



## Helado sabor a maracuyá (*Passiflora edulis*) de alta aceptabilidad y bajo contenido de grasa a base de plátano (*Musa Paradisiaca L.*) macho y stevia

Ice cream flavored to passion fruit (*Passiflora edulis*) of high acceptability and low fat based banana (*Musa paradisiaca L.*) macho and stevia

Carlos Echeverría<sup>b</sup>, Yong Benavides<sup>b</sup>, Kevin Gonzalez<sup>b</sup>, Raul Siche<sup>a,\*</sup>

a. Departamento de Ciencias Agroindustriales (Universidad Nacional de Trujillo) Av. Juan Pablo II s/n Trujillo Perú

b. Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias (Universidad Nacional de Trujillo) Av. Juan Pablo II s/n, Ciudad Universitaria, Trujillo Perú

\* Autor para correspondencia: [rsiche@unitru.edu.pe](mailto:rsiche@unitru.edu.pe) (R. Siche).

Recibido 14 Abril 2015; Aceptado 21 Mayo 2015

### RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de las diferentes concentraciones de almidón de plátano "macho" (*Musa Paradisiaca L.*) y edulcorante natural stevia en el desarrollo de un helado de alta aceptabilidad sensorial y bajo porcentaje de grasa. Para cumplir con dicho objetivo, se empleó un diseño compuesto central rotacional (DCCR), realizándose 11 ensayos experimentales para evaluar las variables concentración de almidón en el rango de 0-45% y concentración de Stevia en el rango de 0 - 100%. Las pruebas de aceptación general se realizaron con un panel no entrenado de 35 consumidores quienes degustaron las muestras de helado, manifestando su aceptabilidad por medio de una escala hedónica no estructurada de 10 puntos. Se determinó que la concentración de almidón de plátano macho (*Musa Paradisiaca L.*) tiene efecto sobre el porcentaje de grasa y aceptabilidad general, mientras que la concentración de Stevia no tiene efecto en la variable de porcentaje de grasa, pero si tiene efecto en la aceptabilidad general. De las variables estudiadas los valores de concentración de almidón y stevia más adecuadas para obtener un helado de crema con maracuyá (*Passiflora edulis*) de mayor aceptación general son de 22.5 % y 50% respectivamente.

**Palabras clave:** Helado, stevia, almidón de plátano, grasa, aceptabilidad general.

### ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of different concentrations of banana starch "macho" (*Musa paradisiaca L.*) and natural sweetener stevia in the development of a high sensory acceptability ice cream and low fat percentage. To meet that objective, a central composite rotational design (DCCR) was used, 11 experimental tests performed to evaluate variables starch concentration in the range of 0-45% and concentration of Stevia in the range of 0-100%. General acceptance tests were performed using an untrained panel of 35 consumers who tasted ice cream samples, demonstrating their acceptability by an unstructured hedonic scale of 10 points. It was determined that the concentration of starch plantain (*Musa paradisiaca L.*) has an effect on fat percentage and overall acceptability, while the concentration of Stevia has no effect on the variable percentage of fat, but has no effect on the overall acceptability. Of the variables studied concentration values starch and stevia suitable for an ice cream with passion fruit (*Passiflora edulis*) most widely accepted are 22.5% and 50% respectively.

**Keywords:** Ice cream, stevia, banana starch, fat, overall acceptability.

### 1. Introducción

El interés en el desarrollo de alimentos funcionales ha aumentado debido a la

demanda de alimentos que pueden mantener y mejorar el estado de salud de los consumidores.

El consumo de almidón resistente puede ayudar a reducir la ingesta calórica, la respuesta glucémica y los niveles de colesterol y triglicéridos (Brouns *et al.*, 2007). En este mismo sentido, otra fracción de almidón que ha recibido interés en los últimos años debido a sus efectos benéficos es el almidón de digestión lenta (ADL) (Englyst *et al.*, 1992). La característica importante del ADL es que se digiere lentamente a lo largo de todo el intestino delgado, proporcionando una liberación sostenida de glucosa hacia la sangre. Por lo tanto, ADL es considerado benéfico para ser utilizado en el tratamiento dietético de personas con trastornos metabólicos (Wolever y Mehling, 2002), de enfermedades como la obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares (Ludwing, 2002). Por ejemplo, el ADL produce saciedad y puede ser incorporado en productos alimenticios comercializados para los programas de pérdida de peso (Han y Bemiller, 2007).

El almidón de plátano nativo es resistente a la digestión por las enzimas humanas. Por lo tanto, es considerado como fuente natural con el mayor contenido de almidón resistente. (Faisant *et al.*, 1995).

Investigadores mexicanos, del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (Ceprobi) del IPN, obtuvieron que a partir de la adición de almidón de plátano macho verde, se contribuye a la disminución de la obesidad, esto se debe a que a partir del almidón mencionado se obtuvo un carbohidrato de digestión lenta y resistente, obteniéndose un incremento pausado de la glucosa en el organismo (Informador, 2011).

Por otro lado los edulcorantes utilizados en la industria alimentaria se dividen en 2 grandes grupos: calóricos y no calóricos. Entre los edulcorantes no calóricos de mayor consumo se encuentran la sacarina de sodio cuyo poder edulcorante es 200 a 700 superior al

azúcar, la sucralosa que es 600 veces más dulce que el azúcar, la stevia cuyo poder es 300 veces mayor que el azúcar y Aspartamo 200 veces más dulce que el azúcar (Durand *et al.*, 2013; Shankar *et al.*, 2013).

El Steviol es un edulcorante natural proveniente de Stevia rebaudiana Bertoni (planta originaria del Paraguay), estable al calentamiento, no fermentable, puede ser utilizado en alimentos cocinados o alimentos y bebidas procesadas (Kinghorn y Soejarto, 1991).

Pasto (2011) estudió el efecto de la sustitución de sacarosa por stevia, encontrando que el mejor tratamiento reportado mediante el análisis sensorial fue el de 25% de Stevia y 75% de Sacarosa.

