



Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 1 (1): 081-094. Enero-Junio, 2010
http://www.rvcta.org
ISSN: 2218-4384 (versión en línea)
© Asociación RVCTA, 2010. RIF: J-29910863-4. Depósito Legal: ppi201002CA3536.

Artículo

Utilización del método de superficie de respuesta para formular una base de banano (*Musa AAA*) para batidos

Use of response surface method to formulate a milk shake banana (*Musa AAA*) base

Marta **Gamboa White**¹, Floribeth **Viquez Rodríguez**², Elba **Cubero Castillo**^{3*}

¹Department of Food Science and Human Nutrition, C228 Poole Agricultural Center,
Clemson University, Clemson, South Carolina, 29634, U.S.A.

²Centro Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica,
San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

³Escuela de Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca,
San José, Costa Rica.

*Autora para correspondencia: elba.cubero@ucr.ac.cr

Aceptado 16-Julio-2010

Resumen

El Método de Superficie de Respuesta se utiliza para optimizar o reformular productos. Se usa principalmente para economizar dinero y reducir el tiempo de pruebas, al disminuir el número de ensayos. Se presenta la aplicación del Método de Superficie de Respuesta para desarrollar una base a partir de bananos (*Musa AAA* var. Cavendish cv. Gran Enano) de rechazo de exportación a manera de caso para estudiar su uso. Por medio de una encuesta se identificó que el dulzor, espumabilidad y sabor fueron los atributos que los consumidores consideraron más importantes en un batido. Con base en estos atributos y con los ingredientes: pulpa de banano, goma guar y azúcar, se elaboraron y seleccionaron varias mezclas base, que fueron degustadas, en forma de batidos en leche, por un grupo de 90 consumidores. Por medio del diseño de superficie de respuesta se determinó que el batido con la mayor aceptación estuvo constituido por un 77,0 % de leche y un 23,0 % de mezcla base, compuesta esta última por 0,12 % de goma guar, 80,50 % de pulpa de banano y un 19,50 % de azúcar. Un Análisis

de Componentes Principales permitió determinar que el contenido de sacarosa, que define el grado de dulzor, fue el atributo más importante para la aceptación del batido y se demostró que la combinación del Método de Superficie de Respuesta con el Análisis de Componentes Principales constituyó una herramienta útil en la formulación y optimización de productos, sobre todo para entender la interrelación de las variables.

Palabras claves: ACP, batido de banana, MSR, *Musa* AAA var. Cavendish cv. Gran Enano, optimización y alimentos convenientes.

Abstract

Response Surface Methodology is used to optimize or reformulate products. Mainly it is used to reduce time and money invested to generate new products by reducing sample numbers. It is shown how to use the Response Surface Methodology by formulating a banana (*Musa* AAA var. Cavendish cv. Grand Nain) base to prepare milk shakes. A survey allowed the identification of the most important consumer milkshake attributes (sweetness, frothiness and flavor), and the ingredients (banana pulp, guar gum and sugar). Several base mixtures were developed and evaluated in milkshakes by a group of 90 consumers. By using Response Surface Methodology the mixture with the greatest acceptance was selected. This optimum mixture was prepared with 80.50 % banana pulp, 19.50 % sugar and 0.12 % guar gum. A 23.0 % banana base with 77.0 % milk was the optimum combination for a milk shake. A Principal Component Analysis showed that sugar content was the determinant variable for milkshake acceptance. It was demonstrated that the Response Surface Methodology in conjunction with Principal Component Analysis constituted useful tools in the formulation and optimization of food products.

Key words: banana milkshake, convenience food, *Musa* AAA var. Cavendish cv. Grand Nain, optimization, PCA, RSM.

INTRODUCCIÓN

El Método de Superficie de Respuesta (MSR) se ha utilizado para crear prototipos de productos donde se pueden modelar los efectos de los niveles de los ingredientes y/o las condiciones de procesamiento (Rossi, 2001; Villar-Marcano *et al.*, 2007; Acosta *et al.*, 2008; Gutiérrez-Dorado *et al.*, 2008; Reyes-M. *et al.* 2008; Ordaz-Trinidad *et al.*, 2010; Salamanca-G. *et al.*, 2010). El MSR se utiliza principalmente para economizar dinero y reducir el tiempo de pruebas al disminuir el número de ensayos que se llevan a cabo (Henika, 1982; Villar-Marcano *et al.*, 2007). Una clase de diseño de tres niveles para estimar superficies de respuesta de segundo orden fue

propuesto por Box y Behnken (1960), el cual es rotatable con una reducción importante del número de unidades experimentales en comparación con diseños de 3^n . Este diseño es esférico en vez de cuboidal ya que los puntos del diseño caen en los bordes del cubo en vez de las esquinas (Kuehl, 2000). El Cuadro 1 presenta el diseño de Box y Behnken para 3 factores codificado, el cual se puede usar como guía para definir el diseño propio.

El MSR y el Análisis de Componentes Principales (ACP) se han utilizado en conjunto con el objetivo de identificar los niveles de ingredientes y/o las condiciones de procesamiento que mejor concuerdan con el perfil sensorial de un producto meta (Rossi, 2001). El ACP es una técnica de reducción o

Cuadro 1.- Diseño Box y Behnken (Kuehl, 2000) para tres factores donde se presentan las coordenadas que se deben modelar.

Factor	A	B	C
Nivel codificado	X_1	X_2	X_3
	-1	-1	0
Factorial 2^2 para A y B	+1	-1	0
	-1	+1	0
	+1	+1	0
	-1	0	-1
Factorial 2^2 para A y C	+1	0	-1
	-1	0	+1
	+1	0	+1
	0	-1	-1
Factorial 2^2 para B y C	0	+1	-1
	0	-1	+1
	0	+1	+1
	0	0	0
Diseño del punto central	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0

simplificación para transformar las variables originales en una combinación lineal de pocas variables que explican la mayor cantidad de la varianza total (Stone y Bleibaum, 2009). El Análisis de Componentes Principales es una de las técnicas de análisis de datos multivariados comúnmente usada en el análisis de datos de panel sensorial entrenados. Sin embargo, en la literatura no se ha encontrado la aplicación de este análisis utilizando datos de aceptación por parte de los consumidores en conjunto con el MSR, lo cual constituye el aporte en el presente estudio.

