

Ensayo y Funcionalidad de un Sustituyente de Sólidos No Grasos Lácteos en una Mezcla para Helado

Essay and Functionality of a Non Fat Milk Solids Substitute in an Ice Cream Mix

Francy Nataly López Barón¹; José Uriel Sepúlveda Valencia² y Diego Alonso Restrepo Molina³

Resumen. Este estudio tuvo como objeto ensayar y evaluar la influencia de dos formulaciones de sólidos no grasos lácteos (F1 y F2), sobre las características fisicoquímicas de mezclas de helado. Mediante criterios bromatológicos (contenido de proteína) se seleccionó la formulación F1, ya que una prueba sensorial que se aplicó simultáneamente, no aportó diferencias entre ambas formulaciones. Posteriormente se usaron tres niveles de la mezcla escogida, sustituyendo 20% (T2), el 40% (T3) y el 60% (T4), de los sólidos no grasos lácteos de la formulación, a los cuales se les realizaron pruebas de calidad física, química y sensorial, comparándolos contra una mezcla testigo sin sustitución (T1). El valor de viscosidad de los tratamientos, varió en un intervalo 398,7 cP a 1108,6 cP a una temperatura de 4 °C, siendo este aumento directamente proporcional al porcentaje de sustitución. Los valores de acidez titulable de la mezcla oscilaron entre 0,17% a 0,12% con un valor más alto ($P < 0,05$) para T1. El tratamiento T3 presentó los siguientes resultados: pH de 6,84; P 542,2 mg/Kg; Ca 717,2 mg/kg; cenizas 0,7%; proteína 2,5% y grasa 14,3%; los cuales se encuentran dentro de los parámetros aceptables para la elaboración de mezclas según la legislación colombiana. A medida que se aumentó el porcentaje de sustitución de sólidos no grasos lácteos, el contenido de proteína y el porcentaje de derretimiento, disminuyeron. El 40% de sustitución de la variable estudiada en la mezcla de helado, presentó mejores características fisicoquímicas.

Palabras clave: Derretimiento, reología, nutrición, alimento.

Abstract. This study was designed to test and evaluate the influence of two non fat milk solids formulations F1 and F2 on the physicochemical characteristics of ice cream mixes. By bromatological analysis (protein content), formulation F1 was selected, since a sensory test that was applied simultaneously, did not provide differences between the two formulations. Later, three levels of the chosen mixture were used, replacing 20% (T2), 40% (T3) and 60% (T4) of the non fat milk solids in the formulation, to which physical, chemical and sensorial quality tests were conducted and were compared against a control mixture without replacement (T1). The viscosity value of the treatments differ between 398.7 cP to 1108.6 cP at 4 °C, being this increase directly proportional to the percentage of substitution. The ice cream values for acidity were in a range of 0.17% to 0.12% with a highest value ($P < 0.05$) for T1. Treatment T3 presented the following results: pH 6.84; P 542.2 mg/kg; Ca 717.2 mg/kg; ashes 0.7%; protein 2.5% and fat 14.3%; which are within acceptable parameters for the preparation of mixtures according to colombian law. It is determined while the non fat milk solids substitution percentage is increased, the percentage of protein and the percentage of melting rate diminished. According with this study, the non fat milk solids substitution of 40% over the ice cream mix, presented the best physicochemical characteristics.

Key words: Whipping time, rheology, nutrition, food.

Uno de los sectores más dinámicos de la industria de alimentos es el sector lácteo. El segmento de los helados, no ha sido aislado de estos aspectos. En Colombia, el consumo per cápita de este producto, pasó de 1 kg a 2,3 kg en los últimos 5 años (Mojica, Castellanos y Bernal, 2007) lo cual hace que inversionistas se interesen en el sector y vean buenas oportunidades para crecer (Espinal y Martínez, 2006). La calidad de este producto depende, en primer

lugar, de la selección de buenos ingredientes y en segundo lugar, de una mezcla bien balanceada. Para esto es importante comprender qué tan complejo es este sistema. El helado es un alimento congelado, rico en proteínas, grasas, carbohidratos y minerales, que se obtiene de la mezcla de ingredientes lácteos, edulcorantes, estabilizantes, emulsificantes y saborizantes. Químicamente, es un sistema coloidal complejo que consta en su estado congelado, de

¹ Estudiante de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779. Medellín, Colombia. <fnlopezb@unal.edu.co>

² Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779. Medellín, Colombia. <jusepul@unal.edu.co>

⁴ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779. Medellín, Colombia. <darestre@bt.unal.edu.co>

Recibido: Marzo 16 de 2010; Aceptado: Enero 17 de 2011.

cristales de hielo, burbujas de aire, glóbulos de grasa y agregados en coalescencia parcial; todos rodeados en fases discretas, por una matriz continua sin congelar, formada de azúcares, proteínas, sales, polisacáridos de alto peso molecular y agua (Goff, 2002; Arbuckle, 1996; Marshall y Goff, 2003).

Los sólidos no grasos lácteos (SNGL), están compuestos por proteínas 36-38% (mayoritariamente caseína), lactosa 56% y sales minerales 6% (calcio, potasio, fósforo, magnesio, hierro). Estos sólidos de leche, son necesarios para obtener textura más firme en el helado, un cuerpo más cremoso y esponjoso, con mayor volumen (O' Regan y Mulvihill, 2009; Chiang Shih y Chu, 1999; Jiménez, 2006; Jambrak *et al.*, 2009). La falta de estos sólidos, debilita su estructura y si están en exceso, dan como resultado un producto arenoso (Marshall y Goff, 2003; Amiot, 1991; Sepúlveda y Corrales, 2005) por lo tanto es fundamental obtener un apropiado balance de sólidos. Las proteínas de la leche, debido a los grupos laterales hidrófobos que contienen, forman parte de la membrana que rodea a los glóbulos grasos, determinando junto con los estabilizantes y emulsificantes, las propiedades reológicas del producto (Muse y Hartel, 2004; Schmidt, 1994; Walstra y Jonkman, 1998).

En las industrias que elaboran helados, los SNGL requeridos en la mezcla, son obtenidos por adición de leche descremada en polvo, leche entera en polvo, leche condensada y caseinato de sodio, entre otros. Sin embargo, debido a factores como la inexistencia nacional de los mismos (caseinatos) y la estacionalidad climática de las regiones del país productoras de leche, estas materias primas tienen un costo relativamente alto (Alvarez *et al.*, 2005), por lo cual se ha incrementado el interés de usar diferentes sustituyentes de SNGL que no afecten la calidad nutricional y sensorial del helado y que representen un menor precio en la fabricación de este alimento.

Numerosas investigaciones se han llevado a cabo con distintas fuentes de SNG como suero en polvo (Huginin, 1999; Suárez, Rendueles y Díaz, 1998; Wayne, 1994), derivados de soya (Singh *et al.*, 2008; Golbitz, 1995), caseinatos y almidones (O' Regan y Mulvihill, 2009; Loret *et al.*, 2004), minerales (Tester Karkalas y Qi, 2004), entre otros, y han sido usadas en helados y otros postres lácteos congelados desde hace algunas décadas, para reemplazar parcial o totalmente la leche. Sin embargo, su misma composición lo convierte en un factor limitante de uso.

El objetivo de este estudio consistió en determinar entre dos mezclas de sustitutos de sólidos no grasos lácteos, la de mejor calidad bromatológica y sensorial, cuando son usadas en helados, y posteriormente definir el mejor nivel de sustitución en una mezcla de helado, usando como criterios de selección características de calidad física, química y sensorial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. La producción de los sustitutos F1 y F2, se llevó a cabo en la empresa ALSEC S.A. La elaboración de la mezcla, batido y análisis fisicoquímicos del helado, se realizaron en los Laboratorios de Productos Lácteos y de Análisis Químico y Bromatológico de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín y en el Laboratorio de Análisis Químico y Bromatológico de la Universidad de Antioquia.