En los productos lácteos, los almidones nativos y modificados, maltodextrinas e inulina nos permiten reemplazar crema, leche fluida, en polvo o condensada en diversos productos como helado, bebidas lácteas, yogurt, crema ácida, salsa de queso, postres lácteos y rellenos cremosos de panificación, así como algunos sólidos grasos en queso.

La reducción calórica en los helados puede hacerse disminuyendo o eliminando los contenidos de azúcar y grasa. El azúcar puede sustituirse por edulcorantes de alta intensidad que no aportan calorías (aspartame, acesulfame K, sacarina, neotame, estevia) o bien por polioles como el eritritol, cuyo aporte calórico es de 0.2 kcal/g y es de buena tolerancia digestiva. Puede utilizarse una mezcla de edulcorantes para mejorar el perfil de dulzor y lograr uno muy parecido al que da el azúcar común. El tipo de sustituto de azúcar puede afectar la firmeza del helado, por lo que debe haber un equilibrio entre ingredientes de tal forma que sus interacciones no genere una afectación negativa en sus características sensoriales.

El helado normalmente tiene de 8 a 20% de grasa, sin embargo, por medio de reemplazantes de grasa y se puede

disminuir su nivel calórico. Al igual que los problemas de salud ocasionados por las grasas existen problemas de salud provocados por los altos niveles de azúcares en la sangre, como la enfermedad conocida como diabetes. El nivel de azúcar en el helado puede variar del 12 a 20%, por lo que se puede utilizar un edulcorante no calórico sustituyente de la sacarosa y así disminuir sus calorías. Entre los edulcorantes más utilizados actualmente en la industria alimentaria están el Aspartame, Acelsufame-K y Steviol.

Así, el objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto del almidón de plátano macho (*Musa paradisiaca* L.) y stevia sobre la aceptabilidad general y las características fisicoquímicas del helado de crema sabor a maracuyá (*Passiflora edulis*).

## 2. Materiales y métodos

### Obtención de almidón de plátano macho (*M. paradisiaca* L.)

Se usaron frutos fisiológicamente inmaduros de plátano macho (*M. paradisiaca* L.) adquiridos en el Mercado la Hermelinda, Trujillo. El almidón se aisló en el laboratorio de la Tecnología de alimentos de la universidad nacional de Trujillo, según el protocolo reportado por Flores *et al.* (2004) básicamente consiste en triturar la pulpa y retirar en medio líquido aquellos componentes de la pulpa de plátano que son relativamente más grandes, como los componentes de la fibra y proteínas utilizando tamices de diferentes calibres; posteriormente, se facilita la eliminación del agua por decantación y se lava el material sedimentado para eliminar las últimas fracciones diferentes del almidón, y finalmente someter al almidón purificado a un secado. El método húmedo efectuado consta de las siguientes etapas:

*Selección y pesado:* se procedió a separar los frutos que no cumplieran

con criterios de sanidad *Lavado:* utilizando agua potable y desinfectando con una solución preparada con hipoclorito de sodio al 1% por 10 minutos. *Pelado:* separación de la cáscara de la pulpa manualmente con cuchillos. *Rebanado:* corte de la pulpa en rodajas de 4 mm de espesor. *Tratamiento químico:* las rebanadas se sumergieron en una solución con bisulfito de sodio al 1.5% en agua destilada durante 10 minutos. *Maceración:* los trozos de plátano se humedecen para ablandarlos y destrozarlos en una licuadora industrial a velocidad máxima por dos minutos. *Tamizado:* el producto que se obtiene es una mezcla de almidón, agua, proteínas, minerales impurezas, denominado lechada. Para retirar las impurezas se lava y se hace pasar la lechada por una tela de seda, el residuo se lavó con agua hasta que el líquido de salida no tuviera residuo aparente de almidón. *Sedimentación:* la suspensión obtenida se depositó en un recipiente y se dejó en reposo durante 8 horas y luego se eliminó el sobrenadante. *Secado:* el almidón húmedo obtenido se lleva a deshidratar en una estufa a una temperatura constante de 40 °C por un tiempo de 24 horas. *Empacado:* el producto obtenido fue pesado y se empacó en bolsas de polietileno.

### Tamizado del almidón

La muestra se coloca en el juego de tamices, previamente ordenados de mayor a menor luz de tamiz de arriba abajo, por un tiempo de 10 minutos. Pesar lo separado en cada tamiz. Aplicar la correlación de Rosin, Rammler y Sperling (RRS), determinar la homogeneidad de la muestra (n) y el tamaño medio estadístico (Lo).

Para determinar n y Lo se representara gráficamente la siguiente ecuación:

$$\log \left[ \ln \left( \frac{M}{R_a} \right) \right] = n \log(L) - n \log(L_0).$$

Dónde M: Cantidad total de producto; L: Luz de malla de cada tamiz; Ra: Valor de los rechazos acumulados; Lo: Tamaño medio estadístico; n: Índice de uniformidad de tamaños.

### Forma de los gránulos del almidón

Para determinar la forma del almidón se utiliza un microscopio Motic B1 DMb1-223 (Serie: 30104819), con máquina fotográfica incorporada. Se coloca 1 gota de agua destilada en el centro de una placa de vidrio porta objeto. Se introduce la punta de una aguja hipodérmica dentro de la muestra de almidón y luego dentro de la gota de manera que parte del almidón se transfiera a la gota de agua, colocar un cubre objeto y proceder a observar la forma de los gránulos de almidón a 40X, tomándose luego las microfotografías.