El desarrollo de nuevos productos se puede definir desde diversas perspectivas: la del consumidor, la gerencia de la compañía, la del tecnólogo de alimentos y otros, cada una contribuye en algo al mismo tiempo, cada una aporta su sesgo propio. Muchos productos nuevos realmente no son “nuevos” ya que tienen un análogo o similar en el mercado, o

pueden ser copia de la competencia o de algún producto importado. La definición de un nuevo producto es, un producto que no ha sido manufacturado por la compañía antes y no ha sido introducido en su mercado, también es la nueva presentación de un producto establecido en una nueva forma o a un nuevo mercado no explorado previamente por esta compañía. Nuevos ingredientes pueden dar las bases para productos innovadores. También el valor agregado es una característica de muchos productos nuevos. La novedad puede ser una mejora en estabilidad, mejor funcionalidad, mejor color o textura, mejor servicio o conveniencia. Dentro de esta última, una disminución en el tiempo de preparación o un menor desperdicio al usarse representan valor añadido (Fuller, 2004).

El uso de excedentes de producción suele ser un impulso a generar nuevos productos. Este es el caso de la producción de banano (Musáceas). Las exportaciones de banano alcanzan un promedio de 107 millones de cajas anuales, sin embargo, entre un 15,0 y un 20,0 % de la producción bananera nacional es fruta que no califica para la exportación (Corbana, 2009) y se ha utilizado en alimentos procesados.

La tendencia actual en el desarrollo de productos está orientada a responder a las nuevas exigencias de los consumidores, cada vez más conscientes de adquirir alimentos nutritivos, con características sensoriales lo más similares a las materias primas que le dan origen (Sloan, 1998), de fácil preparación, que le haga más sencillas las labores de preparación de otros alimentos (Katz, 1999; Sloan, 1999).

En respuesta a esta tendencia y para ofrecer una alternativa de aprovechamiento del banano de rechazo, el siguiente estudio tuvo como propósito la formulación de una mezcla base para elaborar batidos en leche utilizando una combinación de métodos estadísticos para su desarrollo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima base e ingredientes

Los bananos (*Musa* AAA var. Cavendish cv. Gran Enano), con grado de madurez 1 (Chacón *et al.*, 1987), fueron suministrados por la Compañía Novartis. Se sometieron a un proceso de maduración artificial utilizando una solución comercial reguladora de crecimiento (Ethrel® 48 SL, Bayer CropScience) a una concentración de 1500 ppm del ingrediente activo ácido 2-cloroetil-fosfónico (C₂H₆ClO₃P). Los bananos permanecieron inmersos por 6 min en la solución y luego fueron colocados en recipientes forrados con papel periódico por varios días hasta alcanzar el grado de madurez 7. La escala de madurez desarrollada por Chacón *et al.* (1987) es una escala visual, basada en el color de la cáscara del banano. Los bananos debían estar en buen estado, sin roturas, golpes, ni daño microbiológico. Se utilizó: azúcar comercial refinada (sacarosa), ácido cítrico (pureza 99,5 %; marca Sigma), ácido ascórbico (99,5 % pureza; marca B.D.H.) y goma guar para la base a partir de banano y leche descremada para hacer el batido.

Procedimiento de obtención de la pulpa de banano y de la mezcla base

El procedimiento se dividió en dos etapas. Una para buscar las condiciones para procesar el puré de banano de manera que no se oscureciera debido al pardeamiento enzimático. La otra se llevó a cabo para definir la combinación de ingredientes para lograr una base para preparar batidos de banano. Ambas etapas se describen a continuación.

Preparación y evaluación de la pulpa de banano

Los bananos una vez maduros se lavaron, escaldaron con vapor vivo a 90 °C, pe-

laron manualmente y se despulparon en un molino de martillos (Fitzpatrick®, Homoloid Machine) usando una malla de 0,838 mm de apertura.

Para obtener una pulpa sin cambios evidentes de color, debido al pardeamiento enzimático, se evaluaron dos variables en el proceso para la pulpa de banano: el tiempo de escaldado con vapor y la adición de ácido en 4 niveles (Almeida y Nogueira, 1995). La combinación de estos tratamientos se hizo empleando un diseño factorial 2x4 (Cuadro 2). El parámetro respuesta para la selección del tratamiento fue la medición del color instrumental en coordenadas CIE-L*a*b* (Hunter Lab, modelo D25/DP-9000®). Se realizaron cinco repeticiones del experimento por triplicado (para una diferencia mínima detectada de 0,92; una desviación estándar de 0,2476; un $\alpha = 10,0 \%$ y $\beta = 10,0 \%$). Se calcularon las coordenadas polares tono o matiz (h°) y croma o pureza (C*) a partir de las coordenadas rectangulares a* y b*, mediante las Ecs. 1 y 2.

$$\text{Ecuación (1)} \quad \text{Tono (h}^\circ\text{)} = \arctan(b^* / a^*)$$

$$\text{Ecuación (2)} \quad \text{Croma (C}^*\text{)} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

Diseño experimental para elaborar la mezcla base para batidos

Lo primero que se hace cuando se aplica un MSR es buscar el ámbito de los niveles y los factores con los que se hará el estudio. Se debe utilizar un diseño de tratamientos factorial de 2ⁿ para identificar los factores que influyen en el proceso. Sin embargo, el producto del presente estudio es bastante simple y a través de una encuesta se identificaron los atributos sensoriales que los consumidores consideran importantes en un batido y, con base a estas características, empleando los métodos clásicos para desarrollo de productos (prueba y error), se elaboraron y seleccionaron varias mezclas base

Cuadro 2.- Tratamientos para evitar el oscurecimiento enzimático de la pulpa de banano.

Ácido adicionado	Tiempo de escaldado (minutos)	
Sin aditivos	10	15
Ácido cítrico (1,0 %)	10	15
Ácido ascórbico (1,0 %)	10	15
Ácido cítrico (0,5 %) + ácido ascórbico (0,5 %)	10	15

utilizando diferentes ingredientes (goma, pulpa de banano, agua y azúcar) y varias concentraciones de los mismos en un batido.