Materiales

Ingredientes alimenticios. En la elaboración de las mezclas de helado se utilizaron los siguientes ingredientes alimenticios: leche líquida entera 3,0% MG y 8,5% SNGL, leche en polvo entera 26% MG y 70% SNGL, grasa hidrogenada 99,9 % de MG, sacarosa, estabilizante/emulsificante.

Los ingredientes alimenticios que se emplearon para substituir los SNGL fueron: maltodextrina (19% D.E.): 15% de los sólidos totales**, suero lácteo (12% de proteína): 30% de los SNGL**, fosfato dipotásico: 10 g/kg**, tripolifosfato de sodio: 10 g/kg**, proteína concentrada de soya: 5% de los SNGL**, caseinato de sodio: 10% de los SNGL**, yema en polvo: 0,5%** , harina de arroz precocida: 2%** , almidón de yuca: 1%** , almidón de papa: 1%** , sal: 0,02%** , grasa hidrogenada (99,9 % de MG): 5%** , aceite de palma: 5%** , WPC 80: 30%** , lecitina de soya: 3.000 mg/kg**, mono y diglicéridos de ácidos grasos: 1.500 mg/kg**, glucosa: el 30% de la dulzura total**.

** Cantidades adicionadas como máximo a la formulación (Echavarría y Gómez, 2003)

Métodos

Primera etapa. Con base en los estudios de Jaramillo, Mejía y Sepúlveda, (2001), información comercial, normatividad colombiana (Minsalud, 1986; ICONTEC, 2002) y ensayos previos (López, 2008) se determinaron dos formulaciones para ser adicionadas

como fuente de SNGL. Cada una de ellas fue aplicada y evaluada en una mezcla de helado, sustituyendo un 20% y un 60% de SNGL (Tabla 1).

Elaboración del helado. Para esta primera etapa se realizaron 4 lotes; en 2 de ellos se utilizó la primera formulación con un 20% y un 60% de sustitución

Tabla 1. Composición bromatológica de los componentes usados para sustituir los sólidos no grasos lácteos en una mezcla para helado.

Formulación	Proteína (%)	Grasa (%)	Carbohidratos (%)	Humedad (%)
F1	6,89	38,69	48,01	3,0
F2	5,26	32,42	55,59	3,45

en los SNGL y en los otros 2 se aplicó la segunda formulación sustituyendo estos mismos porcentajes.

La formulación de las mezclas se calculó con 12% de grasa, 10,3% de SNGL, 15% de azúcar y 0,35% de estabilizante/emulsificante. La fuente de sólidos no grasos lácteos de cada formulación se varió para evaluar el efecto de los dos sustitutos F1 y F2 sobre la calidad sensorial del helado y su aceptación por parte de los consumidores. Los ingredientes líquidos se colocaron en un pasteurizador y se adicionaron los ingredientes secos de cada una de las mezclas, con ayuda de un incorporador de sólidos. Las mezclas F1-20%, F1-60%, F2-20% y F2-60%, fueron pasteurizadas a 73 °C por 30 min y homogeneizadas en dos etapas a una presión de 2000 psi usando un homogenizador APV GAULIN. Cada una de las mezclas fue enfriada hasta llegar a 4 °C. Posteriormente fueron sometidas a maduración durante 24 horas a una temperatura de 4 °C (Soler, 2005). Luego de esta etapa, se adicionó a cada uno de los tratamientos 0,1% (v/v) de extracto de vainilla. Las emulsiones fueron sometidas a proceso de batido, a -4,0 °C en una batidora de carga (Taylor) y se llevaron a un 90 -100% de sobreabundancia por el método peso-volumen (Marshall y Goff, 2003; ICONTEC, 2002). Los helados fueron empacados en presentaciones de 1 L y almacenados a -30 °C.

Evaluación sensorial. El helado a -14 °C ± 1 °C (Arbuckle, 1996; Specter y Setser, 1994), fue evaluado por medio de una prueba de aceptación (hedónica de 5 puntos) con 96 consumidores potenciales del producto (Corrales y Sepúlveda, 2005; Marshall y Goff, 2003). Las muestras se presentaron aleatoriamente a un determinado evaluador. Éstas fueron colocadas en recipientes idénticos y codificados con números aleatorios. Se utilizó agua como borrador entre cada muestra.

Segunda etapa. Después de evaluar la composición de los 2 sustitutos, aplicarlos en la elaboración de la mezcla y realizar una prueba sensorial en el helado, se escogió la formulación F1 teniendo en cuenta el porcentaje de proteína, debido a que en la prueba sensorial no hubo diferencia significativa en el tipo de sustituto utilizado. Con la formulación escogida, se reemplazaron tres diferentes porcentajes de SNGL en las mezclas (Tabla 2), cuyos resultados fueron comparados con los de una muestra sin sustitución que sirvió como testigo, dando lugar a cuatro tratamientos.

Elaboración de helado. Las mezclas de helado se elaboraron siguiendo la formulación definida en la primera etapa. La fuente de SNGL, se reemplazó en un 20%, 40% y 60% con el sustituto F1. De cada tratamiento se llevaron a cabo 3 repeticiones. Se siguió el mismo proceso de transformación e higienización en la obtención de cada uno de los tratamientos.

Análisis fisicoquímico. Se realizaron por triplicado, pruebas fisicoquímicas de cada una de las repeticiones de los diferentes tratamientos (20%, 40%, 60% y control), tanto en la mezcla como en el helado.

- Viscosidad: Se llevó a cabo en el reómetro Brookfield DV III Ultra usillo SC421, cilindro cono, 1 mm de GAP. Se tomaron 15 mL de mezcla a 4 °C, después de 24 horas de maduración.

Las determinaciones de flujo fueron halladas exponiendo las muestras a un ciclo de deformación, con barrido de velocidad de deformación ascendente de 0,5 a 250 s⁻¹ en intervalos de 5 s y uno descendente a la misma deformación. Los valores de viscosidad aparente fueron obtenidos a una velocidad de deformación de 10 s⁻¹. Se ha estimado que la velocidad de deformación de la cavidad oral sobre alimentos grasos similares al helado es 11,5 s⁻¹ o menos (Aime *et al.*, 2001).

Los datos de la curva ascendente para todos los tratamientos, fueron ajustados al modelo de Ley de Potencia (Akalm, Karagözlü y Ünal 2008; Goff, Davison y Capp, 1994), [Ecuación 1] por medio del software del R/S plus rheometer:

$$\tau = KD^n \quad (1)$$

Donde:

τ = Esfuerzo cortante
 K = Índice de consistencia
 D = Gradiente de velocidad
 n = Índice de flujo

Tabla 2. Composición bromatológica de las materias primas usadas en una mezcla para helado con contenidos variables de sólidos no grasos lácteos.

Ingrediente	Grasa (%)	SNGL (%)	Grasa (%)	SNG (%)	Masa (Kg)
Leche líquida	3,0	8,5	1,8	5,1	60
Leche en polvo entera	26	70	1,93	5,19	7,42
Grasa hidrogenada	99	—	8,24	—	8,35
Azúcar	—	—	—	—	15
E/E	—	—	—	—	0,35
Agua	—	—	—	—	8,88
Total			12	10,3*	100

* Este valor se reemplazó en un 0%, 20%, 40% y 60% de % SNG dando lugar a los tratamientos T1, T2, T3 y T4 respectivamente.

- Acidez titulable: se expresó como % de ácido láctico. Método oficial de análisis 947,05 (AOAC, 2000).

- pH: se midió con un potenciómetro Corning model 350 pH analyzer (Corning Inc., Corning, NY). Método oficial de análisis 981,12 (AOAC, 2000).

- Contenido de minerales (calcio y fósforo): absorción atómica, espectrofotometría. Método oficial de análisis 985,35; 986,24 (AOAC, 2000).

- Proteína: método Kjeldahl. Método oficial de análisis 930,33; 991,20 (AOAC, 2000). La proteína se determinó multiplicando el nitrógeno total por un factor de 6,25 por ser un alimento lácteo adicionado con mezclas de proteínas (Ministerio de la Protección Social, 2008; ICONTEC 512-2, 2006).

