23, a factor was sugar at levels 8, 12.5 and 17 % w/w, and the other factor, fat at levels 8, 14 and 20 % w/w in the formulation. Nine ice milk with vegetable fat were obtained, which were evaluated by descriptive analysis by the 4489 Colombian Technical Standard texture profile (smoothness, toughness, gritty, greasy, adhesive and crystalline), performed by a trained panel at an intensity ascending from one to six. Mathematical correlations were obtained between the factors and the intensity of the attributes. Factors had a significant effect ($p < 0.05$) in the attributes, highlighting individual significance and their interactions, crystallinity individually had no effect or interactions ($p > 0.05$) affected by the conditions of manufacture.

Keywords: computer tools, ice cream, texture profile.

INTRODUCCIÓN

Las pequeñas y medianas empresas de alimentos se constituyen como el eje sostenible de la economía de esta industria colombiana, y su alta competitividad obliga a implementar nuevas tecnologías y estrategias que le permitan mantenerse en el mercado, por esto se necesitan herramientas de fácil manejo y accesible que ayude a los pequeños empresarios, muchos de ellos empíricos a mejorar las condiciones en la producción de helados, sector que ha mostrado mucho crecimiento pero poco desarrollo tecnológico.

***Camilo Agudelo Cuartas:** *Ingeniero de Alimentos (2008). Magister en Ingeniería (2014), Universidad de Antioquia (U de A). Se desempeña como profesor en el Departamento de Alimentos de la Facultad de Química Farmacéutica de la U de A. Su área de investigación está relacionada con la conservación, modelación y simulación de los diferentes procesos alimentarios en la industria.*

El lenguaje relacionado con las cualidades sensoriales en las especificaciones de los productos debe reflejar la filosofía de la compañía. Puede ser lo suficientemente detallado para especificar el contenido de la formulación, la textura de la mezcla y del helado al aplicar un proceso de transformación, para predecir la intensidad de la textura generada. El objetivo principal de las pruebas sensoriales para el control de calidad es asegurarse de que los productos garanticen las especificaciones establecidas por la compañía que elabora helados (1).

Esta herramienta computacional se identificaron el usuario, porque se adapta a las condiciones de su gestión de procesos, en especial la investigación y desarrollo con utilidades como formular helados de una manera sencilla, diseñar nuevas fórmulas con la ayuda de la predicción de los atributos de textura, disminución de costos y diferenciación con otros productos.

Este tipo de desarrollo se puede aplicar en el desarrollo y formulación de alimentos (12), contemplan desde la idea de un producto hasta su comercialización, resaltando la formulación en donde utiliza programas como Microstat, Datos y Sisnolin para Windows 95. Se pueden calcular diversas propiedades termofísicas de jugos clarificados de fruta, particularmente de jugo de manzana (11). En Colombia se aprecia una serie de aplicaciones en la formulación de néctares y mermeladas de fruta (9) y un calculador de costos para la elaboración de néctar (10).

Dentro de los principales objetivos y ventajas de la aplicación, se destacan las siguientes: entrenamiento del personal para la elaboración de helados, experimentación virtual rápida y económica, mayor comprensión

de los procesos de formulación, desarrollo de nuevos productos y por lo tanto la optimización de la producción.

El objetivo del trabajo fue determinar un modelo para cada atributo sensorial a partir del diseño experimental para implementarlos en una herramienta computacional la cual permite administrar las materias primas, comparar formulas, visualizar el proceso de elaboración, y el sistema de empaque.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se elaboraron mezclas para helados de leche con grasa vegetal hidrogenada, con una composición en porcentaje (m/m) para la grasa total ≥ 8 ; grasa láctea ≥ 2 ; sólidos no grasos lácteos ≥ 11 y sólidos totales ≥ 30 . Este es uno de los tres tipos de helados regulados en la normatividad colombiana (13, 14) y además es el más elaborado por los microempresarios debido al bajo costo que tienen los ingredientes que pueden ser usados en su formulación.

El modelo estadístico para las variables respuesta corresponde a un diseño factorial de tres niveles y dos factores relacionados en la Tabla 1. Para cada muestra de helado de leche de grasa vegetal se preparó un lote de 2 kg; los ingredientes y proporciones para cada tratamiento se relacionan en la Tabla 2. El factor grasa que es objeto de estudio y que fue incorporada en la mezcla es de origen lácteo y vegetal en una proporción 1:3.