Las bebidas elaboradas fueron degustadas por un grupo de 10 consumidores, quienes evaluaron el grado de aceptación de éstas. Finalmente, con base en los resultados obtenidos, se seleccionaron los 3 ingredientes (factores) y sus niveles de concentración: 80,0 %, 85,0 % y 90,0 % de pulpa de banano y 0,05 %, 0,13 % y 0,20 % de goma guar (ambos ingredientes basados en la mezcla base como el 100 %, el resto correspondió a azúcar) y 14,0 %, 19,0 % y 24,0 % de la mezcla base anterior (el resto para alcanzar el 100,0 % en el batido correspondió a la leche sin grasa).

Los bananos se muestrearon en los almacenes de la Compañía Novartis. Se seleccionaron aleatoriamente 7 cajas de bananos grado de madurez 1, cada una con aproximadamente 4 kg de peso.

Para establecer las posibles combinaciones de los factores (goma, pulpa de banano y cantidad de mezcla base en el batido) y sus niveles (concentraciones) se utilizó el diseño experimental factorial fraccionado de tres variables de Box y Behnken con tres repeticiones del punto central que garantiza rotabilidad (Montgomery, 2002), aplicado por Henika (1982) y Henika (1972) en optimización de productos. Se obtuvieron así los 15 puntos experimentales, de los cuales 13 corresponden a las combinaciones de las variables y 2 a las repeticiones del punto central, que se detallan en el Cuadro 3.

Prueba de aceptación con consumidores

Las formulaciones de los batidos del Cuadro 3 se evaluaron por medio de un estudio con 90 consumidores costarricenses utilizando un diseño intrasujetos ('within-subjects design') (O'Mahony, 1985; Moskowitz, 1995), con edades comprendidas entre los 13 y 60 años, quienes fueron previamente seleccionados con base en la frecuencia de consumo de banano y batidos. Los consumidores se separaron en tres grupos con base en su edad. Un grupo correspondió a los jóvenes, quienes tenían menos de 18 años, un segundo grupo a personas entre 18 y 45 años y un tercer grupo con personas mayores a 45 años. Se utilizó como parámetro de respuesta el agrado general de los batidos usando una escala lineal estructurada de 10 cm de longitud, con dos rótulos (a la izquierda 'me disgusta muchísimo' y a la derecha 'me gusta muchísimo'). El orden de presentación de las muestras fue al azar y balanceado, en tres bloques de 5 muestras cada uno y entre cada bloque hubo un período de descanso de 5 minutos para evitar fatiga de los consumidores.

El porcentaje de azúcar no fue modificado sistemáticamente en el diseño de superficie de respuesta, ya que se quiso mantener un porcentaje bajo de azúcar, con la intención de que el consumidor, le adicionara más azúcar al gusto al momento de preparar el batido, al ser el producto desarrollado una mezcla base.

Cuadro 3.- Combinaciones de los porcentajes de las variables seleccionadas, según el diseño experimental factorial fraccionado.

Combinaciones	Ingredientes (%)		
	% Respecto a la mezcla base *	% Respecto al batido**	
	Goma guar	Pulpa de banano	Mezcla base de banano
1	0,20	90	19
2	0,20	80	19
3	0,05	90	19
4	0,05	80	19
5	0,05	85	14
6	0,20	85	14
7	0,05	85	24
8	0,20	85	24
9	0,13	80	14
10	0,13	90	14
11	0,13	80	24
12	0,13	90	24
13	0,13	85	19
14	0,13	85	19
15	0,13	85	19

* La base está constituida por: azúcar, goma y pulpa de banano.

** El batido está formado por mezcla base y leche.

La mezcla base estaba constituida por banano, sacarosa y goma guar. La diferencia entre el 100% y la suma de las columnas de banano y goma guar del Cuadro 3, representó el % de sacarosa. De ahí que el contenido de azúcar varió entre un 9,80 y un 19,95 % en la mezcla base.

Los análisis de varianza de los distintos resultados, análisis y mapas de contorno de superficie de respuesta, análisis canónico y de componentes principales, se llevaron a cabo utilizando el paquete Statistical Analysis System, versión 6.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) (Dziedzak, 1990).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Establecimiento de las condiciones para evitar el oscurecimiento enzimático

El banano sufre un oscurecimiento enzimático rápido en presencia de oxígeno durante el procesamiento como resultado de ruptura de las células durante el pelado, troceado o macerado. Existen varios estudios sobre la inhibición de la polifenoloxidasas (PPO) en bananos; sin embargo, hay diferentes isoenzimas de la PPO en diferentes cultivares de banano que difieren en la velocidad de pardeamiento y en la respuesta a diferentes tratamientos de inhibición (Jayaraman y Ramanuja, 1987). También se debe de tomar en cuenta que la inactivación de la enzima por medio de calor en combinación con algún ácido depende del vegetal o fruta (Almeida y Nogueira, 1995), de allí que fuera importante determinar el tratamiento específico para el cultivar de banano utilizado en este estudio (*Musa* AAA var. Cavendish cv. Gran Enano).

La Fig.1 muestra los diferentes tratamientos con respecto a las coordenadas luminosidad (L^*), croma (C^*) y tono (h°) del color medido instrumentalmente. Los ángulos de tono (h°_{ab}) variaron dependiendo de la efectividad de los tratamientos para evitar el oscurecimiento o pardeamiento enzimático. El tono indica que el color percibido se asemeja a una sensación visual de colores rojo, verde, azul y amarillo o combinaciones de dos de ellos. Los valores de los ángulos (de todos los tratamientos) en el eje x de la Fig. 1 (de 73 a 91°) en el espacio cromático cilíndrico $L^*C^*h^\circ$ pertenecen a los tonos de colores amarillos. De los 8 tratamientos, 5 presentaron cromas (C^*_{ab}) mayores a 21 (tratamientos 4, 5, 6, 7, y 8), los cuales fueron efectivos en la inhibición de la PPO, por presentar mayor pureza o colores más vivos. Cuando el color tiende a ser más oscuro se produce una disminución de los valores de la coordenada L^* (Apintanapong *et al.*, 2007). A mayor valor de luminosidad (L^*) menor el oscurecimiento; por lo tanto, los tratamientos 4, 6 y 8 fueron los que permitieron obtener mezclas de banano más claras.