- Cenizas: incineración directa. Método oficial de análisis 942,05 (AOAC 2000). 945,46 (AOAC, 2000).

- Grasa: método Pennsylvania (Corrales y Sepúlveda, 2005).

- Sólidos totales: método gravimétrico. Método oficial de análisis 925.105 (AOAC, 2000).

Métodos de evaluación en el helado

- Punto de congelamiento: se registró tomando la temperatura de la mezcla de helado después de ser batida (Marshall y Goff, 2003).

- Derretimiento: se evaluó teniendo en cuenta la masa que caía del producto a través de una malla de 256 orificios/in² durante 1 hora a temperatura ambiente (Marshall y Goff, 2003).

- Tiempo de caída de la primera gota: se determinó por el método de medición de tiempo de caída de primera gota (Abd El-Rahman *et al.*, 1997).

- Habilidad de batido: se estableció el tiempo que transcurrió para que la mezcla llegara al 90% - 100% de sobreabundamiento (Marshall y Goff, 2003).

Análisis estadístico. Para el estudio de los datos de las dos etapas, se empleó el programa Statgraphics 5.0, y el diseño experimental fue un modelo por bloques completamente aleatorizado. Se utilizó un nivel de confianza del 95% y cuando fue necesario se usó la prueba de rangos múltiples de Duncan. Se definió un nivel de potencia del 85% para detectar diferencias significativas en la prueba sensorial (Kuelh, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primera etapa

Evaluación sensorial. El análisis de varianza de los datos obtenidos en la prueba sensorial, mostró diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) en la aceptación del producto, entre los dos porcentajes de sustitución evaluados (20% y 60%). Caso contrario sucedió con la variable tipo de sustituto la cual no fue significativa ($P > 0,05$) para la aceptación del producto (F1). Considerando las diferencias significativas, se aplicó la prueba de rangos múltiples de Duncan para determinar los tratamientos diferentes en relación con la aceptación para la variable porcentaje de sustitución.

En la Tabla 3, se presentan los valores medios de cada tratamiento evaluado para las 2 variables independientes (porcentaje de sustitución y tipo de sustituto). No se observa diferencia significativa entre los tipos de sustitutos (F1 y F2), debido posiblemente a que en

el desarrollo de los mismos se tuvieron en cuenta en su formulación propiedades funcionales y tipos de ingredientes, que se comportan en forma semejante a la variable SNGL. El porcentaje de sustituto si presentó diferencias significativas y el de mayor calificación fue el del 20%, esto debido a que la sustitución fue baja y se comportó muy similar al control. En las muestras con 60% de sustitución, la lactosa que es relativamente poco soluble, se encuentra en mayor cantidad, y puede cristalizar y producir alteraciones en la textura del producto, comparada con el tratamiento del 20% de sustitución (Marshall y Goff, 2003; Amiot, 1991). El porcentaje de proteína en los mayores niveles (60%) disminuye, siendo ésta indispensable para que se forme una emulsión estable en la homogeneización de la mezcla del helado e influya sensorialmente (Muse y Hartel, 2004; Timm, 1989; Schmidt, 1994; Walstra y Jonkman, 1998).

En la Figura 1, se muestra cómo los helados elaborados con 20% de sustitución presentan mejor calificación.

Tabla 3. Valores medios de la evaluación sensorial de una mezcla de helado con contenidos variables de sólidos no grasos lácteos.

Sustitución (%)	Valor medio	Sustituto	Valor medio
60	3,6 a	F2	3,8 a
20	4,1 b	F1	3,8 a

Letras diferentes por columna indican diferencias significativas ($P < 0,05$), según la prueba rangos múltiples de Duncan.

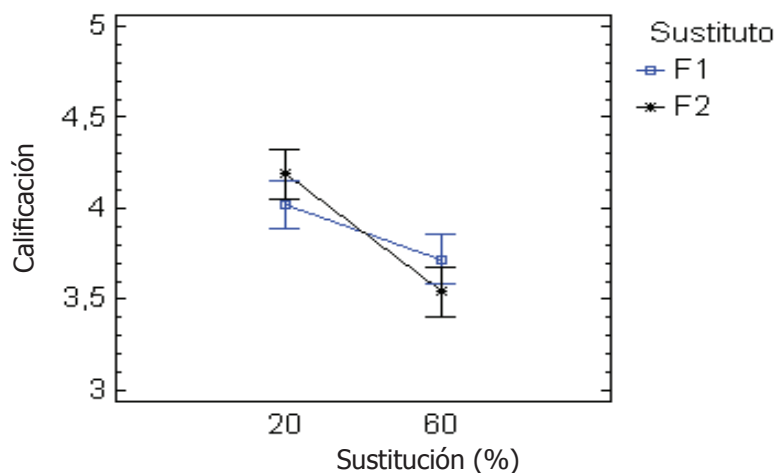


Figura 1. Evaluación sensorial de una mezcla de helado con contenidos variables de sólidos no grasos lácteos. Duncan (95%).

Segunda etapa

Análisis fisicoquímico de la mezcla

Viscosidad. El valor de viscosidad aparente de los tratamientos a una velocidad de 10 s^{-1} varió en un intervalo de 301 cP a 757 cP a temperatura de 4°C (Tabla 4).

Estos resultados concuerdan con estudios de Patel, Baer y Acharya, (2006), Urrego (2003), quienes determinaron viscosidades para mezcla de helado que estuvieron entre 270-810 cP a 10°C y 100 s^{-1} con 10,5% de grasa, 10,5% de SNGL, 12% de azúcar y 4% de sólidos de jarabe

de maíz. Investigaciones realizadas por otros autores han señalado el intervalo entre 50 y 300 cP como la viscosidad real o básica a 20°C (Arbuckle, 1996; Goff, Davison y Capp, 1994; ICTA, 1994).

El análisis de varianza mostró diferencia estadísticamente significativa sobre la viscosidad de los tratamientos ($P < 0,05$). La prueba de comparación múltiple permitió ver que T4 (60% de sustitución) tuvo el mayor valor ($P < 0,05$) siendo éste de 757 cP. Considerando las diferencias significativas ($P < 0,05$), se aplicó la prueba de rangos múltiples de Duncan, la cual reporta que entre los 4 tratamientos se presenta heterogeneidad (Figura 2).

Tabla 4. Efecto de los tratamientos sobre diferentes variables organolépticas en una mezcla de helado con contenidos variables de sólidos no grasos lácteos.

Tratamiento	Viscosidad (cP) a 10 s^{-1} 4°C	Límite de frecuencia (D/cm^2)	Viscosidad (cP) a 10 s^{-1} 4°C	Acidez titulable (%)	pH	ST (%)
1	301	2,1	301	0,17	6,63	37,05
2	372	2,3	372	1,15	6,70	39,29
3	621	8,4	621	0,14	6,84	39,61
4	757	24,1	757	1,12	7,0	40,26

Expresados como la media de determinaciones por triplicado.

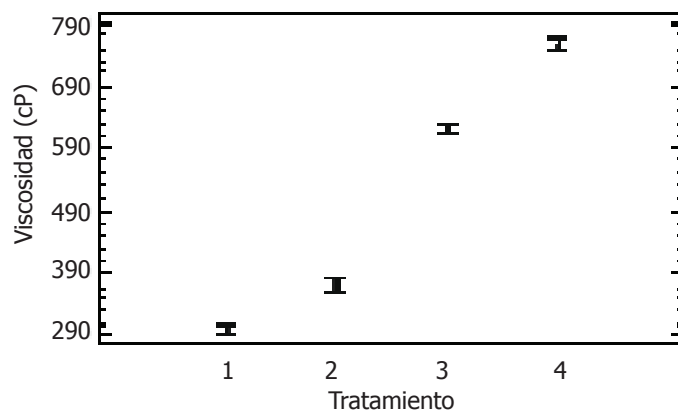


Figura 2. Viscosidad de una mezcla de helado con contenidos variables de sólidos no grasos lácteos. Duncan (95%).