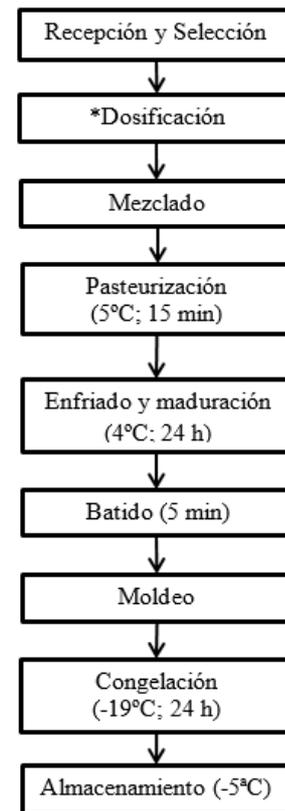
### Composición química de los almidones

La composición química del almidón de plátano macho se determinó por los siguientes métodos: (a) Humedad (método 925.10 (A.O.A.C. 1990)); (b) Cenizas (método 923.03 (A.O.A.C. 1990)) y (c) Fibra (método 962.09 (A.O.A.C. 1990)).

### Elaboración de helado de crema sabor a maracuyá

El proceso de elaboración del helado se muestra en la Figura 1.

Para la elaboración del helado de crema con maracuyá (*Passiflora edulis*), se utilizó la formulación establecida en la Tabla 1.



**Figura 1.** Flujograma de elaboración de helado de Crema sabor a maracuyá.

**Tabla 1.** Formulación del helado de crema con maracuyá (*Passiflora edulis*)

Ingredientes	Cantidad (g)	Porcentaje (%)
Leche Semidescremada	550	29
Crema de batir <sup>(a)</sup> / almidón de plátano <sup>(b)</sup>	660	35
Azúcar blanca / stevia <sup>(c)</sup>	330	18
Jugo de maracuyá	330	18
Total	1870	100

<sup>(a)</sup> <sup>(b)</sup> El porcentaje varía de acuerdo al tratamiento usado.

### Análisis fisicoquímicos del helado

#### Determinación del contenido de grasa

Consistió en preparar una disolución de 10 ml de helado en 10 ml de agua caliente. Agitar y transvasar sucesivamente para obtener la disolución lo más homogénea posible. Añadir al butirómetro 10 ml de ácido sulfúrico. Con una pipeta adicionar 11 ml de disolución obtenida colocando la punta de la pipeta en contacto con la base del cuello del butirómetro con cuidado y muy lentamente, de manera que el cuello del

butirómetro no se humedezca y de forma que los líquidos no se mezclen de manera prematura. Verter sobre la superficie de la mezcla 1 ml. de alcohol isoalmílico. Seguidamente cerrar el butirómetro y agitar hasta que la caseína esté enteramente disuelta. Posteriormente se deja en un baño maría a 65 °C por 30 minutos y se lee directamente el nivel de la grasa en la escala del butirómetro. El contenido de grasa leído directamente en la escala del butirómetro se debe multiplicar por 2 para deshacer la dilución efectuada en la muestra de helado.

#### Determinación de pH

En un vaso de precipitación colocar 10ml de la muestra. Lavamos y secamos los electrodos del pH-metro y lo calibramos con la solución buffer de pH 7, seguidamente realizamos la lectura.

#### Determinación de acidez titulable total

La acidez titulable puede ser expresada convencionalmente en g. de ácido por 100 g o 100 ml de producto, o usando el factor apropiado para el ácido en el que se quiere expresar la acidez: para el ácido láctico, 0.090. Introducir 10 ml de la muestra a determinar en una fiola de 50 ml aforándola con agua destilada, agitar la solución. Agregar 20 ml de la solución en un matraz Erlenmeyer, añadir 3 gotas de fenolftaleína y homogeneizarlo. Posteriormente valorarlo con hidróxido de sodio que se encuentra en la bureta, anotando cuidadosamente el volumen gastado hasta que la muestra mantenga la coloración rosácea más de 30 s. El cálculo de la acidez como porcentaje de ácido predominante se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\%acidez = \frac{(mL\ NaOH)(N)(meq\ de\ ácido)(Vol.\ de\ dilucion)}{(g\ o\ mL\ de\ muestra)(mL\ alícuota)}$$

#### Prueba de aceptabilidad sensorial

Se realizaron pruebas de aceptación de los productos finales. Se empleó una prueba hedónica con escala no

estructurada de 10 cm., la cual contó con puntos extremos, mínimo y máximo donde un total de 35 panelistas no entrenados expresaron su apreciación con respecto al sabor. El panelista marcó el punto donde consideró que corresponde a la calificación que se otorga al producto.

#### Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó el diseño compuesto central rotacional (DCCR) el cual nos permitirá evaluar el o los factores (Concentración de almidón y/o Stevia) que afectan significativamente en las características fisicoquímicas y la aceptabilidad general del helado de crema sabor a maracuyá (*Passiflora edulis*). Las variables utilizadas son las siguientes:  
 $X_1$  = Concentración de Almidón = 0-45%  
 $X_2$  = Concentración de Stevia = 0-100%.

Los valores de la Tabla 1 son utilizados para construir el planeamiento de los 11 tratamientos con sus respectivas respuestas. Se consideraron 3 repeticiones en el punto central y 4 puntos axiales. Para obtener regiones de interés práctico del proceso, se construyeron superficies de respuesta ( $Y=f(X_1, X_2)$ ) y curvas de contorno usando Statistica 7.0 con la finalidad de evaluar el efecto del mejor tratamiento sobre la aceptabilidad general de helado de crema de sabor a maracuyá (*Passiflora edulis*)

Posteriormente se aplicó el análisis de varianza para ver la influencia de los modelos matemáticos ( $p < 0.05$ ) y se calculó el coeficiente de determinación ( $R^2$ ). El modelo escogido fue el que presentó mayor  $R^2$ .