Por medio de los resultados de la medición de color de las pulpas tratadas (Fig. 1) se comprobó que el escaldado con vapor durante 15 min en combinación con 1,0 % de ácido ascórbico (tratamiento 6) o en combinación con una mezcla de ácidos (ácido cítrico y ácido ascórbico) (tratamiento 8) fueron los procedimientos más efectivos en la prevención del oscurecimiento. Esto coincide con lo señalado por Apintanapong *et al.* (2007), quienes utilizando distintos agentes contra el oscurecimiento enzimático en pulpa de bananas, determinaron que no hubo diferencias significativas en el uso de ácidos cítrico y/o ascórbico en concentraciones de 1,0 %; y concuerda con los resultados expresados por Galeazzi y Sgarbieri (1981), quienes lograron la inactivación de la PPO de banano (*Musa cavendishii* L.) al aplicar un escaldado a 95°C por 5 min. Por otro lado, Almeida y Nogueira (1995) encontraron que la inhibición de la PPO

de banano escaldado por 2 min a 70°C y tratado con 0,2 % de ácido cítrico y 0,1 % de ácido ascórbico fue de un 81,0 %. Con esta pulpa tratada se preparó la mezcla base para batidos en leche.

Identificación de los ingredientes y sus posibles niveles de concentración

A partir de la encuesta se encontró que los atributos sensoriales que los consumidores consideraron importantes en un batido fueron dulzor, espumabilidad, sabor y viscosidad.

Con base en estos resultados, se seleccionaron los siguientes niveles de los factores para el diseño del MSR para elaborar la mezcla base: pulpa de banano 80, 85 y 90 %, goma 0,05, 0,13 y 0,20 %, ambos referidos a la mezcla base y de mezcla base en el batido 14, 19 y 24 %. Estos valores se sustituyeron en el Cuadro 1 para lograr el diseño de Box y Behnken que aparece en el Cuadro 3.

Valores óptimos de cada ingrediente (factor) obtenidos por el MSR para obtener una mezcla base de banano.

Por medio de un análisis de varianza (ANDEVA) se determinó que no existían diferencias significativas ($p > 0,05$) en el agrado de los batidos entre los diferentes grupos de edad, por lo que los consumidores costarricenses evaluados tuvieron preferencias muy homogéneas, sin importar la edad.

Del análisis de superficie respuesta se obtuvo que la interacción entre variables no fue significativa ($p > 0,05$); es decir, que la aceptación debida al porcentaje de goma no se vio afectada por el nivel de banano (o mezcla base) y viceversa, de manera que no dependían uno del otro.

De lo anterior se obtuvo que la aceptación (Y) se relacionaba linealmente con la concentración de los ingredientes, por medio de la ecuación de regresión (Ec. 3), donde x_1

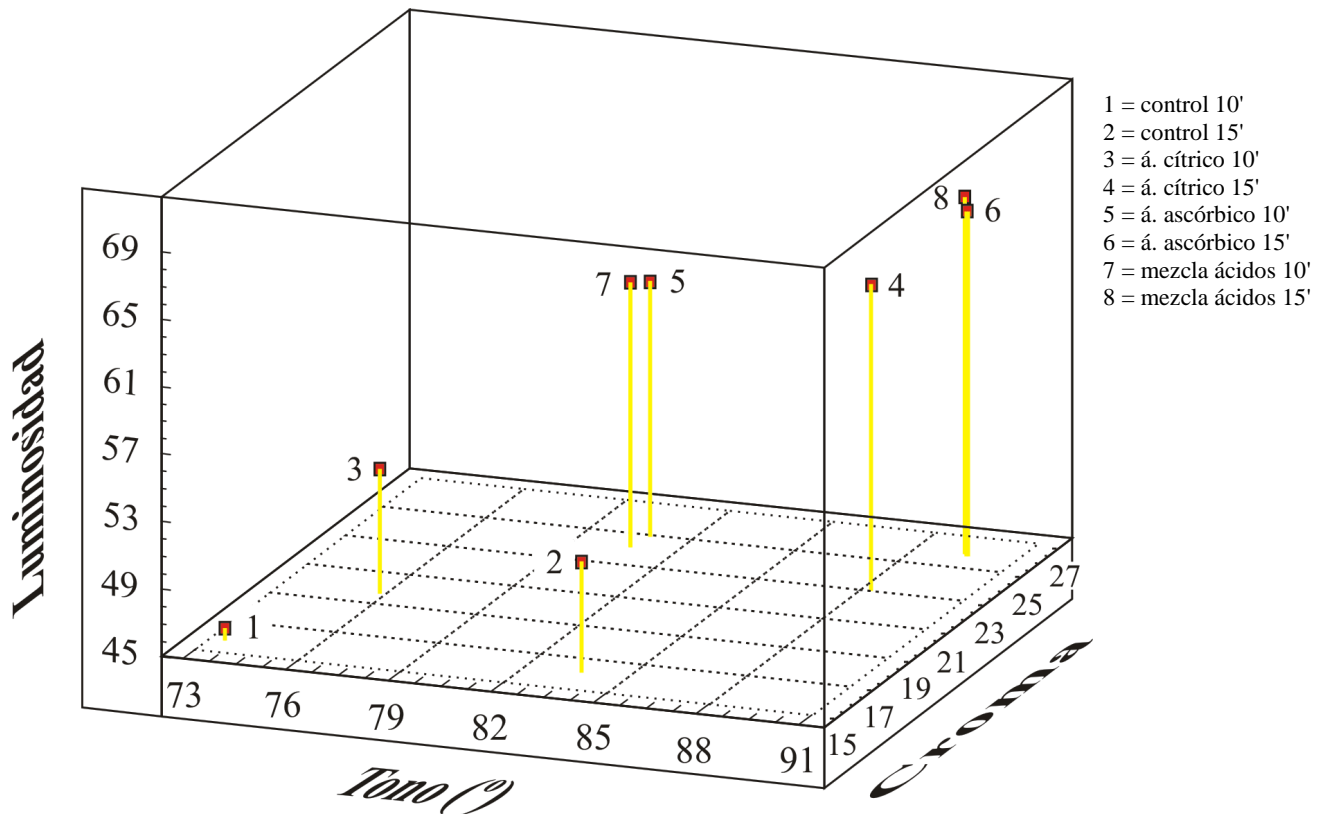


Figura 1.- Luminosidad (L^*), croma (C^*_{ab}) y tono (h°_{ab}) de los diferentes tratamientos químicos que se ensayaron para evitar el oscurecimiento enzimático de la pulpa de banano para tiempos de escaldado de 10 y 15 minutos.