La viscosidad es dependiente de la temperatura, al disminuir la temperatura en el almacenamiento, ésta será mayor como sucedió en los diferentes tratamientos (Marshall y Goff, 2003). Se pudo observar que al aumentar el porcentaje de sustitución de los SNGL, la

viscosidad incrementó, posiblemente por la presencia de ingredientes como maltodextrinas, las cuales son ampliamente usadas en la industria de alimentos como estabilizantes (modificadores de textura y de volumen) en emulsiones alimenticias (O' Regan y

Mulvihill, 2009; Loret *et al.*, 2004), o por la presencia de mono y diglicéridos de ácidos grasos que actúan como emulsificantes, o por la presencia de sales (calcio, sodio, citratos, fosfatos) que pueden modificar la viscosidad debido a su efecto sobre las caseínas y las proteínas del suero (Goff, y Davidson, 1992; Bienvenue, Jiménez y Singh, 2003). Estos resultados concuerdan con estudios realizados (Baer, Wolkow y Kasperson, 1997), donde al aumentar el nivel de emulsificante en el helado, se obtuvo una viscosidad mayor. La adición de caseinato en la formulación también la puede afectar. El caseinato usado es

una mezcla de 4 caseínas activas (α s1-, α s2-, β - y k-caseína), las cuales son ampliamente usadas como ingredientes alimentarios debido a su significativo valor nutricional, a sus propiedades modificadoras de viscosidad, ligadoras de agua y grasa, propiedades espumantes y emulsificantes (O' Regan y Mulvihill, 2009).

Todos los tratamientos, presentaron comportamiento adelgazante de la viscosidad por efecto del esfuerzo de corte y por el aumento en las velocidades de corte (Kus, Altan y Kaya, 2005), (Figura 3).

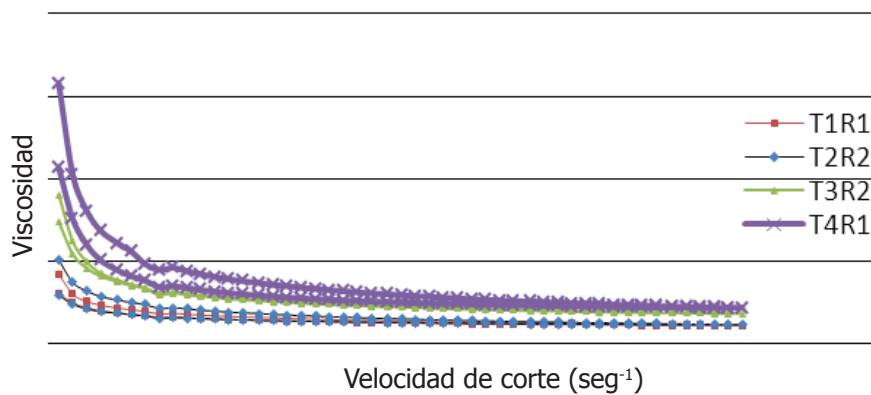


Figura 3. Curvas de flujo de los tratamientos empleados en una mezcla de helado con contenidos de sólidos no grasos lácteos conservada a 4 °C.

El tratamiento que presenta un mayor valor aparente en toda su curva de flujo, es T4, seguido de T3, T2 y T1. Este aumento de la pérdida de la estructura de las mezclas de helado, al ser sometidas a diferentes velocidades de deformación, se puede relacionar con el rompimiento rápido de las redes formadas de caseína, conduciendo a una reducción en la viscosidad (Bourriot, Garnier y Doublier, 1999). Esta viscosidad aparente en reposo o a baja velocidad de deformación, se debe

a fenómenos como la agregación de los glóbulos grasos que causa un comportamiento adelgazante por efecto del esfuerzo, particularmente debido al carácter tixotrópico de la mezcla (Goff, Davison y Capp, 1994). Después de realizar el ajuste al modelo de Ley de Potencia (Tabla 5), se puede decir que los tratamientos, no presentan puntos de cedencia debido a que si bien poseen un cierto grado de ordenación, no alcanzan a tener una estructura suficientemente fuerte como

Tabla 5. Modelo Ley de Potencia para los niveles de sustitución de sólidos no grasos lácteos en una mezcla de helado.

Modelo Tratamiento	Ley de Potencia		
	Índice de consistencia cP	Índice de flujo n	Porcentaje de aproximación
1	553,8	0,71	98,8
2	863	0,63	99,1
3	1558	0,60	95,2
4	1927	0,58	93,0

para desarrollar una oposición importante al flujo; teniendo además presente que la lectura no se realizó con un reómetro oscilatorio.

El área de histéresis de los tratamientos 1, 2 y 3 es muy poca por lo tanto se podría concluir que el comportamiento de los tratamientos con estos porcentajes de sustitución no es muy dependiente del tiempo para recuperar su estructura, mientras que la de T4 presenta una mayor tixotropía por el área de histéresis que se forma en las dos curvas (Figura 4).

El comportamiento tixotrópico, refleja la destrucción de la estructura del producto durante el flujo y la subsecuente recuperación de la viscosidad cuando éste se detiene. Los helados con índices de consistencia altos, tuvieron una mayor resistencia al flujo (Muse y Hartel, 2004). Información que es de mucha utilidad cuando se trata de diseñar tuberías y bombas para el movimiento de mezclas de helado en plantas industriales (Kus, Altan y Kaya, 2005). Todos los tratamientos presentan un índice de flujo n menor a 1 (Tabla 5), este resultado indica una disminución de la

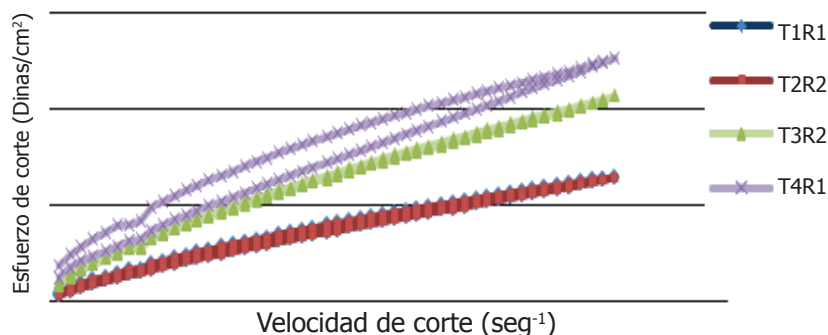


Figura 4. Curvas de fluidez de una mezcla de helado con contenidos variables de sólidos no grasos lácteos conservada a 4 °C.

viscosidad aparente cuando la velocidad de deformación incrementa lo cual se relaciona con un comportamiento pseudoplástico (Goff, Davison y Capp, 1994).

Acidez y pH. Los valores de acidez titulable de la mezcla de helado estuvieron en el intervalo de 0,17% a 0,12% con un valor más bajo ($P < 0,05$) para T4

comparado con todos los otros tratamientos (Tabla 4). El análisis de varianza para los datos obtenidos, mostró diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) en cada uno de los tratamientos con diferente porcentaje de sustitución de SNGL. Al aplicar la prueba de rangos múltiples de Duncan, se encuentra que entre los 4 tratamientos se presenta heterogeneidad (Figura 5).

