

**Desarrollo de una bebida de naranja (*Citrus sinensis*) con apio (*Apium graveolens*) y chía (*Salvia hispánica*)**

**Johanna Elizabeth Alvarado Gilces**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2015

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Desarrollo de una bebida de naranja (*Citrus sinensis*) con apio (*Apium graveolens*) y chía (*Salvia hispánica*)**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Johanna Elizabeth Alvarado Gilces**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2015

# **Desarrollo de una bebida de naranja (*Citrus sinensis*) con apio (*Apium graveolens*) y chía (*Salvia hispánica*)**

Presentado por:

Johanna Elizabeth Alvarado Gilces

Aprobado:

---

Sandra Espinoza, M.Sc.  
Asesora Principal

---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Director  
Departamento de Agroindustria  
Alimentaria

---

Juan Antonio Ruano, D.Sc.  
Asesor

---

Raúl H. Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

## **Desarrollo de una bebida de naranja (*Citrus sinensis*) con apio (*Apium graveolens*) y chía (*Salvia hispánica*)**

**Johanna Elizabeth Alvarado Gilces**

**Resumen:** Actualmente el mercado muestra una creciente demanda de productos naturales, sobre todo de jugos y bebidas, por lo que la industria alimentaria se ha visto obligada a innovar en respuesta a este fenómeno. El objetivo de este estudio fue desarrollar una bebida que integre el aporte nutricional de tres alimentos: jugo de naranja, apio y chía, determinar su composición proximal y evaluar su aceptación sensorial. Se utilizó la técnica de superficie de respuesta. Se evaluó viscosidad, color, pH, grados Brix y se realizó análisis microbiológico de *Escherichia coli*, análisis de composición proximal y evaluación sensorial al producto optimizado y al control (jugo de naranja) al día 1 y 15 de almacenamiento con una escala hedónica de 7 puntos. La viscosidad no se ajustó al modelo, mientras que el color, pH y grados Brix se ajustaron al modelo predictivo. Los valores L\*, a\* y b\* de color fueron afectados por la degradación de los pigmentos vegetales causada por tratamiento térmico y condiciones de pH de los tratamientos; el pH de las bebidas fue afectado por el pH del apio y la chía. Los valores óptimos de apio y chía fueron 5.96% y 1.55% respectivamente. El producto óptimo y el control tuvieron la misma aceptación por parte del consumidor. El producto optimizado presentó mayor contenido de proteína, fibra y grasa respecto al control. Se recomienda evaluar en el tiempo la funcionalidad del producto y realizar mayor investigación sobre otras formas de inclusión de la chía en bebidas.

**Palabras clave:** Jugo de apio, jugo con chía, jugo funcional, mucílago, zumo mixto

**Abstract:** The market shows an increasing demand for natural products, especially juices and drinks, so the food industry has been forced to innovate in response to this phenomenon. The aim of this study was to develop a beverage that integrates the nutritional contribution of three foods such as orange, celery and chía seed, to determine the proximal composition and evaluate the sensory acceptance. The technique of response surface was used to optimize the variables of celery and chía. Viscosity, color, pH, Brix was evaluated, a microbiological analysis of *E. coli* was conducted, a sensory evaluation to optimize the product and a control (orange juice) at 1 and 15 days of storage was performed using a 7-point hedonic scale. Proximal composition analysis was performed. The viscosity does not fit the model, while the color, pH y Brix were adjusted to the predictive model. The L\*, a\*, b\* color values were affected by the degradation of plant pigments caused by heat treatment and pH conditions of the treatments; the pH of the beverages was affected by the pH of celery and chía. The optimal values of celery and chía seed were 5.96% and 1.55% respectively. The optimal product and the control had the same acceptance by the consumer. The optimized product had higher protein, fat and fiber than the control. It is recommended to assess over time the functionality of the product and evaluate other ways to include chía in drinks.

**Key words:** Celery juice, chía juice, functional juice, mixed juice, mucilage

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>40</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>41</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>45</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros		Página
1.	Formulaciones de 12 tratamientos de una bebida de naranja con apio y chía. ....	4
2.	Niveles codificados de las variables porcentaje de apio y chía en una bebida. ....	7
3.	Diseño experimental utilizado en el estudio.....	8
4.	Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre la viscosidad (Pa.s) ( $Y_1$ ) de la bebida de naranja con apio y chía.....	11
5.	Coefficientes de regresión y $R^2$ para la viscosidad de una bebida de naranja con apio y chía en función de porcentajes de apio ( $X_1$ ) y chía ( $X_2$ ) en las formulaciones. ....	11
6.	Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre el color expresado como valor $L^*$ en la bebida de naranja con apio y chía.....	13
7.	Coefficientes de regresión y $R^2$ para valor $L^*$ en función de % apio ( $X_1$ ) y % chía ( $X_2$ ) en las formulaciones.....	13
8.	Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre el color expresado como valor $a^*$ en la bebida de naranja con apio y chía.....	16
9.	Coefficientes de regresión y $R^2$ para valor $a^*$ , en función de % apio ( $X_1$ ) y % chía ( $X_2$ ) en las formulaciones.....	17
10.	Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre el color expresado como valor $b^*$ en la bebida de naranja con apio y chía.....	19
11.	Coefficientes de regresión y $R^2$ para valor $b^*$ , en función de % apio ( $X_1$ ) y % chía ( $X_2$ ) en las formulaciones. ....	19
12.	Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre el pH en la bebida de naranja con apio y chía.....	21
13.	Coefficientes de regresión y $R^2$ para pH, en función de % apio ( $X_1$ ) y % chía ( $X_2$ ) en las formulaciones.....	22
14.	Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre el color expresado como valor $a$ en la bebida de naranja con apio y chía.....	24
15.	Coefficientes de regresión y $R^2$ para grados Brix, en función de % apio ( $X_1$ ) y % chía ( $X_2$ ) en las formulaciones.....	25

Cuadros	Página
16. Promedios y desviación estándar (DE) del análisis proximal de una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en porcentaje (%) de base húmeda. ....	28
17. Promedios y desviación estándar (DE) del análisis de viscosidad (Pa.s) realizado a una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15. ....	29
18. Promedios y desviación estándar (DE) del análisis de color expresado como valor L* realizado a una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15.....	30
19. Promedios y desviación estándar (DE) del análisis de color expresado como valor a* realizado a una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15.....	30
20. Promedios y desviación estándar (DE) del análisis de color expresado como valor b* de una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15.....	31
21. Promedios y desviación estándar (DE) del análisis de pH de una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15 .....	31
22. Promedios y desviación estándar (DE) de la medición de grados Brix de una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15 .....	32
23. Resultados de conteos microbiológicos realizados a una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y una bebida de naranja (control). ....	32
24. Promedios y desviación estándar (DE) del atributo sensorial de olor de una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15. ....	33
25. Promedios y desviación estándar (DE) de la prueba sensorial de color de una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15. ....	34
26. Promedios y desviación estándar (DE) de la prueba sensorial de sabor de una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15. ....	34
27. Promedios y desviación estándar (DE) del atributo sensorial de acidez de una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15. ....	35
28. Promedios y desviación estándar (DE) del atributo sensorial de viscosidad de una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15.....	36
29. Promedios y desviación estándar (DE) del atributo sensorial de aceptación general de una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15.....	36
30. Costos variables de la formulación para elaborar 50 litros una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control).....	38