### 3. Resultados y discusión

#### Obtención de almidón de plátano macho

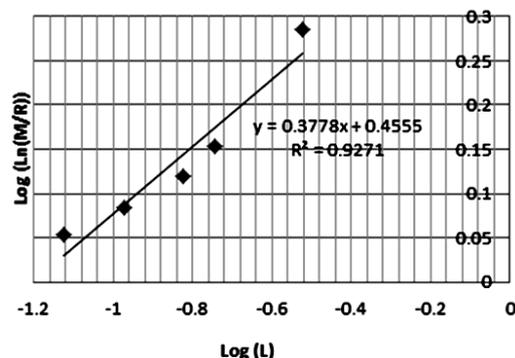
El rendimiento de almidón obtenido fue de 55.97 %, considerando el contenido de humedad del fruto en estado verde. Este valor se encuentra por encima de lo

hallado por Bello *et al.* (2002) para plátano criollo con 11.8% y plátano macho con 43.8%. Flores *et al.* (2000) que arrojó un valor de 63 y 71% en rendimiento del almidón total en la extracción. Los porcentajes de extracción de la fracción almidonosa del plátano cuadrado reportan una variación en la recuperación del almidón con respecto a la materia prima de 52.4 al 69.6 % (Gutiérrez, 2008). La diferencia entre los porcentajes de rendimiento de pulpa hallado experimentalmente y reportados por los diversos autores se atribuye a muchos factores, tales como la variedad del fruto, clima, condiciones edafológicas, prácticas agrícolas y temporadas de cosechas, que pueden influir en el rendimiento y las características físicas y organolépticas. Los métodos tradicionales de extracción industrial de almidón no son aplicables directamente en todas las especies de vegetales, principalmente debido a que en ellas el almidón se encuentra acompañado de otros compuestos químicos como proteínas, lípidos y fibra, por lo que es necesario realizar ajustes con respecto al plátano. Varios estudios (Flores *et al.*, 2004; Cabrera *et al.*, 2007) se han publicado sobre la extracción del almidón de plátano, de los cuales un método de extracción húmeda y otro de extracción en seco. En estudios previos (Flores-Gorosquera *et al.*, 2004) encontraron que por el método húmedo el rendimiento del aislamiento del almidón del plátano a nivel de planta piloto se encontraba entre 63 y 71%, utilizando en la etapa de sedimentación una centrifuga de laboratorio a velocidades entre 2500 a 5000 rpm, y con una temperatura de secado de 40-45 °C.

#### Tamizado del almidón

De la ecuación de la Figura 2 se determinó que la pendiente “n” fue 0.3778 y donde el intercepto  $n\text{Log}(L')$  fue -0.4555, de esta relación obtenemos que  $L'$  fue 0.06228 mm,  $L'$  representa

el tamaño medio estadístico de nuestro almidón de plátano. Con la pendiente encontrada en el gráfico  $n=0.3778$  el “n” es menor de la unidad esto nos quiere decir que la uniformidad de la muestra no es homogénea.



**Figura 2.** Representación gráfica de la ecuación 1. Aplicando la correlación RRS

El tamaño del gránulo del almidón de plátano tiene un tamaño de gránulo entre 8 y 50  $\mu\text{m}$  (Millán *et al.*, 2005), mientras que el de maíz entre 3 y 20  $\mu\text{m}$  (Méndez *et al.*, 2006), pues se ha reportado que los almidones con tamaño de gránulo grande presentaron un grado más bajo de modificación (Huang *et al.*, 2007). De lo encontrado en la práctica se puede decir que se aproxima a lo reportado por los autores, debido a que el medio estadístico de nuestro almidón de plátano fue 62.3  $\mu\text{m}$ .

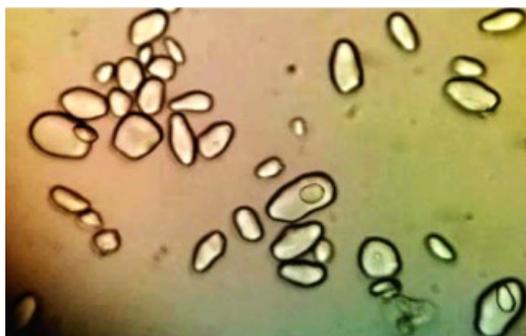
Los gránulos presentaron diversos valores de longitud, sobrepasando estos la mayoría de las veces los 40  $\mu\text{m}$ , siendo esto comparable a los resultados reportados por otros investigadores que señalan que el tamaño de los gránulos de almidón oscila entre 20 y 60  $\mu\text{m}$  para el mismo tipo de muestra (Millán *et al.*, 2005; Waliszewski *et al.*, 2003; Zhang *et al.*, 2005; Bello *et al.*, 2000; Jane *et al.*, 1994). En cuanto a la dimensión de los gránulos se obtuvo un valor similar a otros autores (Ling *et al.*, 1982; Kayisu *et al.*, 1981) ya que fueron superiores a los 20  $\mu\text{m}$ .

Es importante señalar que, el tamaño del gránulo de almidón, es un parámetro importante que afecta las propiedades

funcionales y fisicoquímicas de los mismos. Se ha reportado que gránulos pequeños pueden absorber mayor cantidad de agua, en comparación con los gránulos grandes, esto debido a que presentan mayor área de contacto (Paredes *et al.*, 1989).

### Forma de los gránulos del almidón

En la Figura 3 se observa que los gránulos del almidón nativo de plátano presentaron una superficie lisa y pulida dando una apariencia de suavidad y con formas irregulares ovaladas y alargadas con un extremo truncado, semejantes a las reportadas por Kayisu y Hood (1981) y Lii *et al.* (1982).



**Figura 3.** Forma del gránulo de almidón de plátano.

Gránulos de diferentes variedades de plátano con formas ovaladas alargadas y con diámetro máximo de entre 6 a 80  $\mu\text{m}$  han sido reportados por Millan *et al.* (2005) y Jane *et al.* (1999). De acuerdo a lo encontrado el tamaño del granulo de almidón de plátano macho está en el rango, siendo este 62.3  $\mu\text{m}$  aproximadamente.