Ecuación (3):

$$Y = 61,61 - 80,87 x_1 - 1,28 x_2 + 0,96 x_3$$

representó el contenido de goma guar, x_2 el contenido de pulpa de banano y x_3 de mezcla base.

El 94,0 % ($R^2 = 0,94$) de la varianza de la aceptación se explicó por medio de este modelo de regresión, el cual fue satisfactorio, ya que según Henika (1982) valores de R^2 superiores a 0,85 son apropiados para explicar la variabilidad de los datos.

Del ANDEVA de la superficie de respuesta se obtuvo que los factores pulpa de

banano y mezcla base fueron significativos ($p < 0,05$), no así la goma. Es decir, que para los panelistas, el contenido de pulpa de banano en la mezcla base y la cantidad de ésta en el batido fue importante para el agrado de las bebidas, mientras que la goma produjo diferentes viscosidades que no influyeron tanto en la aceptación. La viscosidad no se midió instrumentalmente; sin embargo, las concentraciones de goma produjeron cambios pequeños pero evidentes de viscosidad en la bebida por lo que se pudo deducir que cualquier nivel de goma resultó agradable para los consumidores.

Del análisis canónico se obtuvo que el valor predecible en el punto estacionario corres-

pondió a 4,33. Por medio de este valor se encontró que los valores propios ('eigenvalues' en inglés) de cada variable fueron una mezcla de valores negativos y positivos típicos de un punto "silla" (Cuadro 4). Los valores propios negativos de las variables en estudio, indicaron crestas o montañas en la superficie estimada asociados con la mezcla base, mientras que valores positivos indicaron valles relacionados con la pulpa de banano y la goma (Montgomery, 2002).

El análisis canónico permitió deducir que la máxima aceptación resultaría de un batido con un contenido de leche de 77,0 % y 23,0 % de mezcla base, constituida esta última por 0,12 % de goma guar, 80,50 % de pulpa de banano y un 19,50 % de azúcar (Figs. 2 y 3).

Cuadro 4.- Valores propios de las variables obtenidas por medio del análisis canónico.

Variables	Valores propios
Goma	0,382
Pulpa	0,057
Mezcla base	-0,439

Interacción entre ingredientes

El grado de aceptación de las formulaciones fue mayor (7,6) a mayor contenido de mezcla base (24,0 %) y a menor porcentaje de banano en la mezcla base (Fig. 2). Al encontrarse esta contradicción, se dedujo que la mayor cantidad de mezcla base en el batido fue preferida, no por el sabor a banano, sino por una mayor cantidad de otro de los ingredientes de la mezcla base (goma o azúcar).

Al examinarse la figura que relacionó el % de base con el % de goma (Fig. 3) se encontró que las variaciones en la aceptación se debieron primordialmente a la cantidad de mezcla base y no al contenido de goma ya que, a lo largo del eje correspondiente al porcentaje de goma, no se dieron cambios pronunciados de

aceptación para valores fijos de porcentaje de mezcla base (las líneas que representan la aceptación están casi paralelas al eje y).

Lo que quiere decir que la cantidad de goma no tuvo un efecto determinante en la aceptación (ya se explicó con el ANDEVA), por lo que se usó el porcentaje donde se encontró el mayor efecto sobre la aceptación.

El porcentaje de banano no definió claramente las preferencias. El hecho de que a los consumidores les agradó más los batidos con el mayor porcentaje de mezcla base, no fue por un mayor porcentaje de banano sino que hubo otro ingrediente que afectó la aceptación, el cual no se tomó en cuenta en el diseño de superficie de respuesta y que se pudo encontrar haciendo un Análisis de Componentes Principales.

Análisis de Componentes Principales (ACP)

En el ACP se incluyeron las tres variables estudiadas en el MSR y el porcentaje de azúcar, no incluido en el MSR. Se eliminó el porcentaje de mezcla base, que dependía de las otras variables estudiadas, ya que es requisito que las variables incluidas en el ACP sean ortogonales; es decir, independientes.

El componente principal 1 (CP1, eje *x*) y el componente principal 2 (CP2, eje *y*) explicaron un 85,5 % de la variabilidad de los datos (Fig. 4) lo cual fue satisfactorio, ya que según Lawless y Heymann (1999), valores entre un 70,0 y 85,0 % son adecuados para explicar la varianza de los resultados. El CP1 se explicó por medio del contenido de azúcar, del agrado y del porcentaje de pulpa de banano, ya que estaban alineados al eje *x* (el ángulo entre el eje *x* y cada vector fue pequeño), mientras que el contenido de goma se asoció al CP2 (el vector correspondiente a la goma se encontró alineado a lo largo del eje *y*).

Como se observa en la Fig. 4, la variable pulpa de banano se encontraba alineada en una dirección contraria al agrado y al azúcar, lo que