Figuras	Página
1. Flujo de proceso para la elaboración de una bebida de naranja con apio y chía. ....	5
2. Efecto del porcentaje de apio y chía sobre el valor L* de color en una bebida de naranja con apio y chía.....	15
3. Efecto del porcentaje de apio y chía sobre el valor a* de color en una bebida de naranja con apio y chía.....	18
4. Efecto del porcentaje de apio y chía sobre el valor b* de color en una bebida de naranja con apio y chía.....	20
5. Efecto del porcentaje de apio y chía sobre el pH en una bebida de naranja con apio y chía. ....	23
6. Efecto del porcentaje de apio y chía sobre los grados Brix en una bebida de naranja con apio y chía. ....	26
7. Valores óptimos de las variables independientes sobre las características fisicoquímicas de una bebida de naranja con apio y chía. ....	27
8. Resultados de un análisis sensorial realizado a una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) para los atributos de olor, color, sabor, acidez, viscosidad y aceptación general en los días 1 y 15 de almacenamiento. ....	37

Anexos	Página
1. Media y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre la sedimentación en la bebida de naranja con apio y chía .....	45
2. Análisis de varianza, coeficientes de regresión y R2 para sedimentación, en función de % apio (X1) y % chía (X2) en las formulaciones.....	45
3. Tabla de puntos de porcentaje de distribución F (P<0.05).....	46



## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el estilo de vida del consumidor no le permite invertir mucho tiempo en preparar sus alimentos, es por ello que busca alimentos con mayor versatilidad, que sean de mayor calidad, naturales y nutritivos (IFT, 2014). Existen muchos ingredientes innovadores como la semilla de chía y el apio que están siendo adicionados recientemente a productos de alto consumo para elaborar alimentos y bebidas saludables.

Las civilizaciones precolombinas utilizaron la semilla de chía para elaborar medicinas, suplementos nutricionales y como fuente de energía para los largos viajes que realizaban. La semilla de chía contiene 15-25% de proteínas, 30-33% grasas, 26-41% carbohidratos, 18-30% fibra dietética y 4-5% ceniza, lo que suma un 90-93% de materia seca. No contiene gluten, tiene una alta cantidad de antioxidantes y actualmente se considera como la mayor fuente de ácidos grasos disponibles en el reino vegetal (Ayerza y Coates, 2006). Su contenido de ácidos grasos omega 3. Se puede comparar con contenido de éste en el aceite de pescado, aceite de canola, aceite y grano de lino y aceite de algas (González, 2014). Es esencial la ingesta de productos que contienen omega 3 y 6 para el buen desarrollo físico y del sistema nervioso (Uauy y Olivares, s.f.).

El apio es una buena fuente de fibra insoluble y otros nutrientes importantes como el calcio, potasio y vitamina C (Yeager, 2001). Es considerado uno de los mejores ingredientes para preparar jugos por su excelente desempeño en limpiar el sistema digestivo de ácido úrico; también puede reducir la inflamación en pacientes con artritis (Charmaine y Cross, 2001). Se estima que el consumo diario de fibra dietética debe ser de 25-35 g para jóvenes y adultos (FAO, s.f.).

El sabor tan apetecible de la naranja la ha hecho formar parte de una dieta nutritiva y sabrosa durante mucho tiempo. Además de su alto contenido de vitamina C, la naranja contiene una larga lista de nutrientes esenciales como carbohidratos (azúcares y fibra), potasio, ácido fólico, calcio, tiamina, niacina, vitamina B6 entre otros (Economos y Clay, 1998).

El jugo de naranja es uno de los más consumidos y preferidos a nivel mundial. En Europa representa el 38.8%, seguido de los jugos de frutas mixtas con un 19% y jugo de manzana con un 14.9% (Agrimundo, 2014). A pesar de ser un producto tan apetecido, su vida anaquel es muy limitada, por lo que comercialmente se encuentra disponible pasteurizado, aunque este proceso implica modificaciones en características tan deseadas como el aroma y sabor del jugo fresco de la fruta (Della Torre *et al.*, 2003).

“Un jugo es el líquido no fermentado, pero fermentable que se obtiene de la parte comestible de frutas debidamente maduras, frescas, conservadas en buen estado mediante prácticas adecuadas para ello” (Codex Alimentarius, 2005). Los jugos naturales hechos a partir de frutas y vegetales aportan una gran cantidad de nutrientes, los cuales son más rápidamente aprovechados por el organismo que los obtenidos de los alimentos sólidos (Charmaine y Cross, 2001). Las bebidas de frutas mixtas tienen la ventaja de brindar una combinación de aromas, sabores y lo más importante, mayor variedad de componentes nutricionales (Gordillo *et al.*, 2012).

El mercado de los jugos tiene mucho potencial, debido a la creciente demanda de bebidas con alto contenido de minerales y vitaminas. La industria de bebidas saludables se ha convertido en la de mayor relevancia dentro del rubro de bebidas en general, entre 2003 y 2008 esta categoría obtuvo un crecimiento del 92.7% en América Latina (Industria Alimenticia, 2009), mientras que en Centro América en 2013 obtuvo un crecimiento de cerca del 20% (Central América Data, 2013).

Las frutas y vegetales son fuente natural de nutrientes como vitaminas, minerales, fibra entre otras (FAO, 2006). La bebida desarrollada en este estudio a base de naranja, apio y chía busca integrar en un solo producto los aportes nutricionales de estos tres alimentos y ofrecer al consumidor un producto nuevo de fácil consumo. La bebida está dirigida a un consumidor consciente del valor nutricional de los alimentos que consume, que por el mismo estilo de vida ajetreado se inclina por productos con un contenido de nutrientes superior, un consumidor maduro entre los 25-45 años de edad.

La importancia de este proyecto de investigación radica en brindar información científica sobre el aporte nutricional de una bebida elaborada a base de naranja, apio y chía. El propósito del estudio fue desarrollar y optimizar una bebida de naranja con apio y chía que permita alcanzar los siguientes objetivos:

- Desarrollar una formulación óptima para elaborar una bebida a base de jugo de naranja, apio y chía.
- Determinar la composición proximal de una bebida de naranja con apio y chía.
- Evaluar la aceptación sensorial de una bebida de naranja con apio y chía.
- Determinar las características fisicoquímicas de una bebida de naranja con apio y chía
- Realizar un análisis de costos variables de una bebida de naranja con apio y chía.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización del estudio.** El estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, ubicada en el Km 32 al Este de Tegucigalpa, Departamento de Francisco Morazán, Honduras, C.A. Las condiciones ambientales promedio del estudio fueron de 27.7 °C y 57.9% de humedad relativa. El desarrollo de la bebida se realizó en la Planta de Innovación de Alimentos (PIA), los análisis microbiológicos se realizaron en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos (LMAZ) y los análisis fisicoquímicos se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos (LAAZ); todas dependencias de Zamorano.

**Estudios preliminares.** Se realizaron pruebas preliminares para determinar ajustes en la metodología, principalmente relacionados con la formulación del producto (porcentaje de apio y presencia o ausencia de edulcorante). Se evaluó la aceptación del producto por parte del consumidor.

**Jugo de naranja.** Se utilizaron naranjas de variedad Valencia. El jugo se extrajo en un extractor eléctrico, se despulpó en un despulpador industrial y se congeló a -8 °C.