### Composición química de los almidones

García *et al.* (2009) reportó que el % humedad del almidón nativo extraído de plátano macho en estado de madurez verde estuvo en un  $7.17 \pm 0.17$  y el % de cenizas  $0.27 \pm 0.03$ . Bello *et al.* (2002) encontró que el % humedad del almidón fue  $10.60 \pm 0.10$  y % cenizas  $0.20 \pm 0.05$  de acuerdo a lo mostrado en la Tabla 2. Los valores obtenidos se asemejan a la literatura. El análisis de

las propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón de dos variedades denominadas “Macho y Criollo” (Bello *et al.*, 1999) mostraron que ambas presentaban una composición química similar, excepto en el contenido de cenizas que fue aproximadamente tres veces más alta en la variedad Macho que en el Criollo (Macho 0.87% y Criollo 0.18%). González *et al.* (2004) determinó que el contenido de % fibra cruda en almidón de plátano verde fue  $3.00 \pm 0.119$ .

**Tabla 2.** Análisis químico del almidón de plátano macho (*M. paradisiaca* L.) en estado verde.

Parámetro	Valor
Humedad (%)	13.33+2.89
Cenizas (%)	0.36 +0.008
Fibra (%)	0.88

### Características fisicoquímicas del Helado de crema con maracuyá (*Passiflora edulis*)

#### Determinación del % Acidez y pH

Se elaboraron modelos de segundo orden para la acidez y el pH:

$$\% \text{Acidez } T = 0.873486 + 0.003283A - 0.000244A^2 + 0.000418S - 0.000119S^2 + 0.000119AS$$

$$\text{pH} = 4.057305 + 0.018745A - 0.000222A^2 + 0.007520S - 0.000033S^2 - 0.000151AS$$

El modelo para la acidez resultó ser significativo ( $p < 0.05$ ) y  $R^2$  mayor a 85% (85.9%) indicando que es adecuado para predecir esta variable a través de la superficie de respuesta. No así ocurre con el pH, la cual posee un  $p > 0.05$  y  $R^2$  de 55.5%, siendo este modelo no confiable al momento de predecir en función de las variables a través de superficie de respuesta.

Los valores de pH fueron menores a 4.5, lo que evitaría el desarrollo de microorganismos que afecten su calidad,

debido a que la mayoría de los microorganismos patógenos se desarrollan en un pH valor situado entre 6.6 - 7.5, reduciendo su crecimiento si los valores aumentan (añadiéndoles sustancias alcalinas) o disminuyen (añadiéndoles sustancias ácidas).

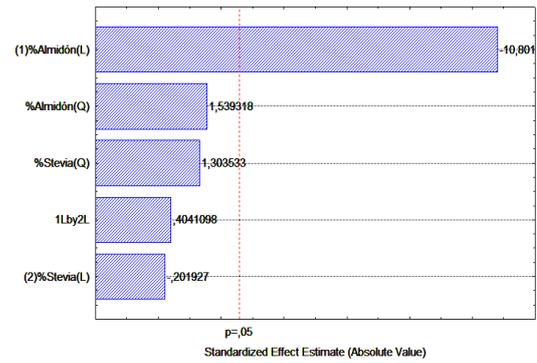
La acidez natural o aparente de la mezcla de helado es causada por las proteínas de la leche, como b-lactoglobulina (b-Ig), seroalbúminas e inmunoglobulina G (IgG), las cuales contienen enlaces disulfuro y grupos sulfhidrilo libres y la  $\alpha$ 2 caseína y k-caseína que contienen igualmente enlaces disulfuro (Sourdet *et al.*, 2003), por las sales minerales (especialmente fosfatos y citratos) y dióxido de carbono disuelto (Patel *et al.*, 2006); por lo que al crema de leche por almidón en los diferentes tratamientos la acidez fue decreciendo.

#### Porcentaje de grasa

La ecuación del modelo obtenido para la variable de respuesta porcentaje de grasa en el helado es la siguiente:

$$\begin{aligned} \% \text{ Grasa} &= 11.64 - 0.18A + 0.0013A^2 - \\ &0.0267S + 0.00022S^2 + 0.00018AS \\ (R^2 &= 96\% \text{ y } R^2_{\text{ajustado}} = 92\%; p < 0.05). \end{aligned}$$

En la Figura 4 se observa que la variable del porcentaje de almidón es la única que tiene influencia significativa en el porcentaje de grasa.



**Figura 4.** Diagrama de estimación de efectos para el modelo porcentaje de grasa.

En la Figura 5 se muestra la superficie contornos obtenidas para el porcentaje de grasa. Se aprecia que para valores entre 40 - 60 % de stevia entre y 40 - 50 % de almidón se obtienen los mejores resultados (5% aprox.).

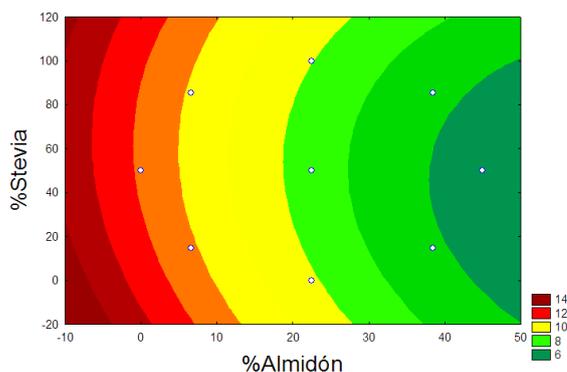
El uso de almidones como sustitutos de grasa puede actuar incrementando la viscosidad de la fase acuosa y participar en el mejoramiento de la textura.

Al mezclar almidón modificado de tapioca con uno de papa, se ha logrado una sustitución de hasta 12% de grasa de leche, sin afectar la percepción de frío.

Por otro lado, los sustitutos de grasa pueden tener efecto en la firmeza del helado: a menor contenido de grasa mayor firmeza.