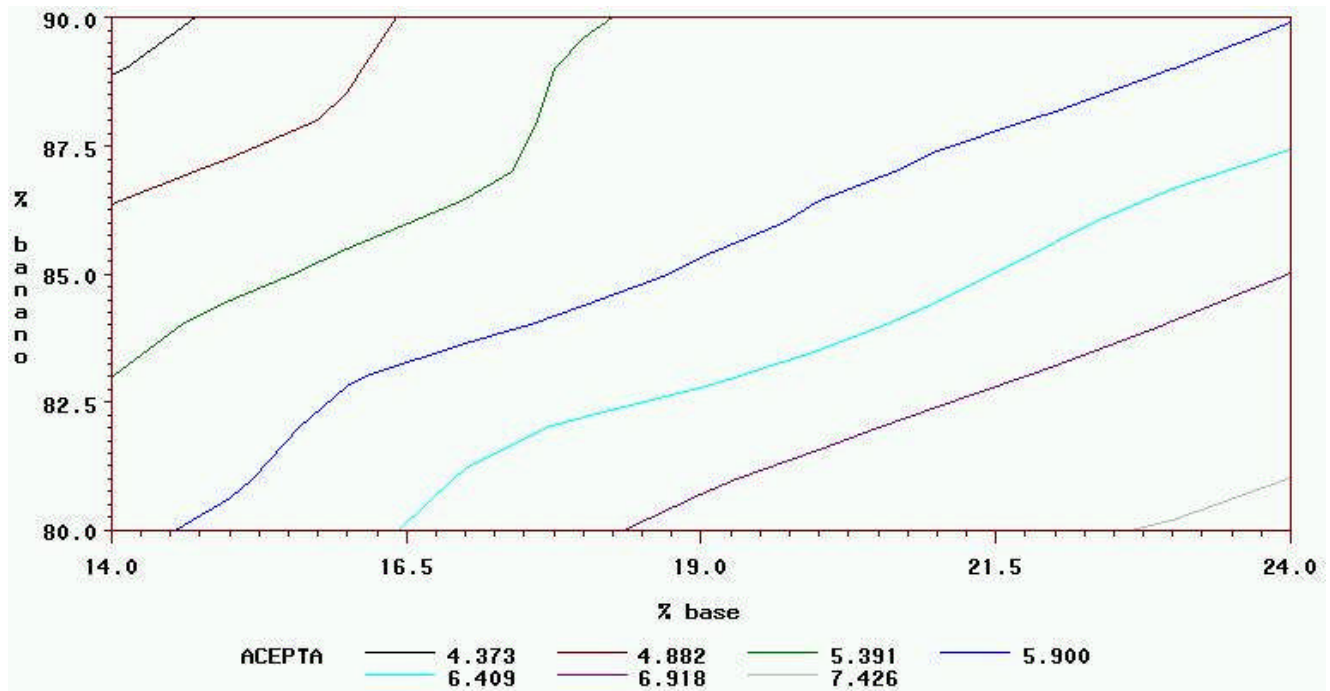


Figura 2.- Mapa de contornos (MSR) que muestra la influencia del porcentaje de la mezcla base y del banano en la aceptación de los batidos. Las líneas representan los valores del parámetro respuesta utilizado, aceptación, cuyos valores se encuentran en la base de la figura.

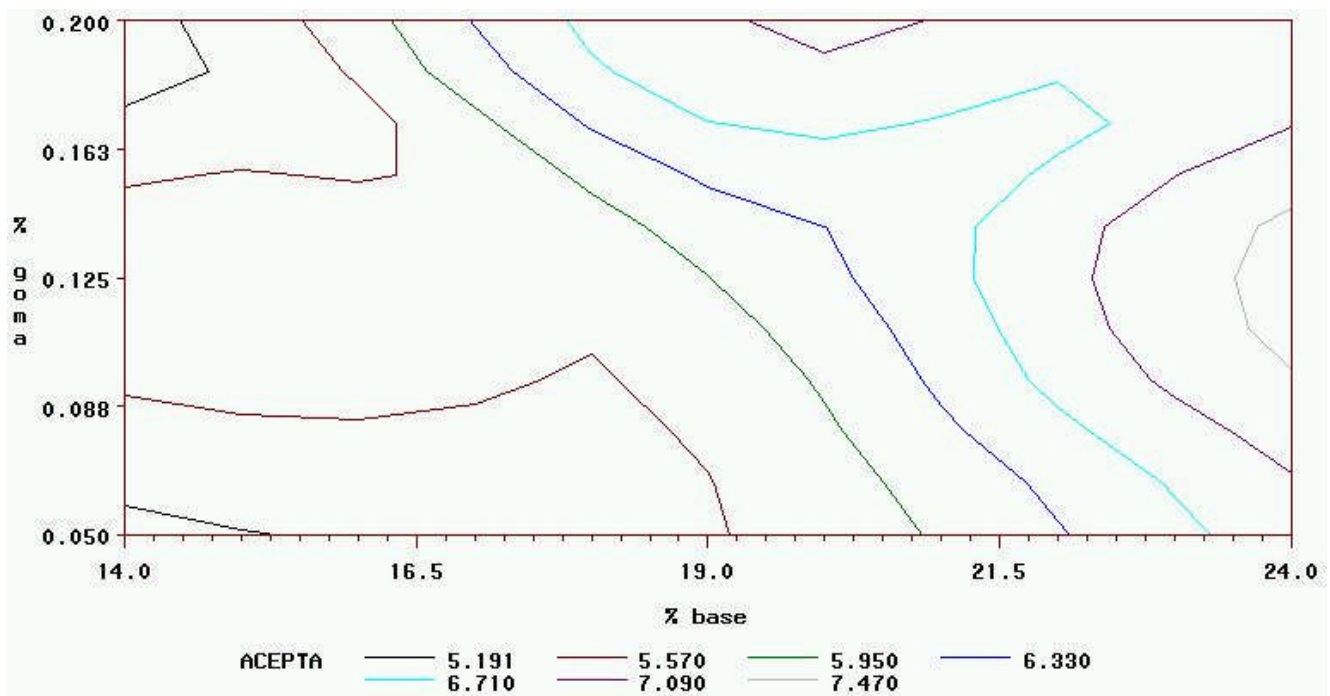


Figura 3.- Mapa de contornos (MSR) que muestra la influencia del porcentaje de la mezcla base y de la goma en la aceptación de los batidos. Las líneas representan los valores del parámetro respuesta utilizado, aceptación, cuyos valores se encuentran en la base de la figura.