**Apio.** Se utilizó apio orgánico joven (tamaño entre 20 y 25 cm) de variedad Triumph. El apio fresco se cortó en segmentos de 2.5 cm aproximadamente, se extrajo el jugo en un procesador de alimentos Hobart con 0.38 lb de agua, se coló, se exprimió y se pesó el residuo.

**Optimización de parámetros utilizando la metodología de superficie de respuesta.** Las variables independientes analizadas fueron porcentaje de apio y porcentaje de chía en la bebida de naranja en base a 2.2 lb de producto por tratamiento. Para realizar la optimización el estudio se dividió en dos fases:

**Primera fase.** Se generó una matriz a través del diseño experimental que contenga el punto óptimo deseado de las variables independientes, los puntos centrales de la matriz se obtuvieron a partir de pruebas preliminares.

El diseño experimental generó 12 tratamientos a los cuales se realizó análisis fisicoquímicos de color, viscosidad, pH, grados Brix y sedimentación. En base a los parámetros que resultaron significativos en la primera fase se obtuvo un producto óptimo.

**Elaboración de la bebida.** Se realizaron las formulaciones en base a 2.2 lb de peso total por tratamiento (Cuadro 1). Para el pesado de los ingredientes en la elaboración de los tratamientos se utilizó una balanza OHAUS Ranger 3000.

Cuadro 1. Formulaciones de 12 tratamientos de una bebida de naranja con apio y chía.

Tratamientos	Apio (lb)	Chía (lb)	Agua (lb)	Jugo de naranja (lb)
1	0.019	0.022	1.333	0.825
2	0.019	0.033	1.332	0.825
3	0.112	0.022	1.240	0.825
4	0.112	0.033	1.229	0.825
5	0.309 (g)	0.027	1.346	0.825
6	0.131	0.027	1.216	0.825
7	0.066	0.019	1.289	0.825
8	0.066	0.035	1.273	0.825
9	0.132	0.028	1.281	0.825
10	0.132	0.028	1.281	0.825
11	0.132	0.028	1.281	0.825
12	0.132	0.028	1.281	0.825

El jugo de naranja almacenado a -8 °C se sacó de congelación y se pesó, se procesó el apio previamente cortado en un procesador de alimentos HOBART con 0.38 lb de agua a velocidad uno por un minuto. Se pesó el agua y la chía y se colocaron en una olla de aluminio para ser sometidas a tratamiento térmico, seguidamente se agregó a esta mezcla el jugo de naranja y el jugo de apio. Una vez finalizado el tratamiento térmico, se envasó el producto en envases de HDPE (High Density Polyethylene por sus siglas en inglés) y se sometió a un choque térmico con agua y 1 kg de hielo aproximadamente por 15 minutos, luego se refrigeró a 5 °C, siguiendo en proceso descrito en la figura 1.

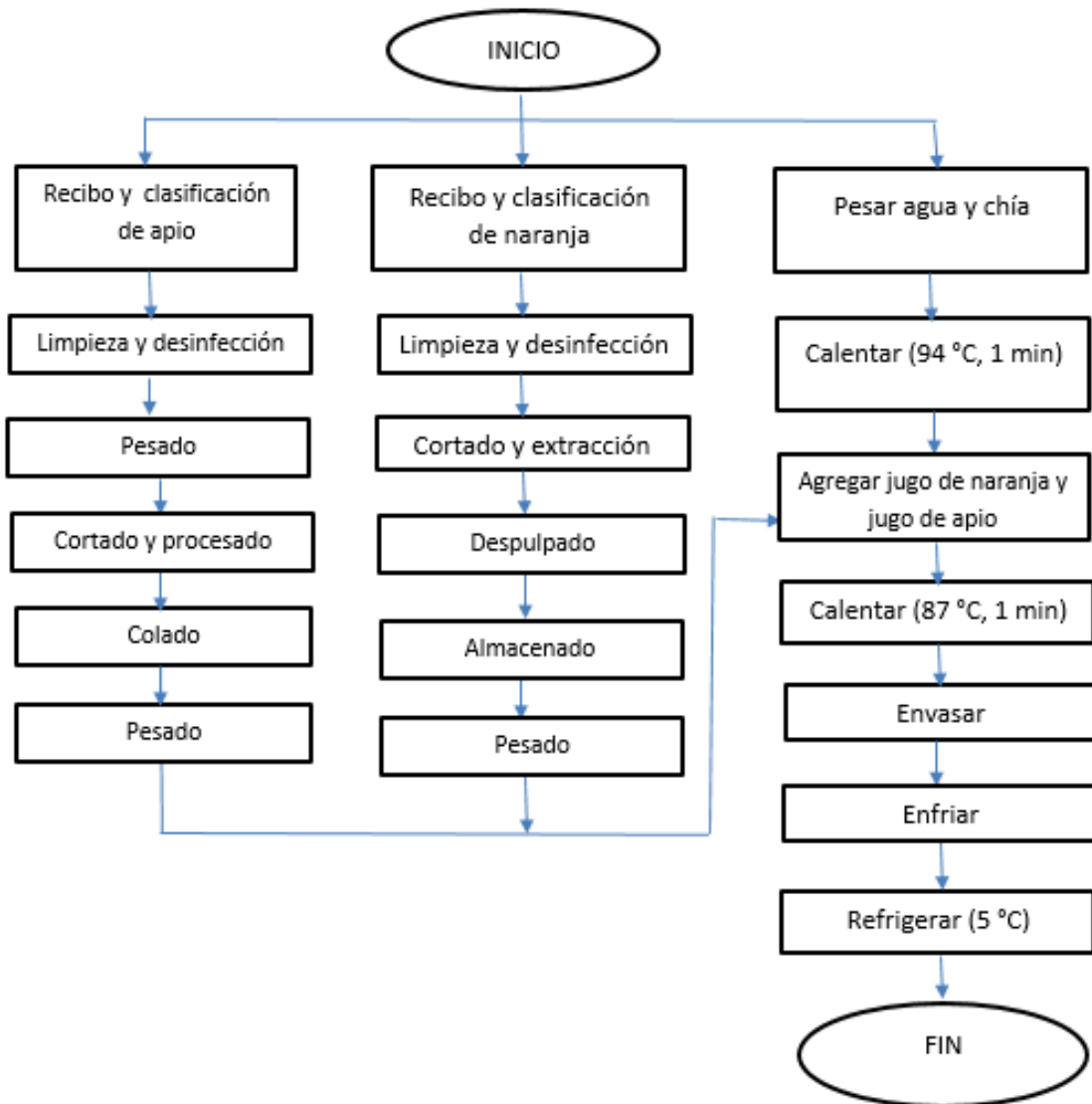


Figura 1. Flujo de proceso para la elaboración de una bebida de naranja con apio y chia. Fuente: Huevo, 2008, Della Torre *et al.*, 2003, adaptado por el autor.

**Viscosidad.** Se colocaron 500 mL de muestra de bebida de naranja con apio y chia a una temperatura entre 20-21 °C en un beaker. El análisis se realizó en el Reómetro de Brookfield DVIII Ultra V6.1 LV spindle LV1 siguiendo la metodología descrita por la norma ISO 1652:2004 (ISO, 2004). Los resultados fueron reportados en Pa.s.