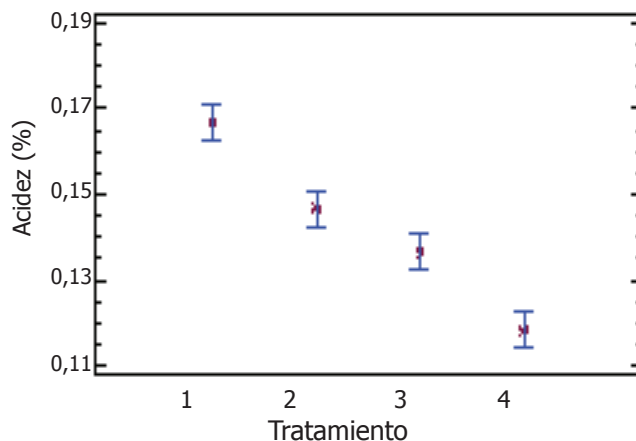


Figura 5. Acidez de una mezcla de helado con contenidos variables de sólidos no grasos lácteos. Duncan (95%)

La acidez natural o aparente de la mezcla de helado es causada por las proteínas de la leche, como β -lactoglobulina (β -lg), seroalbúminas e inmunoglobulina G (IgG), las cuales contienen enlaces disulfuro y grupos sulfhidrilo libres y la α s² caseína y k-caseína que contienen igualmente enlaces disulfuro (Sourde, Relkin y César, 2003), por las sales minerales (especialmente fosfatos y citratos) y dióxido de carbono disuelto (Patel, Baer y Acharya, 2006; Marshall y Goff, 2003); por lo que al sustituir proteína láctea por

mezclas de proteína láctea y vegetal en los diferentes tratamientos, la acidez fue decreciendo. Debe mencionarse que esta variable será mayor cuanto más alto sea el contenido de sólidos no grasos (Arbuckle, 1996; Baer, Krishnaswamy y Kasperson, 1999). Una mezcla con el 10% de SNG, tiene una acidez de 0,18% (Corrales y Sepúlveda, 2005). Los valores de pH de las mezclas de helado, se comportaron inversamente proporcional a la acidez y se encontraron entre 6,63 y 7,0 con un valor más alto ($P < 0,05$) para T4 comparado

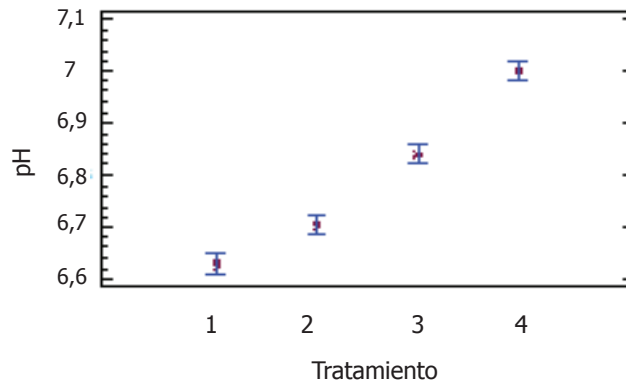


Figura 6. pH de una mezcla de helado con contenidos variables de sólidos no grasos lácteos. Duncan (95%) .

con todos los demás tratamientos (Tabla 4). Estos valores son muy similares a los encontrados por Murtaza *et al.* (2004) y que Abdullah *et al.* (2003), los ubican en un intervalo de 6,7 a 6,9. La prueba de rangos múltiples de Duncan, señaló que entre los 4 tratamientos se presentaba heterogeneidad (Figura 6).

Sólidos totales (ST). El contenido de ST se distribuyó en el intervalo 37,05% y 40,26 %, observándose que

a medida que aumentó el porcentaje de sustitución de SNG, incrementó el contenido de ST (Tabla 4).

El análisis de varianza, mostró diferencia estadísticamente significativa sobre el contenido de ST de los diferentes tratamientos ($P < 0,05$). La prueba de comparación múltiple (Figura 7) mostró que T1 tuvo un menor porcentaje de ST ($P < 0,05$) comparado con los demás tratamientos, los ST de T2, T3 y T4, fueron aumentando

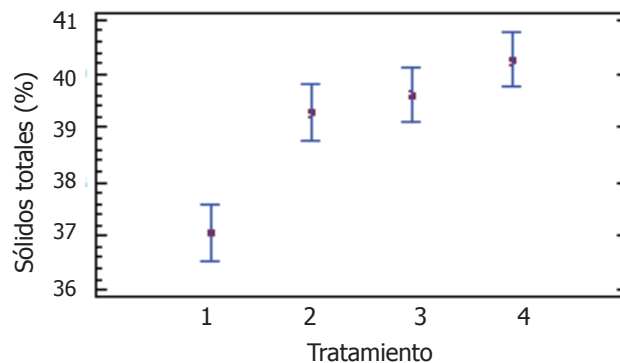


Figura 7. Sólidos Totales de una mezcla de helado con contenidos variables de sólidos no grasos lácteos. Duncan (95%)

progresivamente. Teóricamente se espera que para clasificar un producto como helado duro, su mezcla debe presentar niveles superiores al 33% de ST (Flórez, 2003).

El porcentaje de humedad para un helado con una concentración de 11,25% de SNGL, 10% de grasa, 36,7% de sólidos totales, está entre 63% – 64% (Murtaza *et al.*, 2004; Bylund, 2003).

Minerales. El contenido promedio de calcio de los tratamientos estuvo entre 967,8 y 564,5 mg/kg. Se observó que a medida que aumentó el porcentaje de sustitución de SNGL, disminuyó el contenido de Ca en los tratamientos (Tabla 6). El análisis de varianza mostró diferencia significativa sobre el porcentaje de calcio (Ca) y fósforo (P) de los diferentes tratamientos ($P < 0,05$). La prueba de comparación múltiple (Figura 8) indica que T1 con

Tabla 6. Efecto de los tratamientos sobre diferentes variables: calcio, fósforo, proteína, grasa, cenizas, punto de congelamiento, caída de la primera gota, % de derretimiento.

Tratamiento*	Ca	P	Proteína	Grasa	Cenizas	Derretimiento	Primera gota (Min)	Punto de congelamiento °C
	mg/kg							
1	967,8	523,2	3,2	12,2	0,8	15,3	28,5	-3,5
2	868	525,8	2,6	14,5	0,7	15,0	27,8	-3,8
3	717,2	542,2	2,5	14,3	0,7	9,4	27,5	-4,1
4	564,5	562,3	2,5	15,8	0,6	8,4	30,7	-4,1

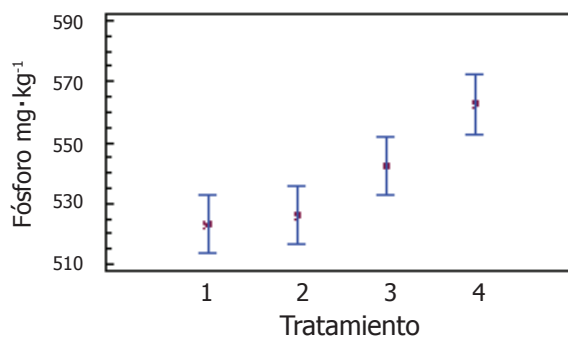
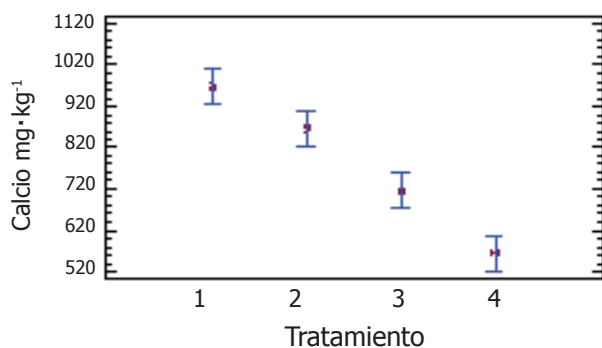


Figura 8. Contenido de minerales en una mezcla de helado con contenidos variables de sólidos no grasos lácteos. Duncan (95%).

967,8 mg/kg de Ca tuvo el mayor valor ($P < 0,05$). Se encontró que el contenido de Ca para T2 y T3 fue de 868 y 717,2 mg/kg respectivamente. Para T4 se obtuvo 564,5 mg/kg, siendo el valor más bajo de todos los tratamientos. Teniendo en cuenta que para ser una buena fuente de Ca, el helado debe contener del 10% al 19% de valor diario (VD) (Ministerio de la Protección Social, 2008) de este mineral, o 100-190 mg de Ca por porción (Marshall y Goff, 2003), los valores registrados para cada uno de los tratamientos difieren levemente de las cifras de referencia.