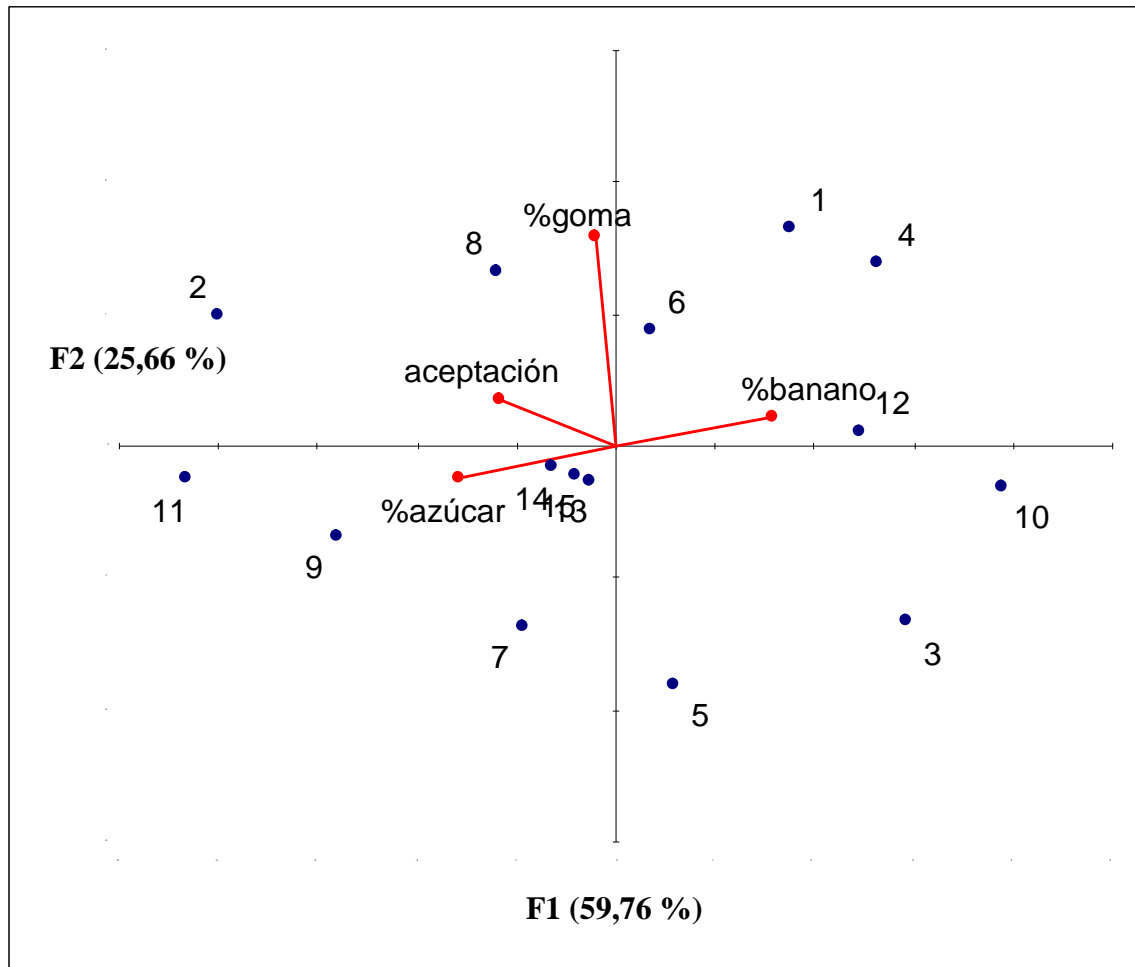


Figura 4.- Mapa del Análisis de Componentes Principales para el componente 1 (F1) y el componente 2 (F2) para cuatro variables (aceptación, % azúcar, % puré y % goma guar) y 15 productos.

lo que indicó que la aceptación de las bebidas aumentaba al incrementarse el contenido de azúcar, mientras que disminuía con un aumento en la cantidad de pulpa de banana.

Las formulaciones 2 y 11 fueron las que se ubicaron más próximas al contenido de azúcar y al agrado, lo cual concordó con los resultados del ANDEVA, ya que estos batidos fueron los de mayor aceptación. Contrario a lo anterior, la formulación 10 (la que contenía menor porcentaje de azúcar) fue la que se encontró más alejada de estas variables y fue la que menor aceptación obtuvo.

Los resultados obtenidos concuerdan con estudios realizados por otros autores (Board y Woods, 1983; McBride y Johnson, 1987; Rossiter *et al.*, 2000), los cuales determinaron que la aceptación de jugos y bebidas a base de frutas está relacionada con el contenido de azúcar, que a su vez se asocia a un mayor grado de madurez de las frutas. Board y Woods (1983) señalan que el grado de dulzor marca una gran influencia en la intensidad de la percepción del sabor, a más cantidad de azúcar, las personas captan un sabor más intenso. Los valores obtenidos a través del MSR estuvieron

influenciados por el porcentaje de azúcar. Al no modificarse sistemáticamente el azúcar, la ecuación donde se encontró la mejor combinación de variables, no correspondió a un punto máximo (área cóncava) en la superficie respuesta, sino a una “silla”. La mezcla base estuvo constituida solamente por 2 ingredientes principales, azúcar y pulpa de banano, de manera que al incrementarse el porcentaje de pulpa de banano indirectamente se disminuyó el porcentaje de azúcar. Al no ser independientes, aunque el porcentaje de azúcar no fue una variable que se modificó sistemáticamente, su efecto se detectó por método indirecto, como fue el ACP.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los mejores tratamientos de escaldado (90 °C) para evitar el oscurecimiento enzimático fueron los que se aplicaron durante 15 minutos en combinación con 1,0 % de ácido ascórbico o en combinación con una mezcla de ácidos cítrico y ascórbico (mayores valores de coordenadas L* y C*).
- El agrado por los batidos entre diferentes grupos de edad no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$).
- El batido con la mayor aceptación estuvo constituido por un 77,0 % de leche y un 23,0 % de mezcla base, compuesta esta última por 0,12 % de goma guar, 80,50 % de pulpa de banano y un 19,50 % de azúcar, según el MSR.
- Según el ACP, una de las formulaciones que presentó mayor agrado estuvo constituida por un 80,0 % de banano, azúcar 19,8 %; y en el batido 19,0 % de mezcla base (formulación 2). Otra formulación con alta aceptación fue la que contenía 85,0 % de banano, azúcar 14,8%, empleando un 24,0 % de mezcla base para el batido (formulación 8). Las menos agradables estuvieron formuladas con 90,0 % de banano y azúcar
- 9,87 %, usando 14,0 % de mezcla base para el batido (formulación 10) y 90,0 % de banano, azúcar 9,95 % y en el batido 19,0 % de mezcla base (formulación 3).
- La ecuación donde se encontró la mejor combinación de variables, no correspondió a un punto máximo (área cóncava) en la superficie respuesta, sino a una “silla”.
- Aunque el porcentaje de azúcar no fue una variable que se modificó sistemáticamente, su efecto se detectó por método indirecto (ACP).
- La combinación del MSR y el ACP ayudó a explicar la relación entre las variables, y podría recomendarse utilizar ACP para seleccionar las variables que posteriormente se usarían en el MSR.
- La mezcla base podría ser utilizada en otros alimentos como bebidas, queques y otros postres, como un alimento de conveniencia (puré de banano en presentación ‘listo para usar’). La cantidad necesaria a añadir a los alimentos tendría que ser determinada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, O.; Viquez, F. and Cubero, E. 2008. Optimisation of low calorie mixed fruit jelly by response surface methodology. *Food Quality and Preference*. 19(1):79-85.
- Almeida, M.E.M. and Nogueira, J.N. 1995. The control of polyphenol oxidase activity in fruits and vegetables. *Plants Foods for Human Nutrition*. 47:245-256.
- Apintanapong, Muanmai; Cheachumluang, Kuluma; Suansawan, Punnarai and Thongprasert, Noppawan. 2007. Effect of antibrowning agents on banana slices and vacuum-fried slices. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 5(3&4):151-157.
- Board, P.W. and Woods, H. 1983. Compositional variations and sensory