**Medición de color.** Se utilizó el Hunter Lab Modelo 45/0 con el software ASTM D6290. Se realizaron ocho réplicas por tratamiento y posteriormente se calculó el promedio. Se evaluó valores de L\*, a\*, b\* dónde:

- L\* = Luminosidad, donde 0 = negro y 100 = blanco
- a\* = Donde valores de -60 a 0 = verde y 0 a 60 = rojo
- b\* = Donde valores de -60 a 0 = azul y 0 a 60 amarillo

**Medición de pH.** Este parámetro se evaluó al día cero en la PIA con el potenciómetro Large Display pH pens 850052 y 50 mL de muestra siguiendo el método descrito por la Norma Técnica Mexicana (1978).

**Grados Brix.** Esta medición se realizó en la PIA con el refractómetro Digital Hand-held Pocket. Se utilizaron dos gotas de muestra a 20 °C y se procedió con el método descrito por la Norma Técnica Mexicana (2012).

**Diseño experimental.** Para evaluar el efecto combinado del apio y la chía en la bebida de naranja se utilizó la metodología de superficie respuesta con un nivel de significancia del 10% y con un diseño de composición central rotacional de segundo orden (DCCR). Los parámetros del proceso fueron codificados (-1, 0, +1) y se calcularon de acuerdo a la ecuación 1:

$$xi = \left( \frac{Xi \cdot Z}{\Delta xi} \right) \quad [1]$$

Dónde:

xi = Valor codificado de la variable xi

Xi = Valor real de la variable

Z = Valor real de la variable en el punto central

$\Delta xi$  = Intervalo de la variable xi

Para obtener un entorno experimental más acotado se delinearón las variables axiales  $-\alpha$  y  $+\alpha$ , las cuales dependen del número factorial ( $F= 2^k$ ), donde K es igual al número de variables independientes ( $K=2$ ). Los valores son definidos por la ecuación 2.

$$\pm \alpha = (f)^{1/4} = (2^k)^{1/4} = (2^2)^{1/4} = 1.4142 \quad [2]$$

Para calcular el número de tratamientos se utilizó un diseño factorial completo definido por la ecuación 3.

$$n = 2^k + 2K + m \quad [3]$$

Dónde:

$2^k$  = Número de puntos factoriales

$2k$  = Número de puntos axiales

$m$  = Número de repeticiones del punto central.

Se utilizaron dos variables independientes y cuatro niveles codificados sumando un total de 12 unidades experimentales, siendo cuatro factoriales la combinación de los niveles -1 y +1, cuatro axiales  $-\alpha$  y  $+\alpha$ , cuatro puntos centrales que determinan la precisión del modelo matemático.

De esta manera, los tratamientos se distribuyeron de la siguiente forma:

$2^k = 2^2 =$  4 puntos factoriales  
 $2k = 2 \times 2 =$  4 puntos axiales  
 $m =$  4 replicados del punto central  
 Total 12 unidades experimentales

El análisis de los resultados experimentales se describe como el comportamiento de un sistema dependiente en el que se combinan las variables independientes, donde la respuesta es una función de los niveles en los que se combinan, definida por Box y Draper (1967) con la ecuación 4:

$$Y_i = F(X_1, X_2, \dots, X_k) \quad [4]$$

Para cada respuesta (Y) se realizó un análisis de regresión para ajustar los resultados a un polinomio cuadrático como las variables (XK). La expresión general utilizada para predecir el comportamiento de cada respuesta se describe con la ecuación 5:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \varepsilon \quad [5]$$

Dónde:

$Y_i$  = Función respuesta

$X_1, X_2$  = Valores de las variables independientes

$\beta_0$  =; Coeficiente relativo a la interpretación del plan con la respuesta en el eje

$\beta_1, \beta_2$  = Coeficientes lineales estimados por el mínimo cuadrado

$\beta_{11}, \beta_{22}$  = Coeficientes de variables cuadráticas

$\beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{23}$  = Coeficientes de interacción entre las variables independientes

$\varepsilon$  = Error experimental

En el cuadro 2 se presentan los niveles codificados (-1, 0, +1) y los valores axiales ( $-\alpha$  y  $+\alpha$ ) utilizados en el experimento.

Cuadro 2. Niveles codificados de las variables porcentaje de apio y chía en una bebida.

Variables independientes	Niveles				
	$-\alpha$	- 1	0	+ 1	$+\alpha$
% Apio	0.00	0.90	3.00	5.10	6.00
% Chía	0.90	1.00	1.25	1.50	1.60

En el cuadro 3 se presentan los valores codificados y valores reales de los 12 tratamientos que se estudiaron.

Cuadro 3. Diseño experimental utilizado en el estudio.

Tratamiento	Niveles de Variables codificadas		Niveles de variables decodificadas (%)	
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>
1	-1	-1	0.9	1.00
2	-1	1	0.9	1.50
3	1	-1	5.1	1.00
4	1	1	5.1	1.50
5	-1.41421	0	0.031	1.25
6	1.41421	0	5.969	1.25
7	0	-1.41421	3.0	0.0897
8	0	1.41421	3.0	1.6035
9	0	0	3.0	1.25
10	0	0	3.0	1.25
11	0	0	3.0	1.25
12	0	0	3.0	1.25

X<sub>1</sub> y x<sub>1</sub> = % apio

X<sub>2</sub> y x<sub>2</sub> = % chía

**Análisis estadístico.** Se realizó un análisis del valor F con un 10% de significancia, considerando el coeficiente de regresión significativo cuando el valor F calculado fue mayor al valor F tabular de puntos de distribución con lo cual se pudo trazar la superficie (Mendieta, 2014).

El análisis de datos se realizó utilizando el programa STATISTICA versión 7 para Windows, utilizando las variables independientes codificadas para generar los coeficientes de regresión y valor F, y las variables independientes no codificadas para obtener las gráficas de superficie respuesta. También se realizó la optimización de las variables dependientes mediante el punto óptimo de las variables independientes.

Se realizó una separación de medias Duncan y un análisis de varianza ANDEVA con un nivel de significancia del 5%, utilizando el programa SAS<sup>®</sup> (Statistical Analysis System) versión 9.3 TS1M2.

**Segunda fase.** Una vez seleccionado el punto óptimo, se evaluó el producto seleccionado y un control de jugo de naranja y se les realizó análisis de pH, grados Brix, viscosidad, color, composición proximal, análisis microbiológicos y una prueba sensorial de aceptación a los días 1 y 15.

**Composición proximal.** Se realizó un análisis proximal al producto seleccionado como óptimo y al control. El análisis de contenido de humedad se realizó siguiendo el método



descrito por la AOAC 934.01, el contenido de grasa cruda fue determinado por el método AOAC 2003.06, el contenido de nitrógeno (para proteína cruda) se determinó con el método Kjeldahl, el contenido de fibra cruda se determinó con el método AOCS Ba 6a-05 y el análisis de cenizas se realizó con el método AOAC 923.03 (AOAC, 1997).

**Análisis microbiológico.** Se realizó análisis de *E. coli* al tratamiento seleccionado como óptimo y al control a los días 1 y 15 de almacenamiento. El método utilizado fue el de Número Más Probable (NMP) dispuesto por el Reglamento Técnico Centroamericano. Las alícuotas de 10 mL se sembraron en tubos con CLT (Caldo Lauryl Triptosa) y las muestras se incubaron durante 48 horas a 35°C.