El helado por su contenido en Ca, puede contribuir en forma significativa a la dieta alimenticia, por lo tanto

T1, T2 y T3 especialmente, son los tratamientos que se acercan más a estos requerimientos. Al consumir 70 g, con una sustitución del 40% de los SNGL se estaría aportando aproximadamente un 7% (50,20 mg de Ca) de la ingesta diaria recomendada. El contenido promedio de P de los tratamientos estuvo entre 523,2 y 562,3 mg/kg. Se observó que a partir del 40% de sustitución de SNGL, aumentó el contenido de este mineral en los diferentes tratamientos (Tabla 6), lo cual puede ser debido a la presencia de reguladores de acidez como fosfato dipotásico y tripolifosfato de sodio (Tester, Karkalas y Qi, 2004). En el estudio realizado se encontró que sustituyendo un 40% de los SNGL, 70 g de helado aportan valores de 37,95

mg, representando un 5% de los requerimientos diarios de una persona adulta.

Proteína. El contenido de proteína en las mezclas de helado varió entre 2,5% y 3,2% (Tabla 6). Una tendencia en la disminución de esta variable, se observó a medida que se sustituyeron diferentes porcentajes de SNGL en las mezclas. El análisis de varianza, mostró diferencia significativa ($P < 0,05$) en los diferentes tratamientos. El contenido de proteína para los tratamientos T1 y T2 fue mayor ($P < 0,05$), en comparación con los demás tratamientos, debido

fundamentalmente a la baja sustitución (Marshall y Goff, 2003) (Figura 9). Estos resultados son aceptables si se tiene en cuenta la NTC 1239, la cual especifica que el helado de leche con grasa vegetal debe tener como mínimo un 2,5 % de proteína (ICONTEC, 2002).

Las proteínas contribuyen al desarrollo de la estructura en el helado, incluyendo emulsificación, batido (Turan *et al.*, 1999), y capacidad de retención de agua (Schmidt, 1994; Walstra y Jonkman, 1998). Las propiedades emulsificantes de las proteínas en la mezcla surgen de su adsorción a los glóbulos de grasa en el momento

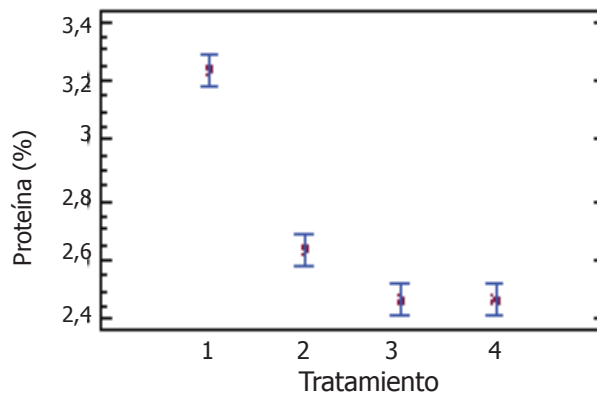


Figura 9. Contenido de proteína en una mezcla de helado con contenidos variables de sólidos no grasos lácteos. Duncan (95%).

de la homogeneización (Goff, 1997). Se observó que entre mayor cantidad de proteína, el porcentaje de derretimiento aumentó; en T1 el porcentaje fue de 3,2% y el derretimiento fue de 15,3%, mientras que para T4 con un 2,5% de proteína el derretimiento fue de 8,4%, siendo este valor el menor de todos los tratamientos,

este fenómeno puede ser debido a que las proteínas de concentrados y aislados de soya, contienen cantidades relativamente grandes de aminoácidos polares ionizables como los ácidos glutámico y aspártico los cuales pueden ligar casi 3 veces más agua que los grupos polares no ionizables (Chiang, Shih y Chu, 1999).

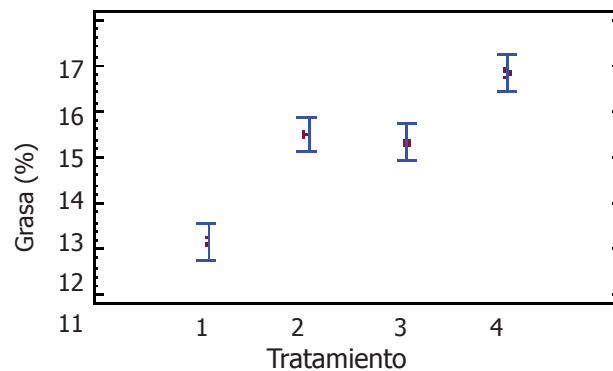


Figura 10. Contenido de grasa en una mezcla de helado con contenidos variables de sólidos no grasos lácteos. Duncan (95%).

Grasa. El contenido promedio estuvo entre 12,2% y 15,8% (Tabla 6). La NTC 1239 contempla que el porcentaje de grasa total para helado de leche con grasa vegetal es de 8% como mínimo (ICONTEC, 2002). Se observó que a medida que se aumentó el porcentaje de sustitución de SNGL, el contenido de grasa incrementó proporcionalmente. El análisis de varianza mostró diferencia significativa en el valor de grasa presente en los diferentes tratamientos ($P < 0,05$). La prueba de comparación múltiple (Figura 10) indica que entre T1 (control) y T2, hubo diferencia significativa, al igual que entre T3 y T4 ($P < 0,05$). En T2 (20% de sustitución) y T3 (40% de sustitución) el comportamiento de esta variable fue muy similar.

Este incremento en los valores de grasa para cada uno de los tratamientos se debe a la concentración de grasa presente en el sustituto (38,69%), el cual es mayor al

de la leche en polvo que corresponde a un 26%. El uso de los porcentajes correctos es necesario, no sólo para balancear la mezcla, sino también para satisfacer los estándares legales.

Helado

Punto de congelamiento (PC). En la mayoría de mezclas de helado, el punto de congelamiento (PC) oscila entre $-2,2$ °C y $-2,8$ °C. Éste punto es una propiedad coligativa, influenciada por el número de moléculas en solución, las que para el caso son principalmente azúcar (Jaskulka, Smith y Larntz, 1995). Para los 4 tratamientos se encontró esta variable en un intervalo de $-3,5$ °C a $-4,1$ °C (Tabla 6), observándose que es más bajo para las muestras que tienen un mayor porcentaje de sustitución de SNGL. Los PC de T3 y T4 no presentaron diferencia