**Tabla 3.** Valores codificados y reales de las variables y respuestas analizadas

Tratamiento	Variables Independientes				Variables Dependientes			
	Valores Codificados		Valores Reales		Valores Reales			
	% Almidón	% Stevia	% Almidón	% Stevia	% Acidez	pH	% Grasa	Aceptabilidad
1	-1.00	-1.00	6.60	14.60	0.9	4.14	10.4	6.0 ± 0.8
2	-1.00	1.00	6.60	85.40	0.855	4.39	10.2	5.2 ± 1.4
3	1.00	-1.00	38.40	14.60	0.655	4.45	6.6	4.9 ± 1.1
4	1.00	1.00	38.40	85.40	0.8775	4.36	6.8	3.8 ± 0.6
5	-1.41	0.00	0.00	50.00	0.81	4.48	10.6	5.8 ± 1.0
6	1.41	0.00	45.00	50.00	0.81	4.39	5	4.7 ± 1.0
7	0.00	-1.41	22.50	0.00	0.855	4.44	7.8	5.6 ± 1.4
8	0.00	1.41	22.50	100.00	0.9	4.49	7.6	2.6 ± 1.1
9	0.00	0.00	22.50	50.00	0.9225	4.49	7.6	6.4 ± 0.7
10	0.00	0.00	22.50	50.00	0.9225	4.49	7.4	6.3 ± 1.1
11	0.00	0.00	22.50	50.00	0.9225	4.49	7.6	6.5 ± 0.8



**Figura 5.** Curva de contorno para el porcentaje de grasa en función de porcentaje de almidón y porcentaje de Stevia.

El uso de los derivados de almidón puede proporcionar un helado reducido en grasa con textura similar a su contraparte sin modificación. Sin embargo, los sustitutos más utilizados en la elaboración de helados reducidos en grasa son los basados en proteínas (Clarke, 2000).

En este helado sabor a maracuyá, el mayor porcentaje de grasa obtenido fue de 10.6%, así como el menor fue de 5%, usando en el primero 0% de almidón y en el segundo una concentración de 45%, de esta manera podemos lograr sustituir aproximadamente 47.2 % de la grasa en la formulación de helado.

La presencia de grasa y proteína inicialmente recubre o se absorbe a la superficie de los gránulos de almidón, causando un retraso en la hidratación y la viscosidad. El uso de grasa actúa como un separador para evitar que los gránulos de almidón se agrupen (Badui, 1994).

El contenido de grasas en la mezcla, reduce el tamaño de los cristales de hielo debido a que limita estéricamente su crecimiento y produce un efecto lubricante, que da la sensación de suavidad en la boca (Soto, 2006). Un alto contenido graso conduce a una textura seca y granulosa un bajo contenido de grasas da una textura lisa, homogénea, algo fangosa (Walstra *et al.*, 2006). Cuanto mayor es el

contenido en grasa y su contenido de sólidos grasos, se derrite más lentamente por la fusión parcial de los ácidos grasos presentes en la grasa.

La elaboración del helado con poca grasa es difícil porque se tienen que encontrar otros ingredientes capaces de realizar las distintas funciones de la grasa. Los polisacáridos pueden ayudar a estabilizar las burbujas de aire y a aumentar la viscosidad de la matriz, pero pueden deteriorar la textura cuando son utilizados en niveles altos. Las partículas microscópicas de proteínas o los carbohidratos se pueden utilizar para sustituir los glóbulos de grasa. Sin embargo, éstos no pueden reproducir enteramente la sensación en el paladar característico de la grasa, que se presenta cuando se funde en la boca (Clarke, 2004).

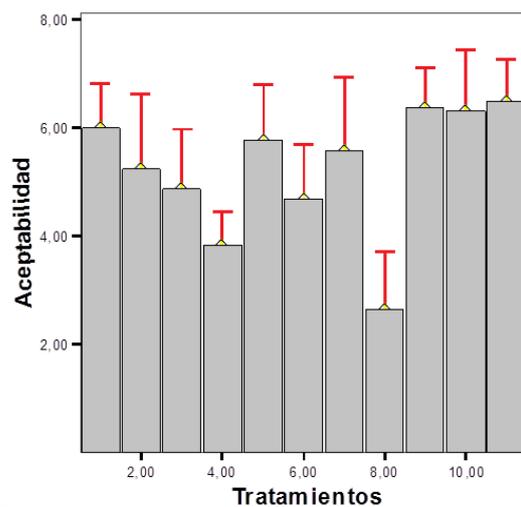
### Aceptabilidad General

Se evaluó la aceptabilidad sensorial de cada tratamiento con 35 panelistas no entrenados utilizando una prueba hedónica con escala no estructurada. Este método tiene la ventaja de que no existe la necesidad de describir las características sensoriales del producto independientemente es decir el sabor, textura, color, olor, etc., sino solamente establecer la aceptación general de la evaluación. Sin embargo, se tiene la desventaja de que la asignación de la calificación dada por el panel consumidor quede completamente a criterio suyo, lo cual confiere un cierto grado de subjetividad a las calificaciones, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 3.

Para el análisis estadístico se utilizó la metodología propuesta por Watts *et al.* (1995). Según Watts *et al.* (1995) si el valor F calculado es superior al valor F tabulado, para el mismo número de grados de libertad, habrá evidencia de que hay diferencias significativas. De acuerdo a lo mencionado anteriormente y a los resultados obtenidos se observa que existen diferencias significativas

entre tratamientos y panelistas. En el primer caso se debe a que las variables de porcentaje de almidón y porcentaje de Stevia influyeron significativamente en la aceptabilidad de cada muestra. El tratamiento más aceptable fue el de 22,5% de almidón y 50 % de Stevia. La razón principal que explica las diferencias significativas entre panelistas es que se trabajó con un panel no entrenado. Watts *et al.* (1995) indica también que cuando se trabaja con paneles no entrenados es recomendable realizar una mayor cantidad de pruebas con el fin de aumentar la variabilidad y reducir el error experimental.

Con el fin de observar la diferencia entre tratamientos, realizamos la prueba de homogeneidad de varianzas, el cual se asume varianzas diferentes, para ello se usó la prueba de Tamhane, tal como muestra la Figura 6.