**Análisis sensorial.** Se realizó una prueba de aceptación al producto optimizado y al control a los días 1 y 15. Se utilizó una escala hedónica de 7 puntos dónde: 1 = me disgusta extremadamente, 2 = me disgusta mucho, 3 = me disgusta poco, 4 = ni me gusta ni me disgusta, 5 = me gusta poco, 6 = me gusta mucho, 7 = me gusta extremadamente.

Las muestras fueron codificadas de forma aleatoria para cada repetición; éstas se presentaron a los panelistas en orden completamente al azar. Se tomaron como panelistas los estudiantes y personal de Zamorano.

**Análisis estadístico.** Se realizó una separación de medias Duncan y un análisis de varianza ANDEVA con un nivel de probabilidad del 5%, utilizando el programa SAS<sup>®</sup> (Statistical Analysis System) versión 9.3 TS1M2.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Valoración general.** Todos los experimentos fueron realizados bajo condiciones similares en lo que respecta a metodología (previamente descrita), uso de equipos y materias primas.

Se desarrolló una bebida de naranja con apio y chía, la cual presenta una turbidez mayor a 1100 NTU (Nephelometric Turbidity Unit por sus siglas en inglés). Dicho producto debe ser agitado previo uso por su alto porcentaje de sedimentación.

#### **Primera fase.**

**Viscosidad.** Los valores más altos de viscosidad fueron hallados en los tratamientos 1, 3, 4, 5 y 8 (Cuadro 4). De esto se puede destacar que 11 de los tratamientos tuvieron una tendencia a presentar mayor viscosidad al tener mayor porcentaje de chía. Esto puede atribuirse a que al entrar en contacto con el agua, la chía libera un polisacárido mucilaginoso que la rodea (Muñoz 2012), lo que brinda mayor viscosidad.

Estos resultados concuerdan con los resultados obtenidos por Huezco (2008) quien reportó que en una bebida de maracuyá con chía, el tratamiento con 1.5% de chía en la formulación tuvo una viscosidad de 33.83 centipoise (cP) por lo que presentó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en comparación con los tratamientos con 0.5 y 1.0% de chía que no mostraron diferencias significativas entre sí y cuyas viscosidades fueron de 27.52 y 25.58 cP respectivamente.

El porcentaje de apio tuvo un efecto mínimo en la viscosidad, pues en tratamientos como el 4 y 5, entre los cuales si bien existió diferencias significativas de viscosidad, el porcentaje de apio en cada una fue totalmente opuesto, pues el tratamiento 4 contiene 5.1% de apio, mientras que el 5 contiene 0.031% y la viscosidad fue de 7.608 y 6.940 Pa.s respectivamente; de la misma forma los tratamientos 2 y 12 con un porcentaje de 0.9 y 3% de apio respectivamente no presentaron diferencias significativas en viscosidad (Cuadro 4).

Cuadro 4. Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre la viscosidad (Pa.s) ( $Y_1$ ) de la bebida de naranja con apio y chía

Tratamiento	Apio (%)	Chía (%)	Viscosidad (Pa.s) ± DE
1	0.9	1.00	1.42E-02±1.27 <sup>a</sup>
2	0.9	1.50	5.72E-03±0.63 <sup>d</sup>
3	5.1	1.00	7.33E-03±0.22 <sup>bc</sup>
4	5.1	1.50	7.61E-03±0.56 <sup>b</sup>
5	0.031	1.25	6.94E-03±0.70 <sup>c</sup>
6	5.96	1.25	5.06E-03±0.02 <sup>e</sup>
7	3.0	0.796	4.21E-03±0.06 <sup>f</sup>
8	3.0	1.60	6.99E-03±0.53 <sup>c</sup>
9	3.0	1.25	5.65E-03±0.33 <sup>d</sup>
10	3.0	1.25	5.47E-03±0.21 <sup>de</sup>
11	3.0	1.25	4.43E-03±0.17 <sup>f</sup>
12	3.0	1.25	5.56E-03±0.33 <sup>d</sup>
<b>Coefficiente de variación (%)</b>			7.36

<sup>a-f</sup> diferente letra representa diferencias significativas  $P \leq 0.05$

El valor de  $R^2$  hallado para viscosidad fue de 0.515 (Cuadro 5) lo que indica que tan solo el 51.5% de los datos se ajustaron al modelo predictivo y el 48.5% no se ajustó.

Cuadro 5. Coeficientes de regresión y  $R^2$  para la viscosidad de una bebida de naranja con apio y chía en función de porcentajes de apio ( $X_1$ ) y chía ( $X_2$ ) en las formulaciones.

Coeficientes	Viscosidad (Pa.s)
Intercepto	5.28E+00*
$X_1$	-9.51E-01*
$X_1^2$	1.09E+00*
$X_2$	-5.27E-01*
$X_2^2$	8.86E-01*
$X_1X_2$	2.18E+00*
$R^2$	0.515
Falta de ajuste	3.58E+01*
F calculado > F tabular	-4.5 < 3.01

$X_1$ = porcentaje de apio

$X_2$ = porcentaje de chía

\*significativo a  $P < 0.10$

Al tener una falta de ajuste significativa ( $P > 0.1$ ), un  $R^2$  menor a 0.6 y un valor F calculado menor al valor F tabular (cuadro 5) se confirma la teoría de que a los datos de viscosidad no se ajustan al modelo predictivo ni a un modelo tendencioso, pues no cumple con ninguno de los tres parámetros antes mencionados. Así mismo, todos los coeficientes de

regresión tanto lineales como cuadráticos, incluido el intercepto y la interacción de las dos variables resultaron significativos (Cuadro 5) con una probabilidad del 10%, lo que se considera positivo pues se demuestra que tanto el porcentaje de apio como el porcentaje de chía ejercen un efecto sobre la viscosidad, aunque el efecto de la chía es mayor.

**Análisis de color.** Son muchos los componentes que dan el color al apio y a la naranja, entre ellos clorofila, carotenoides y taninos, los cuales tienden a degradarse bajo condiciones de tratamiento térmico (Jiménez *et al.*, 2004). El color es un factor muy importante que afecta la percepción del consumidor hacia el producto, por lo que se lo considera un parámetro de calidad (Correa y Fonseca, 1998).

**Valor L\*.** Expresa la luminosidad de la bebida, la cual es determinante en la percepción sensorial de calidad del producto, pues siempre se espera que mantenga ciertas características de sus materias primas originales.

Todos los tratamientos fueron significativamente diferentes entre sí. Los tratamientos con mayor luminosidad fueron: 9, 10 y 11 (puntos centrales del diseño) de los cuales se puede destacar que tuvieron 3% de apio y 1.25% de chía (Cuadro 6). El tratamiento con menor luminosidad fue el tratamiento 4 con formulación de 5.1 y 1.5% de apio y chía respectivamente.

Esto indica que el porcentaje de apio y de chía en la formulación fue un factor determinante de la luminosidad, solo en excepciones como los tratamiento 7 y 8 que tienen en su formulación el mismo porcentaje de apio (3%) y 0.796 y 1.60% de chía respectivamente se puede observar una diferencia bastante significativa de luminosidad, esto podría atribuirse a la incorporación de aire en forma de burbujas (al momento de homogenizar la muestra), las cuales causan una mayor dispersión de luz incrementando la luminosidad (Mendieta, 2014).