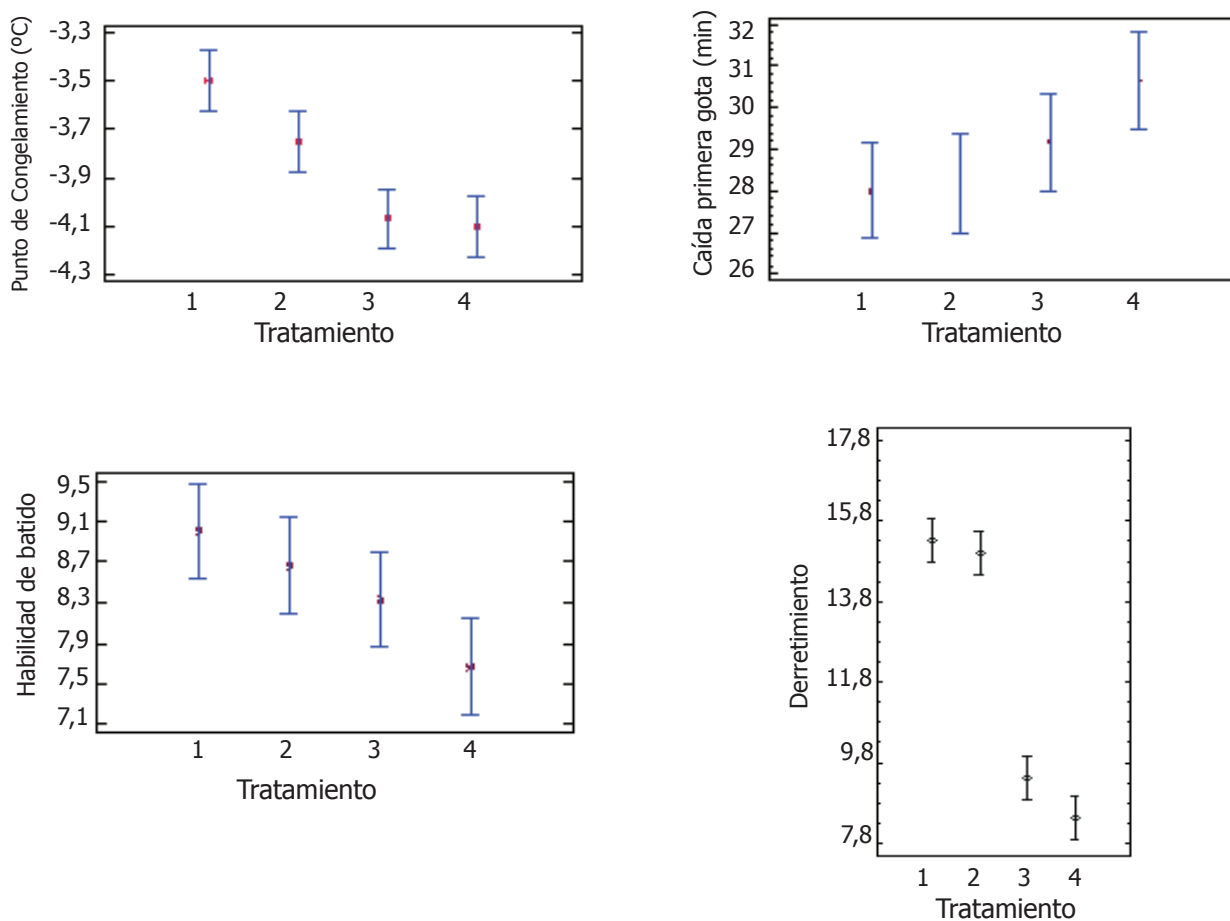


Figura 11. Punto de congelación, caída de la primera gota, habilidad de batido y derretimiento en una mezcla de helado con contenidos variables de sólidos no grasos lácteos. Duncan (95%).

significativa, siendo los más bajos de todos los tratamientos, mientras que el de T1 fue el más alto ($P < 0,05$) (Figura 11). En mezclas con alto contenido de azúcar y sólidos no grasos, esta variable disminuye y puede ser menor a $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que en las mezclas ricas en grasa, bajos SNGL o bajo contenido de azúcar pueden ser mayores a $-1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Marshall y Goff, 2003), (Trgo, Koxholt y Kessler, 1998; Arbuckle, 1996). A medida que aumentó el porcentaje de sustitución, se evidenció una disminución del PC, debido al uso de edulcorantes como dextrosa, conocida como D-Glucosa, la cual desciende la temperatura de congelación por su peso molecular más bajo comparado con la sacarosa (Marshall y Goff, 2003; Romero del Castillo y Mestres, 2004).

Derretimiento. Se determinó que la caída de la primera gota de los 4 tratamientos se encontró en un intervalo de 28 a 30,7 min para T1 y T4 respectivamente (Tabla 6), de acuerdo con el análisis de varianza, no se presentó diferencia significativa entre los tratamientos ($P > 0,05$). Estos resultados coinciden con los obtenidos para una formulación con 10% de grasa láctea, 11% de sólidos no grasos lácteos, 10% de azúcar, 5% de jarabe de glucosa, donde el tiempo de caída de la primera gota tomó alrededor de 30 minutos para todas las muestras (Sakurai *et al.*, 1996; Goff, 1997). En cuanto al porcentaje de derretimiento, hubo diferencia significativa entre los tratamientos ($P < 0,05$). Para los diferentes tratamientos, el porcentaje de derretimiento fue de 15,3%, 15,0%, 9,4% y 8,4% para T1, T2, T3 y T4, respectivamente (Tabla 6). De acuerdo con los resultados obtenidos, todas las muestras presentaron tiempos de caída de la primera gota y porcentaje de derretimiento que se encuentran dentro de los parámetros permitidos (Flórez, 2003; Goff, Davison y Capp, 1994). La cantidad de proteína disminuye sin influir notoriamente en la estructura del helado, debido a la presencia de almidones, maltodextrinas, concentrados de soya, mono y diglicéridos, los cuales tienen propiedades emulsificantes, gelificantes, con capacidad de formación de espuma y de retener agua, dando como resultado un derretimiento más lento (Lawal, Adebawale y Oderinde, 2004; Jiménez, 2006; Jambrak *et al.*, 2009).

Habilidad de batido. Para este trabajo, los tiempos de habilidad de batido estuvieron entre 9 minutos para T1 y 7,7 minutos para T4 (Tabla 6). Estos resultados concuerdan con los reportados por Baer, Wolkow y Kasperson (1997), quienes obtuvieron tiempos de

9,55 minutos para el control y 6,97 minutos para el tratamiento con adición de estabilizante. Las propiedades de batido y de retención de agua de las proteínas en los helados, favorecen la formación de las primeras burbujas de aire y proporcionan una mayor viscosidad de la mezcla, que imparte un beneficio en el cuerpo del helado, aumentando el tiempo de derretimiento y contribuyendo a la reducción de cristales de hielo (Goff, 1997).

CONCLUSIONES

Los helados preparados con un contenido de sustitución de 40% SNGL, presentan excelentes propiedades físico-químicas.

Una sustitución mayor de 40% SNGL, afecta las características bromatológicas de los helados.

Niveles superiores al 60%, no afectan las propiedades sensoriales ni tecnológicas del producto y los costos disminuyen.

AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero Oscar Alejandro Vanegas Monterrosa, Jefe de Investigación y Desarrollo ALSEC S.A.

BIBLIOGRAFÍA

- Abd El-Rahman, A., S. Madkor, F. Ibrahim and A. Kilara. 1997. Physical characteristics of frozen desserts made with cream, anhydrous milk fat, or milk fat fractions. *Journal of Dairy Science* 80(9): 1926–1935.
- Abdullah, M., Saleem-ur-Rehman, H. Zubair, H.M. Saeed, S. Kousar and M. Shahid. 2003. Effect of skim milk in soymilk blend on the quality of ice cream Pakistan. *Journal of Nutrition* 2(5): 305-311.
- Aime, D., S.D. Arntfield, L.J. Malcolmson and D. Ryland. 2001. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. *Food Research International* 34(2-3): 237-246.
- Alvarez, V., C.L. Wolters, Y. Vodovotz and T. Ji 2005. Physical properties of ice cream containing milk protein concentrates. *American Dairy Science Association* 88(3): 862–871.
- Amiot, J. 1991. Ciencia y tecnología de la leche, principios y aplicaciones. Acribía, Zaragoza. 558 p.