Los ingredientes son incorporados en un orden secuencial según sus características para permitir su adecuada disolución evitando la formación de grumos

Tabla 1. Diseño factorial para la elaboración de las formulaciones

Factor	Nivel 1			Nivel 2			Nivel 3		
Grasa	8			14			20		
Azúcar	8	12,5	17	8	12,5	17	8	12,5	17

Nivel de confianza del 95 % y nivel de potencia del 80 %

Tabla 2. Formulaciones (g) para cada uno de los tratamientos usados para realizar el perfil de textura

Tratamiento*	8:8	8:12,5	8:17	14:8	14:12,5	14:17	20:8	20:12,5	20:17
Leche en polvo	38,46	38,46	38,46	67,31	67,31	67,31	96,15	96,15	96,15
Suero en polvo	168,36	155,57	142,77	99,26	86,46	73,66	30,15	17,35	4,56
Grasa vegetal	120	120	120	210	210	210	300	300	300
Estabilizante	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Mantequilla	37,5	37,5	37,5	65,63	65,63	65,63	93,75	93,75	93,75
Azúcar	160	250	340	160	250	340	160	250	340
Agua	1467,68	1390,47	1313,27	1389,8	1312,6	1235,4	1311,95	1234,75	1157,54

*indica la relación grasa:azúcar

(2); el procedimiento fue: el agua de la formulación fue previamente calentada hasta 35 °C para permitir la mayor solubilización de los ingredientes sólidos no grasos (una parte del azúcar se separó para mezclarse con el estabilizante que debe agregarse posteriormente de los sólidos grasos). Se incorporó los sólidos grasos para facilitar su fusión (3). Por último, se agregó el estabilizante que se encuentra con el resto del azúcar, para permitir la estabilidad lipoproteica de la mezcla.

La pasteurización se realizó a 65 °C durante 30 min, con una interrupción al min 20 y 25 para realizar el proceso de homogenizado. Esta se hizo a la par de la pasteurización para garantizar la disminución del tamaño de las partículas grasas disueltas y disminuir el riesgo de contaminación cruzada. La maduración de la mezcla se realizó en condiciones de refrigeración entre 5 y 6 °C por 4 h, tiempo teóricamente necesario para alcanzar una viscosidad aceptable en la mezcla (2) mediante la cristalización de la grasa y la completa hidratación de las proteínas lácticas y estabilizantes. El sobreauento (overrun) y congelación de la mezcla se realizó en una incorporadora de aire (CARPIGIANI modelo LABO/8-12E) por 5 min para cada lote. El sobreauento alcanzado para las muestras fue aproximadamente del 50 %.

Las muestras de helado se dispusieron en un congelador a -5 °C, para garantizar un producto homogéneo con la máxima retención de aire y conservar las características sensoriales.

El perfil de textura se hizo por medio de un análisis descriptivo donde las nueve muestras de helado se evaluaron los atributos de composición: grasa; mecánico: dureza y adhesividad; geométricos: suavidad, cristalinidad y arenosidad.

Se trabajó con una comisión de siete catadores entrenados del laboratorio de Análisis sensorial de la Universidad de Antioquia, basados en los parámetros normativos (5), para establecer las intensidades de cada atributo, calificando uno como mínima intensidad y seis como máxima.

Los datos recogidos se analizaron en un paquete estadístico (Stat Graphics Centurion) para obtener los modelos matemáticos que describen el comportamiento de cada uno de los atributos en relación con los factores (grasa y azúcar). Los catadores fueron bloqueados para el análisis estadístico (n = 63).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3 se observa que los factores grasa y azúcar tienen un efecto significativo ($p \leq 0.05$) sobre la variable respuesta suavidad, debido a que el contenido de azúcar no solo tiene importancia para endulzar el helado, también influye en su cuerpo y consistencia. Sin tener en cuenta la temperatura, el helado con un alto contenido de azúcar es más suave que un helado con un bajo contenido de azúcar, debido al hecho de que el azúcar disminuye el punto de congelación del helado. No obstante, no es del todo correcto hablar de un punto de congelación del helado ya que el conjunto de productos disueltos (azúcar y grasa) no posee un punto de congelación definido (4), por la disminución del punto crioscópico (8). Las grasas retienen el aire que se incorpora a la mezcla durante el batido y tienen la habilidad de reducir el tamaño de los cristales de hielo garantizando una máxima suavidad; de esta forma a menor cantidad de grasa más duro y poco suave es el helado, es decir; existe una relación inversa entre la suavidad y cantidad de grasa en el helado.