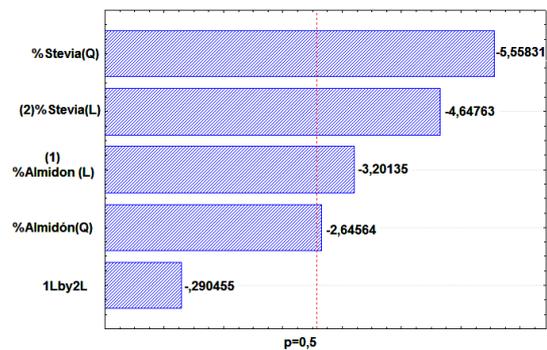


**Figura 6.** Diferencias significativas en la aceptabilidad entre tratamientos.

En la Figura 6 se observa que el tanto el tratamiento 4 y 8 tienen diferencias con todos los tratamientos y por otro lado los tratamientos 1, 9, 10 y 11 no muestran diferencias significativas entre ellos. La ecuación del modelo obtenido es la siguiente:

$$\text{Aceptabilidad} = 4.898 - 0.063A - 0.00199A^2 + 0.0662S - 0.000846S^2 - 0.000117AS$$

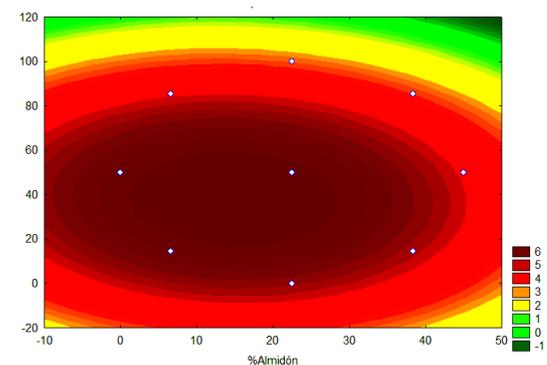
El cual es significativo ( $p < 0.05$ ) y un  $R^2$  cercano a 1 (92.7%), lo cual demuestra un nivel de confiabilidad con al menos el 95%.



**Figura 7.** Diagrama de estimación de efectos para el modelo aceptabilidad general.

En la Figura 7 anterior se observa que las variables stevia y almidón tienen efecto significativo para la aceptabilidad.

En la Figura 8 se muestra la gráfica de contornos obtenida para la aceptabilidad. Se aprecia que para valores entre 20% - 30% de almidón y 40% - 50% de stevia se obtienen los mejores resultados.



**Figura 8.** Curva de contorno para la aceptabilidad en función del porcentaje de almidón y porcentaje de Stevia.

Los ingredientes principales proporcionan las características sensoriales requeridas: el hielo da la frescura, la grasa proporciona cremosidad, el aire da ligereza y suavidad, el azúcar proporciona dulzor, y los sabores realzan su gusto (Clarke, 2004). La

cantidad total de cada componente y la microestructura (es decir el tamaño, la forma y la conectividad de las partículas) son importantes pues juntos determinan las características del helado, físicas y sensoriales. Las cantidades de los componentes estructurales son diferentes para diversos tipos de helado. Es por este motivo que al sustituir grasa por almidón y azúcar por stevia, hemos logrado solo que un 22.5 % de almidón y 50 % de stevia sea agradable para el consumidor.

#### 4. Conclusiones

Un helado de crema de maracuyá, utilizando 22.5% de almidón de plátano macho y 50% de stevia presenta alta aceptabilidad y un bajo contenido de grasa (8% a 10%). Este producto es una excelente alternativa en el campo de los alimentos funcionales, alimentos que actualmente tienen alta demanda por la percepción de los consumidores de que pueden mejorar su estado de salud. Lo que falta hacer es estudiar más la biodisponibilidad de nutrientes de estos productos en el organismo de los consumidores.

#### Referencias

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 13th. Association of Official Analytical Chemists. Washington, USA.

Badui B.S. 1994; Química de los Alimentos., Tercera edición, Alhambra.

Bello, P. L. A.; Agama, E.; Sánchez, L.; Paredes, O. 1999. Isolation and partial characterization of banana starches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47: 854-857.

Bello, L. A.; Romero, M. R.; Pares, L. O. 2000. Preparation and properties of physically modified banana starch prepared by alcoholic-alkaline treatment. *Starch/ Starke*. 52: 154- 159.

Bello, L. A.; Sáyago, S. G.; Villagomez, J. y Montiel, L. I., 2000. Almidón de plátano y calidad sensorial de dos tipos de galletas. *Agrociencia* 34: 553-560.

Bello L. A.; Contreras, S. M.; Romero, R.; Solorza, J.; Jiménez, A. 2002. Propiedades

químicas y funcionales del almidón modificado de plátano *Musa paradisiaca* L. *Agrociencia* 36(2): 169-180.

Brouns, F.; Arrigoni, E.; Langkilde, A.; Verkooijen, I.; Amado, R. 2007. Physiological and metabolic properties of a digestión-resistant maltodextrin, classified as type 3 retrograded resistant starch. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55 (4): 1574-1581.

Cabrera, A. O.; Madrigal, L. V.; Vázquez, J. 2007 Extracción y Caracterización Química de Almidón de Plátano y Banano de las Variedades FHIA-01, 20, 21 y 23. Documento IX Congreso de Ciencia de los Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Colima. Pp. 306-314.

Clarke, C. 2000. *The Science of Ice Cream*, The Royal Society of Chemistry. Inglaterra.

Clarke, C. 2004. *The science of ice cream*, Cambridge: Royal Society of Chemistry.

Duran S.; Rodriguez, M.; Cordon, K.; Record, J. 2013 *Estevia (stevia rebaudiana)*, edulcorante natural y no calórico. *Revista Chile Nutr.* 39(4): 203-6.

Englyst, H. N.; Wiggins, H. S.; Cummings, J. H. 1982. Determination of the non starch polysaccharides in plant foods by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. *Analyst* 107: 307 – 318.