- Association of Official Analytical Chemist - AOAC. 2000. Official methods of analysis. 14 Edition. Arlington, VA, USA.
- Arbuckle, W.S. 1996. Ice Cream. AVI, Editor, New York. 349 p.
- Baer, R.J., M.D Wolkow and K.M. Kasperson. 1997. Effect of emulsifiers on the body and texture of low fat ice cream. *Journal of Dairy Science* 80(3): 123-132.
- Baer, R.J., N. Krishnaswamy and K.M. Kasperson. 1999. Effect of emulsifiers and food gum on nonfat ice cream. *Journal of Dairy Science*. 82(7): 1416-1424.
- Baer, R.J, M.D. Wolkow and K.M. Kasperson. 1997. Effect of emulsifiers on the body and texture of low fat ice cream. *Journal of Dairy Science* 80(12): 3123-3132.
- Bienvenue, A., R. Jiménez-Flores and H. Singh. 2003. Rheological properties of concentrated skim milk: importance of soluble minerals in the changes in viscosity during storage. *Journal of Dairy Science* 86(12): 3813-3821.
- Bourriot, S., C. Garnier and J. Doublier. 1999. Phase separation, rheology and structure of micellar casein-galactomannan mixtures. *International Dairy Journal* 9(3-6): 353-357.
- Bylund, G. 2003. Manual de industrias lácteas. A. Madrid Vicente, Madrid, España. 436 p.
- Chiang, W., C. Shih, Y. Chu. 1999. Functional properties of soy protein hydrolysate produced from a continuous membrane reactor system. *Food Chemistry* 65(2): 189-194.
- Corrales, L. y U. Sepúlveda 2005. La leche, su procesamiento y control. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 324 p.
- Echavarría, J. y M. Gómez. 2003. Elaboración de un helado de bajo aporte calórico. Trabajo de grado Zootecnista. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín. 126 p.
- Espinal, C. y H. Martínez. 2006. Cuarto informe de coyuntura. p. 10. En: Rural MdAyD, (ed). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. IICA, Bogotá.
- Flórez, C. 2003. Prueba de un nuevo estabilizante-emulsificante para helado comercial. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, Medellín. 59 p.
- Goff, H.D. 2002. Formation and stabilisation of structure in ice-cream and related products. *Current Opinion in Colloid and Interface Science* 7(5-6): 432-437.
- Goff, H.D. 1997. Colloidal aspects of ice cream: A review. *International Dairy Journal* 7(6-7): 363-373.
- Goff, H.D., V.J. Davidson and E. Capp. 1994. Viscosity of ice cream at pasteurization temperature. *Journal of Dairy Science* 77(8): 2207-2222.
- Goff, H.D., V.J. Davidson. 1992. Flow characteristics and holding time calculations of ice cream mixes in HTST holding tubes. *Journal of Food Protection* 55(1): 34-37.
- Golbitz, P. 1995. Traditional soyfoods: processing and products. *The Journal of Nutrition* 125(3):570-572.
- Hugunin, A. 1999. El lactosuero: aplicaciones de productos de lactosuero en E.E.U.U. y posibles aplicaciones en México y otros países latinoamericanos. *Industria Alimenticia* 10(5): 44-50.
- ICTA, 1994. Curso sobre tecnología de elaboración de helados y postres congelados. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 210 p.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 2002. Norma Técnica Colombiana NTC 1239 Helados. ICONTEC, Bogotá. 18 p.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 2006. NTC 512-2, Rotulado o etiquetado. Parte 2: rotulado nutricional de alimentos envasados. ICONTEC, Bogotá. 21 p.
- Instituto Nacional de Vigilancia y Control de Medicamentos y Alimentos - INVIMA. 1986. Resolución 2310 de 1986 por la cual se legisla el procesamiento, composición, requisitos, transporte y comercialización de los derivados lácteos. Ministerio de Salud, Bogotá, Colombia. 41 p.
- Instituto Nacional de Vigilancia y Control de Medicamentos y Alimentos. 2008. Resolución 288 de 2008 por la cual se establece el reglamento

- técnico sobre requisitos de rotulado o etiquetado nutricional que deben cumplir los alimentos envasados para consumo humano. Legisla el procesamiento, composición, requisitos, transporte y comercialización de los derivados lácteos. Ministerio de Salud, Bogotá, Colombia. 72 p.
- Jambrak, A., V. Lelas, T.J. Mason, G. Kresic and M. Badanjak. 2009. Physical properties of ultrasound treated soy proteins. *Journal of Food Engineering* 93(4): 386–393.
- Jaramillo, M., L.G. Mejía, J.U. Sepúlveda. 2001. Principios de procesamiento y control de calidad de leches. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 327 p.
- Jaskulka, F.J., D.E. Smith and K. Larntz. 1995. Development of an empirical model to predict the freezing point of ice cream mix. *Milchwissenschaft* 50(1): 26–30.
- Jiménez, A. 2006. Valor nutritivo de la proteína de soya. *Investigación y Ciencia* 14(36): 29–34.
- Kuelh, R. 2001. Diseño de experimentos. Principios estadísticos para el análisis y diseño de investigaciones. Thompson Editores, Ciudad de México, México. 666 p.
- Kus, S., A. Altan and A. Kaya. 2005. Rheological behavior and time-dependent characterization of ice cream mix different salep content. *Journal of Texture Studies* 36(3): 273–288.
- Lawal, O.S., K.O. Adebowale and R.A. Oderinde. 2004. Functional properties of amylopectin and amylose fractions isolated from bambarra groundnut (*Voandzeia subterranean*) starch. *African Journal of Biotechnology* 3(8): 399–404.
- López M.B. 2008. Diseño de un producto de uso específico a partir de banano, coadyuvante en el mantenimiento o mejoramiento de la salud. Tesis Maestría. Universidad de Antioquia. Facultad de Química Farmacéutica, Medellín. 96 p.
- Loret, C., V. Meunier, W. Frith and P. Fryer. 2004. Rheological characteristics of the gelation behaviour of maltodextrin aqueous solutions. *Carbohydrate Polymers* 57(2): 153–163.
- Marshall, R. and H.D. Goff. 2003. Ice cream. Publishers KAP, New York. 371 p.
- Mojica F., T.R., D. Castellanos y N. Bernal. 2007. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico de la cadena láctea colombiana. Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura, <http://www.minagricultura.gov.co/archivos/lacteos.pdf>; consulta: Octubre 2009.
- Murtaza, A., M. Ud Din, N. Huma, A. Shabbir and S. Mahmood. 2004. Quality evaluation of ice cream prepared with different stabilizers/emulsifier blends. *International Journal of Agriculture and Biology* 6(1): 65–67.
- Muse, M. and R. Hartel. 2004. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *Journal of Dairy Science* 87(1): 1–10.
- O'Regan, J. and D. Mulvihill. 2009. Preparation, characterization and selected functional properties of sodium caseinate–maltodextrin conjugates. *Food Chemistry* 115(4): 1257–1267.
- Patel, M., R. Baer and M. Acharya. 2006. Increasing the protein content of ice cream. *American Dairy Science Association* 89(5): 1400–1406.
- Romero del Castillo, R. y R. Mestres. 2004. Productos lácteos: Tecnología. Universidad Politécnica de Cataluña, Cataluña. 228 p.
- Sakurai, K., K. Kokubo, M. Hakamata and S. Yoshida. 1996. Effect of production conditions on ice cream melting resistance. *Milchwissenschaft* 51(8): 451–454.
- Schmidt, K. 1994. Effect of milk protein and stabilizer on ice milk quality. *Journal of Food Quality* 17(1): 9–19.
- Singh, P., R. Kumar, S.N. Sabapathy and A.S. Bawa. 2008. Functional and edible uses of soy protein products. *Comprehensive Reviews in Food Science* 7(1): 14–28.
- Soler, Luciana. 2005. Development of non-dairy frozen dessert containing soy protein and coconut milk. Thesis Master of Science. Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, Louisiana. 84 p.
- Sourdet, S., P. Relkin and B. César. 2003. Effects of milk protein type and pre-heating on physical

stability of whipped and frozen emulsions. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 31(1-4): 55-64.

Specter, S.E. and C.S. Setser. 1994. Sensory and physical properties of a reduced calory frozen dessert system made with milk fat and sucrose substitutes. *Journal of Dairy Science* 77(3): 708-717.

Suarez, E., M. Rendueles y M. Díaz. 1998. Separación de proteínas del suero lácteo. *Alimentación, Equipos y Tecnología* 17(3): 123-132.

Tester, R., J. Karkalas and X. Qi. 2004. Starch-composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science* 39(2): 151-165.

Trgo, C., M. Koxholt and H. Kessler. 1998. Effect of freezing point and texture regulating parameters on the initial ice crystal growth in ice cream. *Institute for Dairy Science and Food Process Engineering* 82(3): 460-465.

Turan, S., M. Kirkland, P.A. Trusty and I. Campbell. 1999. Interaction of fat and air in ice cream. *Dairy Industries International* 64(1): 27-31.

Urrego, C. 2003. Evaluación de estabilizantes emulsificantes utilizados en la elaboración de helado duro. Trabajo de grado Zootecnista. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín. 111 p.

Walstra, P. and M. Jonkman. 1998. The role of milkfat and protein in ice cream. p. 17-24. In: *International Dairy Federation, Proceedings of the International Symposium*. Atenas, Grecia, 18-19 September-1997. Ed. W. Buchheim, Alemania.

Wayne, M. 1994. Aprovechamiento de los sueros en la industria láctea. p. 147-63. En: *Memorias Congreso Panamericano de la Leche*, 2-7 Nov. 2004. Medellín, Colombia.