El modelo que representa la suavidad está descrito en la ecuación (1), la superficie de respuesta (Figura 1a) muestra el valor máximo del atributo cuando se utiliza el 8 % de grasa y el 18 % de azúcar y es mínima cuando se combina 8 % de grasa y 8 % de azúcar.

$$S = -1.83333 + 0.34127 X + 0.412698 Y - 0.238095 XY \quad (Ec. 1)$$

Donde S es la intensidad de la suavidad; X el porcentaje de grasa, Y el porcentaje de azúcar en el helado.

La adhesividad es el atributo sensorial mecánico relacionado fuerza necesaria para retirar el material que se adhiere a la boca (5). La grasa y su interacción con

el azúcar tiene un efecto significativo ($p \leq 0.05$) sobre la adhesividad, esta es más intensa cuando la grasa es más alta (20 %) y la de azúcar más baja (8 %) (Figura 1b), lo que permite concluir que la alta proporción de grasa y la baja de sólidos totales no permite la adecuada estabilización del producto final, con el consecuente aumento de la adhesividad aunque su intensidad no es muy relevante. El modelo que representa la adhesividad está descrito en la ecuación (2)

$$Ad = -2.47884 + 0.310847 X + 0.227513 Y - 0.0185185 XY \quad (Ec. 2)$$

Donde Ad es la intensidad de la adhesividad; X el porcentaje de grasa, Y el porcentaje de azúcar en el helado.

Se destacan las grasas vegetales ya que presentan un estado plástico a temperatura ambiente, esta propiedad se ve reflejada en las mezclas de helado y sobre todo en las de mayor proporción de grasa como la mencionada anteriormente (7).

La cristalinidad es el atributo textural geométrico que hace referencia a partículas angulares (por ejemplo, azúcar granulada) (4). Para este atributo no se observó una correlación entre los factores ($p \leq 0.05$), debido a que esta característica depende de la formación de cristales que se producen durante la homogenización, la incorporación de aire y la congelación del agua de la mezcla (4), se debe controlar las condiciones del proceso de producción más que la proporción de los ingredientes que son objeto de este estudio, teóricamente se sabe que la cristalinidad es inversamente proporcional al contenido de grasa (5). La arenosidad se ve afectada por la interacción entre los dos componentes ($p \leq 0.05$), y a la alta proporción de azúcar ya que la arenosidad se percibe con mayor intensidad con el in-

Tabla 3. Resumen del Análisis de varianza de los factores para cada atributo y su interacción

Variables	Valor P				
	Suavidad	Adhesividad	Arenosidad	Dureza	Graso
A:grasa	0,0254	0,0002	0,4619	0,0017	0,0001
B:Azucar	0,0028	0,2384	0,3275	0,0000	0,0992
AB	0,0000	0,0013	0,0190	0,0000	0,0004