Se puede observar que los datos muestran cierta tendencia de a mayor porcentaje de apio menor luminosidad. Esto se puede atribuir a que los componentes que dan el color al apio y al jugo de naranja como son la clorofila, carotenoides, taninos y otros compuestos como el ácido ascórbico tienden a degradarse por efectos del pH, por tiempo y temperatura de almacenamiento y al ser sometidos a tratamiento térmico, (Jiménez, 2004, Correa y Fonseca, 1998), lo que genera un oscurecimiento.

La chía tiene un color entre café y negro y está envuelta por un mucílago traslúcido, el cual podría actuar de igual forma que las burbujas y provocar mayor dispersión de luz (Mendieta, 2014), esto explicaría la tendencia de a mayor porcentaje de chía, mayor luminosidad. Los datos hallados en este estudio para luminosidad coinciden con los obtenidos por Huevo (2008) en una bebida de maracuyá con chía donde el rango del valor L\* fue de 42.11-59.43.

Cuadro 6. Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre el color expresado como valor L\* en la bebida de naranja con apio y chía

Tratamiento	% apio	% chía	Luminosidad Y <sub>1</sub> ± DE
1	0.9	1.00	41.93±0.30 <sup>f</sup>
2	0.9	1.50	35.96±0.18 <sup>j</sup>
3	5.1	1.00	37.21±0.16 <sup>i</sup>
4	5.1	1.50	33.84±0.19 <sup>l</sup>
5	0.031	1.25	38.49±0.14 <sup>g</sup>
6	5.96	1.25	37.43±0.17 <sup>h</sup>
7	3.0	0.796	34.14±0.14 <sup>k</sup>
8	3.0	1.60	47.40±0.14 <sup>d</sup>
9	3.0	1.25	50.90±0.08 <sup>c</sup>
10	3.0	1.25	54.45±0.19 <sup>b</sup>
11	3.0	1.25	54.61±0.11 <sup>a</sup>
12	3.0	1.25	46.21±0.18 <sup>e</sup>
<b>Coefficiente de variación (%)</b>			0.327

<sup>a-l</sup> diferente letra representa diferencias significativas  $P \leq 0.05$

El R<sup>2</sup> hallado para el valor L\* fue de 0.759 (Cuadro 7), lo que nos indica que el 75.9% de los datos fueron predichos por el modelo, mientras que el 24.1% de los datos no pudieron ser explicados por el modelo. Esto denota que el modelo permite predecir el comportamiento de los datos mediante un modelo matemático, esto es reafirmado también por la falta de ajuste no significativa hallada para el valor L\*.

Cuadro 7. Coeficientes de regresión y R<sup>2</sup> para valor L\* en función de % apio (X<sub>1</sub>) y % chía (X<sub>2</sub>) en las formulaciones

Coeficientes	Valor L*
Intercepto	5.15E+01*
X <sub>1</sub>	-1.04E+00
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	-7.32E+00*
X <sub>2</sub>	1.18E+00
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-5.92E+00*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0.65E-01
R <sup>2</sup>	0.759
Falta de ajuste	1.11E+02
F calculado > F tabular	29.182 > 3.01

X<sub>1</sub>= porcentaje de apio

X<sub>2</sub>= porcentaje de chía

\*significativo a  $P < 0.10$

La expresión matemática es un modelo cuadrático, determinado entre el valor  $L^*$  y las variables independientes que afectan su respuesta, en este caso el porcentaje de apio y de chíá. Se expresa de acuerdo a la ecuación 6.

$$\text{Valor } L^* (Y_1) = 51.5425 - 7.32375X_1^2 - 5.91875X_2^2 \quad [6]$$

Como esta es una expresión cuadrática, se calculó la prueba F cuyo valor fue de 29.182 siendo mayor al valor F de la tabla (anexo 1) que fue 3.01 (Cuadro 7), lo que ratifica que es un modelo predictivo y en base a ello se pudo elaborar la gráfica de superficie respuesta mediante una interacción cuadrática de las variables a las que obedece.

La interacción entre las variables independientes y el valor  $L^*$  de color se representa con una superficie de respuesta (Figura 2). Se puede observar que el punto óptimo de luminosidad de 46 se encuentra entre un rango de 1.35-1.70% de chíá, es decir que a mayor porcentaje de chíá mayor luminosidad. Como se mencionó anteriormente, esto podría atribuirse a que el mucílago traslúcido de la chíá podría tener un efecto similar al de las burbujas y generar mayor luminosidad como menciona Mendieta (2014).

Por otro lado, el punto óptimo respecto a porcentaje de apio denota que a menor porcentaje de apio, mayor luminosidad, esto podría atribuirse a la presencia de clorofila y otros pigmentos vegetales que dan color a el apio y que se degradan por el tratamiento térmico y condiciones de pH causando un oscurecimiento de la bebida. Como se observa en la figura 2 el punto más alto de luminosidad (46) se encuentra en un rango bastante amplio entre 0-4.0% de apio, es decir tiene una relación cuadrática inversa (Figura 2).

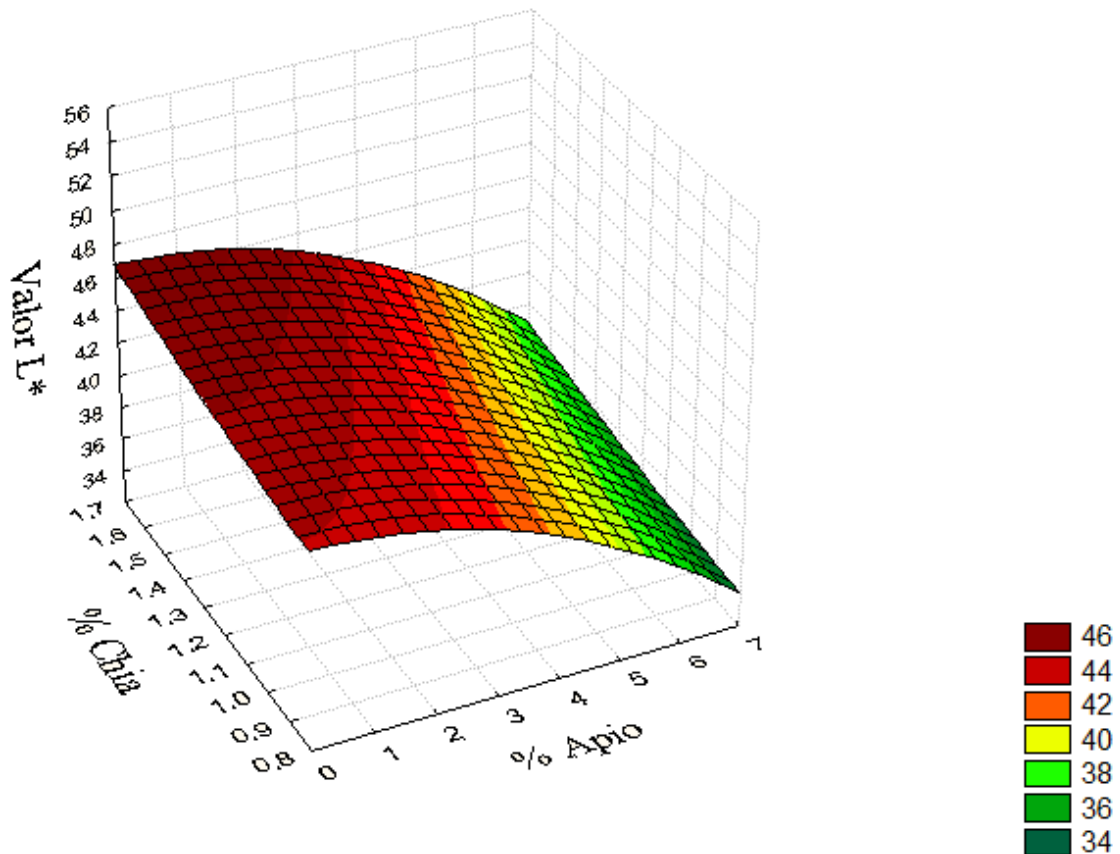


Figura 2. Efecto del porcentaje de apio y chía sobre el valor L\* de color en una bebida de naranja con apio y chía.