- acceptability of apple juice drink. *Journal of Food Technology*. 18:763-769.
- Box, G.E.P. and Behnken D.W. 1960. Some new three levels design for the study of quantitative variables. *Technometrics*. 2(4):455-475.
- Chacón, S.I.; Viquez, F. y Chacón, G. 1987. Escala físico-química de maduración de banana. *Fruits*. 42(2): 95-102.
- Corbana. 2009. Corporación Bananera Nacional. Costa Rica firing on all cylinders. <http://www.corbana.co.cr/documentos/Eurofruit%20Magazine%20Set%202009.pdf>
- Dziezak, J. 1990. Taking the gamble out of product development. *Food Technology*. 44:110-117.
- Fuller, G.W. 2004. *New food product development: from concept to marketplace*. (2nd. ed.). Florida, USA: CRC Press.
- Galeazzi, M.A.M. and Sgarbieri, V.C. 1981. Substrate specificity and inhibitor of poliphenoloxidase (PPO) from a dwarf variety of banana (*Musa cavendishii* L.). *Journal of Food Science*. 46:1404-1406.
- Gutiérrez-Dorado, Roberto; Cárdenas-Valenzuela, Oralia Guadalupe; Alarcón-Valdez, Claudia; Garzón-Tiznado, José Antonio; Milán-Carrillo, Jorge; Armienta-Aldana, Eduardo y Reyes-Moreno, Cuauhtémoc. 2008. Alimento para niños preparado con harinas de maíz de calidad proteínica y garbanzos extruidos. *Interciencia*. 33(12):868-874.
- Henika, R. 1982. Use of response surface methodology in sensory evaluation. *Food Technology*. 36:96-101.
- Henika, R. 1972. Simple and effective system for use with response surface methodology. *Cereal Science Today*. 17:309-312,314,334.
- Jayaraman, K.S. and Ramanuja, M.N. 1987. Studies in multiple forms poliphenoloxidase from some banana cultivars differing in browning rate. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*. 20(1):16-18.
- Katz, F. 1999. How nutritious? How convenient?. *Food Technology*. 53:44-50.
- Kuehl, R. 2000. *Design of experiments: statistical principles of research design and analysis*. (2nd. ed.). Florida, USA: Duxbury.
- Lawless, H. and Heymann, H. 1999. *Sensory evaluation of food. Principles and practices*. Maryland, USA: Aspen Publication Inc.
- McBride, R.L. and Johnson, R.L. 1987. Perception of sugar-acid mixtures in lemon juice drink. *International Journal of Food Science and Technology*. 22: 399-408.
- Montgomery, D. 2002. *Diseño y análisis de experimentos*. (2da.ed.). México D.F., México: Limusa Wiley.
- Moskowitz, H.R.; Cohen, D.; Gofman, A. and Guggisberg, R. 1995. Cross-national segmentation of concepts for coffee. In *Proceedings of the Second Pangborn Sensory Science Symposium*. July 30-August 03. (pp. 12). University of California, Davis, California.
- O'Mahony, M. 1985. *Sensory evaluation of food. Statistical methods and procedures*. Davis, California, USA: Dekker.
- Ordaz-Trinidad, Nancy; Beltrán-Orozco, María del Carmen; Pineda, Teodoro Santiago y Arana-Erasquín, Ramón. 2010. Desarrollo de un pan adicionado con semilla de chía y amaranto destinado a personas celíacas. En *Extensos del XVII Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica-VI Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica-VIII Jornadas Científicas de Biomedicina y Biotecnología Molecular*. 24-26 Marzo. Acapulco, Guerrero, México. <http://biomedbiotec.homelinux.org/congreso2010/Extensos/Alimentos/ALI164NAN20091214.pdf>

- Reyes-M., Genara; Corzo, Otoniel; Bracho, Nelson y Rodríguez, Yusbelis. 2008. Optimización de la deshidratación osmótica con pulsos de vacío de láminas de sardinas. *Revista Científica (FCV-LUZ)*. XVIII(3):320-328.
- Rossi, F. 2001. Blending response surface methodology and principal components analysis to match a target product. *Food Quality and Preference*. 12:457-465.
- Rossiter, K.; Young, H.; Walker, S. and Miller, M. 2000. The effects of sugars and acids on consumer acceptability of kiwifruit. *Journal of Sensory Studies*. 15:241-250.
- Salamanca-G., Guillermo; Osorio-T., Mónica Patricia y Montoya, Leidy Marcela. 2010. Elaboración de una bebida funcional de alto valor biológico a base de borojo (*Borojoa patinoi* Cuatrec.). *Revista Chilena de Nutrición*. 37(1):87-96.
- Sloan, E. 1998. Food industry forecast: Consumer trends to 2020 and beyond. *Food Technology*. 52:37-44.
- Sloan, E. 1999. Top ten trends to watch and work on for the millennium. *Food Technology*. 53:40-59.
- Stone, H. and Bleibaum, R. 2009. Statistical analysis. In *Food science and technology*. (pp. 341-351). Singapore: Wiley-Blackwell.
- Villar-Marcano, Fayira; Millán-Trujillo, Félix Rafael y Di Scipio Cimetta, Sabrina. 2007. Uso de la metodología de superficie de respuesta en el estudio del protocolo de mezcla para obtención de emulsiones concentradas O/W. *Interciencia*. 32(6):404-409.