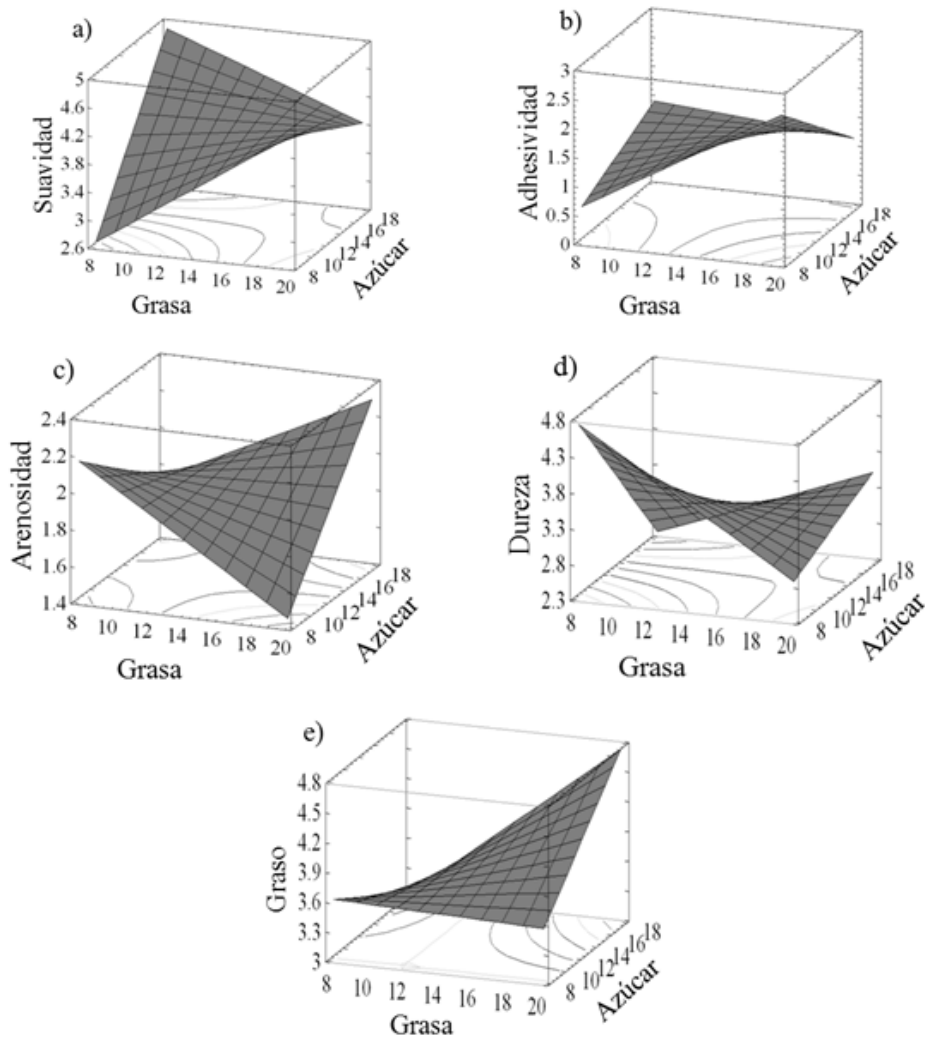


Figura 1. Superficie de respuesta para los atributos (a) suavidad; (b) adhesividad; (c) arenosidad; (d) dureza (d) y graso (e).

cremento de los sólidos no grasos en la mezcla, además de un control en el proceso durante la homogenización y la cadena de frío (6).

El modelo que representa la arenosidad está descrito en la ecuación (3) y se presenta un máximo cuando la proporción de azúcar y de grasa son altas, la segunda intensidad máxima se observa al tener las mínimas proporciones de ambos componentes Figura 1c, pudiéndose utilizar estas proporciones de los componentes en una intensidad muy cercana a la óptima para este atributo.

$$A = 3.65873 - 0.14418 X - 0.126984 Y + 0.010582 XY \quad (Ec. 3)$$

Donde A es la intensidad de la arenosidad; X el porcentaje de grasa, Y el porcentaje de azúcar en el helado.

La dureza es el atributo de textura mecánico relacionado con la fuerza requerida para obtener una deformación dada o penetración de un producto. En la boca se percibe comprimiendo el producto entre los dientes (sólidos) o entre la lengua y el paladar (semisólidos). La dureza se ve afectada por el azúcar, la grasa y su interacción ($p \leq 0.05$), en la Figura 1d se observa el valor máximo del atributo en la combinación de 8 % de grasa y 8 % de azúcar, esto se evidencia claramente por que se antepone a los resultados encontrados en la