**Valor a\*.** Representa la escala de color de verde a rojo (-60 a 0 y 0 a 60), mientras mayor sea el valor a\* será más cercano al color rojo, que para una bebida de naranja con apio y chía no es un color deseado.

En el cuadro 8 se puede observar que existieron diferencias estadísticas entre tratamientos. Los tratamientos con valor a\* más alto (cercano a rojo) fueron dos, tres, cuatro, seis y siete que tuvieron el mayor contenido de apio a excepción de los tratamientos 2 y 7 que tuvieron solo 0.9 y 3% de apio respectivamente. Los tratamientos con menor valor a\* fueron 9, 10 y 11 (puntos centrales del experimento), es decir, estos fueron los que más se acercaron al punto óptimo de valor a\* por estar más cercanos a cero.

También se puede observar que el porcentaje de chía tuvo mucha influencia sobre el valor a\*, pues en los tratamientos con mayor porcentaje de chía (2 y 4) el valor a\* fue mayor. Esto puede deberse a que la chía, un sólido de color oscuro se encuentra dispersa en la matriz de la bebida y bloquea el paso de la luz, lo que se podría tomar como oscurecimiento.

Los resultados hallados en este estudio se sitúan en un intermedio entre los resultados presentados por Huezco (2008) quien obtuvo un rango de valor a\* entre 2.41 y 6.74 y los

reportados por Jacho y Vásquez (2011) que obtuvieron un rango entre -0.67 a -0.86. Esto puede atribuirse (de igual forma que el valor L\*) a los diferentes tipos de producto y combinación de materia prima, en el caso de Jacho y Vásquez (2011) naranja con sábila, en el caso de Huevo (2008) maracuyá con chía y en el presente estudio naranja con apio y chía.

Cuadro 8. Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre el color expresado como valor a\* en la bebida de naranja con apio y chía

<b>Tratamiento</b>	<b>% apio</b>	<b>% chía</b>	<b>Valor a* Y<sub>2</sub> ± DE</b>
1	0.9	1.00	0.35±0.11 <sup>f</sup>
2	0.9	1.50	2.08±0.18 <sup>b</sup>
3	5.1	1.00	1.08±0.17 <sup>d</sup>
4	5.1	1.50	2.11±0.26 <sup>b</sup>
5	0.031	1.25	0.94±0.11 <sup>d</sup>
6	5.96	1.25	1.88±0.17 <sup>c</sup>
7	3.0	0.796	2.29±0.14 <sup>a</sup>
8	3.0	1.60	0.63±0.14 <sup>e</sup>
9	3.0	1.25	0.11±0.08 <sup>g</sup>
10	3.0	1.25	-0.62±0.19 <sup>h</sup>
11	3.0	1.25	-0.66±0.13 <sup>h</sup>
12	3.0	1.25	0.66±0.17 <sup>e</sup>
<b>Coefficiente de variación (%)</b>			<b>15.704</b>

<sup>a-h</sup> diferente letra representa diferencias significativas  $P \leq 0.05$

El  $R^2$  obtenido para el valor a\* fue 0.611 (Cuadro 9). Esto indica que el 61.1% de los datos se ajustaron al modelo predictivo, mientras que solo el 38.9% no se ajustó al modelo. Un valor de  $R^2 > 0.6$  y una falta de ajuste no significativa ( $P < 0.10$ ) permite predecir el comportamiento de los datos a futuro mediante un modelo matemático. Dicho modelo matemático fue construido con los efectos significativos ( $P < 0.10$ ), en este caso fueron los efectos cuadráticos de las variables independientes: porcentajes de apio y chía.



Cuadro 9. Coeficientes de regresión y  $R^2$  para valor  $a^*$ , en función de % apio ( $X_1$ ) y % chía ( $X_2$ ) en las formulaciones

<b>Coeficientes</b>	<b>Valor <math>a^*</math></b>
Intercepto	-1.28E-01
$X_1$	2.61E-01
$X_1^2$	7.61E-01*
$X_2$	5.16E-02
$X_2^2$	7.86E-01*
$X_1X_2$	-1.75E-01
$R^2$	0.611
Falta de ajuste	3.30E+00
F calculado > F tabular	8.802 > 3.01

$X_1$ = porcentaje de apio

$X_2$ = porcentaje de chía

\*significativo a  $P < 0.10$

El modelo matemático resultante es una expresión cuadrática, determinada entre el valor  $a^*$  y las variables independientes a las que obedece, se expresa de acuerdo a la ecuación 7.

$$\text{Valor } a (Y_2) = -0.1275 + 0.76125X_1^2 + 0.78625X_2^2 \quad [7]$$

Se realizó del cálculo de la prueba F con 10% de significancia y su valor fue de 8.802, mientras que el F de la tabla fue 3.01 (cuadro 9). Tomando esto en consideración, se generó una superficie de respuesta para valor  $a^*$ .

En la figura 3 está plasmada la superficie de respuesta que demuestra el comportamiento de la variable dependiente (valor  $a^*$ ) acorde a las interacciones entre las variables independientes. Se puede observar que el punto óptimo de valor  $a^*$  de 0.5 (Figura 3) se encuentra en rango de amplitud corta de 0-1% en cuanto a porcentaje de apio, es decir que a menor porcentaje de apio el valor  $a^*$  estará más cercano a cero, pues la degradación de los compuestos que dan color al apio (antes mencionados) causa oscurecimiento, en el caso específico de la bebida de naranja con apio y chía se generó un color verde amarillento.

Se puede destacar también que el rango de porcentaje de chía de 0.8-0.9% es muy restrictivo, lo cual significa que al igual que el porcentaje de apio, a menor concentración de chía el valor  $a^*$  se acerca más a cero, pues como se mencionó anteriormente, la chía suspendida en la bebida brinda un color más oscuro.