Faisant, N.; Buleon, A.; Colonna, P. 1995. Digestion of raw banana starch in the small intestine of healthy humans: structural features of resistant starch. *Brit. J. Nutr.* 73: 111-123.

Flores-Gorosquera, E.; García-Suárez, F.J.; Flores-Huicochea, E.; Núñez-Santiago, M.C.; González-Soto, R.S.; Bello-Pérez, L.A. 2004. Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*). Estudio en planta piloto. *Acta científica Venezolana* 55(1): 86.

García, Y. V.; Zamudio, P. B.; Bello, L. A.; Romero, C. A.; Solorza, J. 2010. Oxidación del almidón nativo de plátano para su uso potencial en la fabricación de materiales de empaque biodegradables: caracterización física, química, térmica y morfológica. *Revista Iberoamericana de Polímeros* 12(3): 125-135.

González, R. A.; Mora, R.; Hernández, H.; Sánchez, R. M. and Bello, L. A. 2004. The influence of time and storage temperature on resistant starch formation from autoclaved debranched banana starch. *Food Research International* 40: 304-310.

Gutiérrez, L. de la Torre. 2008. Extracción de almidón de plátano cuadrado (*Musa balbisiana* Colla). *Semana de Divulgación y Video Científico* 2008.

- Han, J. A.; BeMiller J. N. 2007. Preparation and physical characteristics of slowly digesting modified food starches. *Carbohydrate Polymers* 67: 366–374.
- Huang, J.; Schols, H. A.; Klaver, R.; Jin, Z.; Sulmann, E.; y Voragen, A. G. J. 2007a. Characterization of differently sized granulo fractions of yellow pea, cowpea and chickpea starches after modification with acetic anhydride and vinyl acetate. *Carbohydrate Polymers* 67: 11-20.
- Informador. 2011. Almidón de plátano macho verde contribuye a disminuir la obesidad. Disponible en: <http://www.informador.com.mx/tecnologia/2011/346649/almidon-de-platano-macho-verde-contribuye-a-disminuir-la-obesidad.htm>
- Jane, J. L.; Kasemsuwan, T.; Leas, S.; Zobel, H.; and Robyt, J. F. 1994. Antology of starch granule morphology by scanning electron microscopy. *Starch/Starke*. 46: 121-129.
- Jane, J.; Chen, Y.; Lee L. F.; Mc-Pherson A. E.; Wong K. S.; Radosavljevic M.; and Kasemsuwan T. 1999. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. *Cereal Chemistry* 76: 629-637.
- Kayisu, K.; Hood, L. F.; and Vansoest, P. J. 1981. Characterization of starch and fiber of banana fruit. *Journal of food science* 46: 1885-1890.
- Kinghorn, A. D.; Soejarto, D. D. 1991 *Stevioside In Alternative Sweeteners* (2<sup>nd</sup> edn. Revised and Expanded). L. O'Brien Nabors and R. C Gelardt (Eds). Marcel Dekker. Inc. New York. pp. 157-171.
- Ling, L. H.; Osman, E. M.; Fernandez, J. B.; and Reilly, P. J. 1982. Physical properties of starch from Cavendish banana fruit. *Starch/Starke* 34: 184-188.
- Lii, C. Y.; Chang, S. M.; Young, Y. L. 1982. Investigation of the physical and chemical properties of banana starches. *Journal of Food Science* 47: 1493-1497.
- Ludwing, D. D. 2002. The glycemic index physiocal mechanism relating to obesity, diabetes and cardiovascular disease. *Journal of the American medical Association* 287: 2414–2423.
- Méndez, G.; Sánchez, M. M.; Paredes, O.; Bello, L. A. 2006. Thermal and rheological properties of nixtamalized maize starch. *International Journal of Biological Macromolecules* 40: 59-63
- Millán, C. E.; Méndez, M. G.; Ottenhof, M. A.; Farhat, I. A.; Bello, L. A.; 2005. Determination of the molecular and structural characteristics of okenia, mango and banana starches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 495-501.
- Paredes, L. O.; Schevenin, M. L.; Hernández, L. D.; and Cárabez, T. A. 1989. Amaranth starch isolation and partial characterization *Starch/Starke* 41: 205-207.
- Pasto, Y. 2011 Estudio del efecto de la sustitucion de la sacarosa por stevia (Edulcorante Natural) en la elaboración de dulce de leche. Universidad Técnica de Ambato.
- Patel, M.; Baer, R.; Acharya, M. 2006. Increasing the protein content of ice cream. *American Dairy Science Association* 89(5): 1400–1406.
- Shankar, P.; Ahuja, S.; Sriram, K. 2013 Non-nutritive sweeteners: review and update. *Nutrition*. *Nutrition* 29: 1293.
- Soto, R. 2006. Módulo IV: Hidrocolides como aditivos alimentarios. 6to diplomado en aditivos alimentarios. Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sourdet, S.; P. Relkin; 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.
- Watts, B. M.; Ylimaki, G. L.; Jeffery, L. E.; Elías, L. G. 1995. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Ottawa: Centro internacional de investigación para el desarrollo.
- Waliszewski, K. N.; Aparicio, M. A.; Bello, L. A. y Montroy, J. A. 2003. Changes of Bananastarch by chemical and physical modification. *Carbohydrate polymers* 52: 237-242.
- Walstra, P.; Wuters, J.; Geurts, T. 2006. Dairy science and technology. Secod Edition. Taylor & Francis.
- Wolever, T. M. S.; Mehling, C. 2002. High-carbohydrate-low-glycemic index dietary advice improves glucose disposition index in subjects with impaired glucose tolerance. *British Journal of Nutrition* 87: 477-487.
- Zhang, P.; Whistler, L. R.; BeMiller, N. J; and Hamajer, R. B. 2005. Banana starch: production, phsicochemical properties, and digestibility a Rewiew. *Carbohydrate Polymers* 59: 443-458.