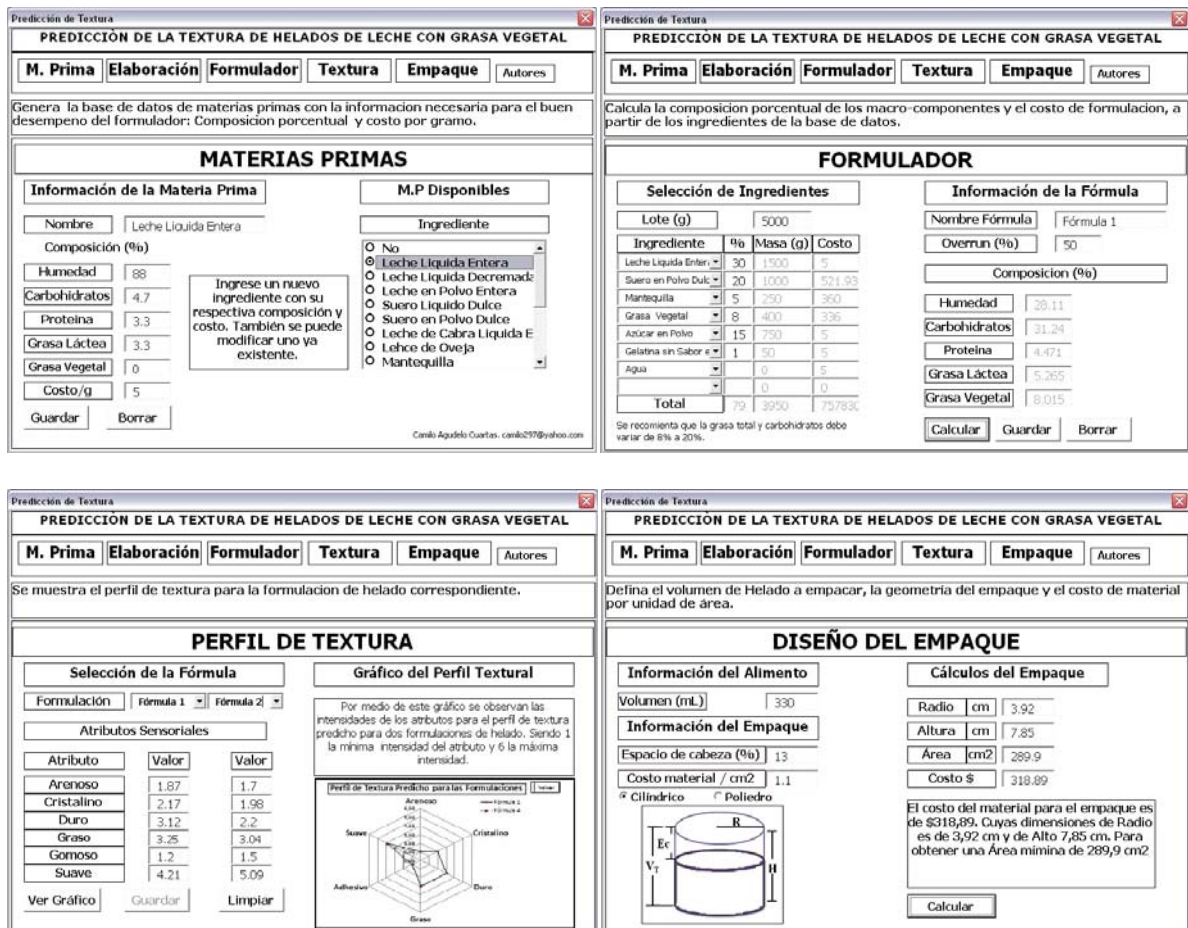


Figura 2. Interfaces de la aplicación informática: manejo de materias primas, formulación de helados, grafica de los perfiles de textura y cálculo de empaque.

suavidad, este atributo se aumenta por la baja incorporación de aire. El modelo que representa la dureza está descrito en la ecuación (4).

$$D = 9.49603 - 0.357804 X - 0.436508 Y + 0.0251323 XY \quad (Ec. 4)$$

Donde D es la intensidad de la dureza; X el porcentaje de grasa, Y el porcentaje de azúcar en el helado.

El atributo graso evidencia una dependencia con la grasa y la interacción con el azúcar ($p \leq 0,05$), aumentando cuando se incrementa la proporción del componente graso Figura 1e, principalmente por la grasa vegetal la cual incide sobre la percepción por su alto punto de fusión. El modelo que representa el atributo graso está descrito en la ecuación (5).

$$Gr = 5.0463 - 0.122354 X - 0.171958 Y + 0.0145503 XY \quad (Ec. 5)$$

Donde Gr es la intensidad del atributo graso; X el porcentaje de grasa, Y el porcentaje de azúcar.

El formulador de helados realizado es un programa que cuenta con las herramientas de Visual Basic para aplicaciones de Microsoft® Office Excel 2007. Esta herramienta computacional se diseñó con interfaces de fácil manejo, diferenciándose por colores cada una de las etapas de la aplicación (Figura 2) y permite simular una situación real de administración de materias primas, formular helados con las materias primas ingresadas, comparar diferentes fórmulas, su composición final, costo, perfil de textura y diseños de empaques con diferentes geometrías.

Esta aplicación realiza de manera rápida los cálculos de formulación para diferentes especificaciones, con la predicción de los atributos de textura evaluados en este estudio, además cuenta con diferentes interfaces tales como ingreso de materias primas para la formulación, formulador de la mezcla, predicción del perfil de textura y cálculo de empaques. Disponible en <http://archive.org/search.php?query=creator%3A%22Camilo%20Agudelo%20Cuartas%22>

CONCLUSIONES

El azúcar y la grasa interactúan en la matriz alimentaria presentando una disminución de la suavidad, siendo el azúcar como factor independiente más significativa en el aumento de este parámetro; la máxima suavidad se observó con el mínimo porcentaje de grasa y el máximo de azúcar. La adhesividad se vio afectada mayormente por la grasa que por la interacción grasa azúcar, un alto porcentaje de grasa y bajo de azúcar no permi-

tió la adecuada estabilización del producto final, con el consecuente aumento de la adhesividad, no siendo relevante su intensidad del atributo. Se observó que la cristalinidad no fue un parámetro que fuese afectado por los factores ni sus interacciones, más bien fue un parámetro que se debe controlar en el proceso de elaboración. En la arenosidad fue significativa la interacción de los factores, que presentó un mínimo valor de la intensidad en la combinación del máximo porcentaje de grasa y mínimo de azúcar, pero siendo más explicada por el tratamiento de las mezclas. La dureza fue uno de los atributos que mostró una influencia de los factores y su interacción; cuyo valor máximo del atributo en la combinación del mínimo porcentaje de grasa y mínimo de azúcar. El atributo graso fue significativo debido al factor grasa y su interacción con el azúcar; a mayor porcentaje de grasa en la formulación mayor es su influencia en el atributo evaluado expresado en el producto final.

REFERENCIAS

- (1) Tobias, J. *Industrias Lácteas* 17 (5): 24-25, 1982.
- (2) Fritz, T. *Fabricación de Helados*. Acribia, Madrid, 1989, pp. 50-60
- (3) Revilla, A. *Tecnología de la leche, procesamiento, manufactura y análisis*. IICA (Ed.), México D.F., 1982, pp. 247-250.
- (4) Departamento Técnico de Grindsted Vaerket de Dinamarca. *Tecnología del Helado* 24 (3): 14-15, 1975.
- (5) ICONTEC. *Norma Técnica Colombiana 4489. Análisis Sensorial. Perfil de Textura*, 1998.
- (6) Celis, L.; Duque, A. *Grasas hidrogenadas y su empleo en la formulación de mezcla para helado*, Colombia, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, 1972, pp. 56-65.
- (7) Curso taller en tecnología de lácteos, Programa de Ingeniería de Alimentos, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba, 15 p.
- (8) Smith, P. *Introduction to food process engineering*, Kluwer Academic, New York. *FoodScience Text Series*, 2003, pp. 57-59.
- (9) Camacho, G. *Procesamiento y conservación de frutas* [en línea]. Consultado 5 abril 2013 en www.virtaul.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/index.html
- (10) Carvajal, L. *Producción, transformación y comercialización, pulpas de frutas tropicales* [en línea]. Consultado 3 abril 2013 en www.huitoto.udea.edu.co/FrutasTropicales/index.shtml
- (11) Constenla, D., Forbito, P., Crapiste, G., Lozano, J. *Propiedades termofísicas de jugos clarificados de fruta: Aplicación a jugo de manzana* [en línea]. Consultado 2 abril 2013 en <http://www.upv.es/dtalim/herraweb.htm>
- (12) Toledo, O, Jiménez, G, Garrido, F, Guarda, A. *Diseño e implementación de programas para la docencia interactiva en ingeniería de alimentos: I, Desarrollo y formulación de alimentos*. Universidad Católica de Valparaíso, Chile, 1999 en línea]. Consultado 2 abril 2013 en <http://www.upv.es/dtalim/herraweb.htm>
- (13) Resolución 2310 de 1986. *Procesamiento, composición, requisitos, transporte y comercialización de los derivados lácteos*. Ministerio de Salud. República de Colombia
- (14) Resolución 1804 de 1989. *Modificación a la resolución 2310 de 1986*. Ministerio de Salud. República de Colombia