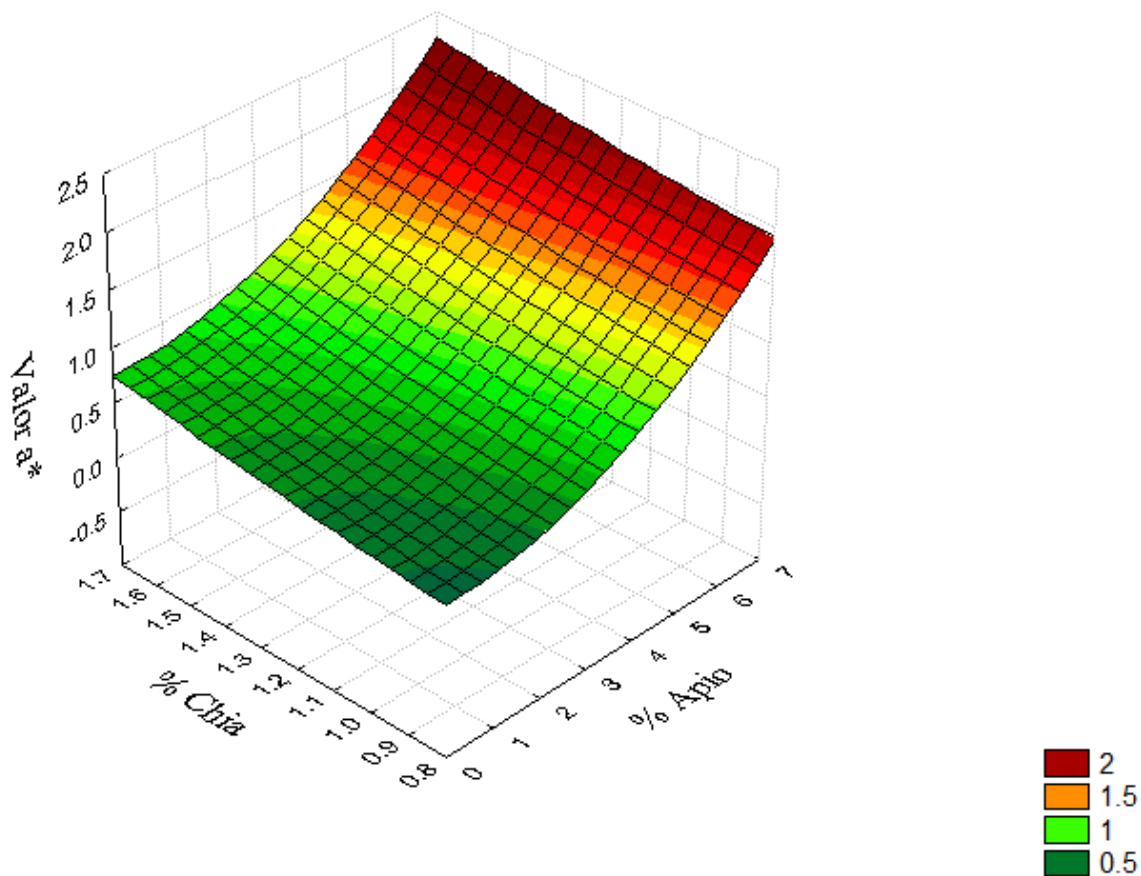


Figura 3. Efecto del porcentaje de apio y chía sobre el valor  $a^*$  de color en una bebida de naranja con apio y chía.

**Valor  $b^*$ .** Representa la escala de color de azul a amarillo. Es muy importante conocer este valor en productos a base de frutas y vegetales porque el color azul no es deseado.

En el cuadro 10 se puede observar que existieron diferencias estadísticas entre tratamientos. Los tratamientos con mayor valor  $b^*$ , es decir mayor tendencia a color amarillo fueron 1, 3, 6 y 7, de los cuales se puede apreciar que hubo mucha variabilidad entre el contenido de apio en la formulación entre tratamientos, mientras que la chía no presenta una variación considerable, es decir que solo el apio ejerce un efecto directo sobre el valor  $b^*$ . Los tratamientos con menor valor  $b^*$  fueron dos, cinco y ocho.

Los resultados hallados en esta investigación se asemejan a los reportados por Jacho y Vásquez (2011) quienes al día uno tuvieron un rango de 21.58- 22.68 valor  $b^*$  en un jugo de naranja con sábila. Esta semejanza podría deberse a la presencia de flavonoides y clorofila en el apio (Kooti *et al.*, 2014) y azúcares reductores y carotenos en el jugo de naranja (Hours *et al.*, 2005), ya que estos compuestos tienden a degradarse o reaccionar (reacción de Maillard en el caso de los azúcares) al ser sometidos a tratamiento térmico (Jiménez *et al.*, 2004).

Cuadro 10. Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre el color expresado como valor b\* en la bebida de naranja con apio y chía

Tratamiento	% apio	% chía	Valor b* Y <sub>3</sub> ± DE
1	0.9	1.00	31.26±0.15 <sup>a</sup>
2	0.9	1.50	24.67±0.32 <sup>g</sup>
3	5.1	1.00	30.11±0.36 <sup>b</sup>
4	5.1	1.50	28.42±0.54 <sup>d</sup>
5	0.031	1.25	25.91±0.17 <sup>f</sup>
6	5.96	1.25	29.47±0.28 <sup>c</sup>
7	3.0	0.796	29.91±0.26 <sup>b</sup>
8	3.0	1.60	23.33±0.27 <sup>h</sup>
9	3.0	1.25	21.60±0.21 <sup>i</sup>
10	3.0	1.25	20.64±0.31 <sup>j</sup>
11	3.0	1.25	20.55±0.22 <sup>j</sup>
12	3.0	1.25	26.81±0.23 <sup>e</sup>
<b>Coefficiente de variación (%)</b>			1.058

<sup>a-h</sup> diferente letra representa diferencias significativas  $P \leq 0.05$

El valor de  $R^2$  obtenido para el valor b de color fue de 0.808 (Cuadro 11) lo que me indica que el 80.8% de los datos pudieron ser explicados por el modelo, mientras que solo el 19.2% no pudo ser explicado; al tener un  $R^2$  y una falta de ajuste no significativa ( $P < 10$ ) se deduce que el modelo utilizado permite predecir el comportamiento de los datos a futuro.

Cuadro 11. Coeficientes de regresión y  $R^2$  para valor b\*, en función de % apio ( $X_1$ ) y % chía ( $X_2$ ) en las formulaciones.

Coeficientes	Valor b*
Intercepto	2.24E+01*
$X_1$	9.54E-01
$X_1^2$	3.01E+00*
$X_2$	-2.20E+00
$X_2^2$	2.48E+00
$X_1X_2$	1.23E+00
$R^2$	0.808
Falta de ajuste	5.14E+00
F calculado > F tabular	5.42 > 3.29

$X_1$ =porcentaje de apio

$X_2$ = porcentaje de chía

\*significante a  $p < 0.10$

El modelo matemático obtenido es una ecuación cuadrática resultante entre la interacción de las variables independientes y la respuesta del valor  $b^*$ . Se expresa en la ecuación 8.

$$\text{Valor } b(Y_3) = 22.40 + 3.01X_1^2 \quad [8]$$

Se calculó el valor F con una significancia del 10% cuyo resultado fue de 5.42, siendo mayor al valor F de la tabla que fue de 3.29. Tomando en consideración estos resultados se confirma que el comportamiento del valor  $b^*$  se puede predecir con el modelo utilizado en este estudio, además se pudo generar una superficie de respuesta.

La figura 4 representa la superficie de respuesta generada para el valor  $b^*$ , cuyo valor óptimo es de 30.56, se logra cuando el porcentaje de apio está entre 6 a 7% es decir, a mayor contenido de apio el valor  $b^*$  aumenta. El apio ejerce un efecto cuadrático directo sobre el valor  $b^*$  mientras que el porcentaje de chíá no lo afecta, pues incluso en el cuadro 11 se puede apreciar que el porcentaje de chíá no fue significativo.

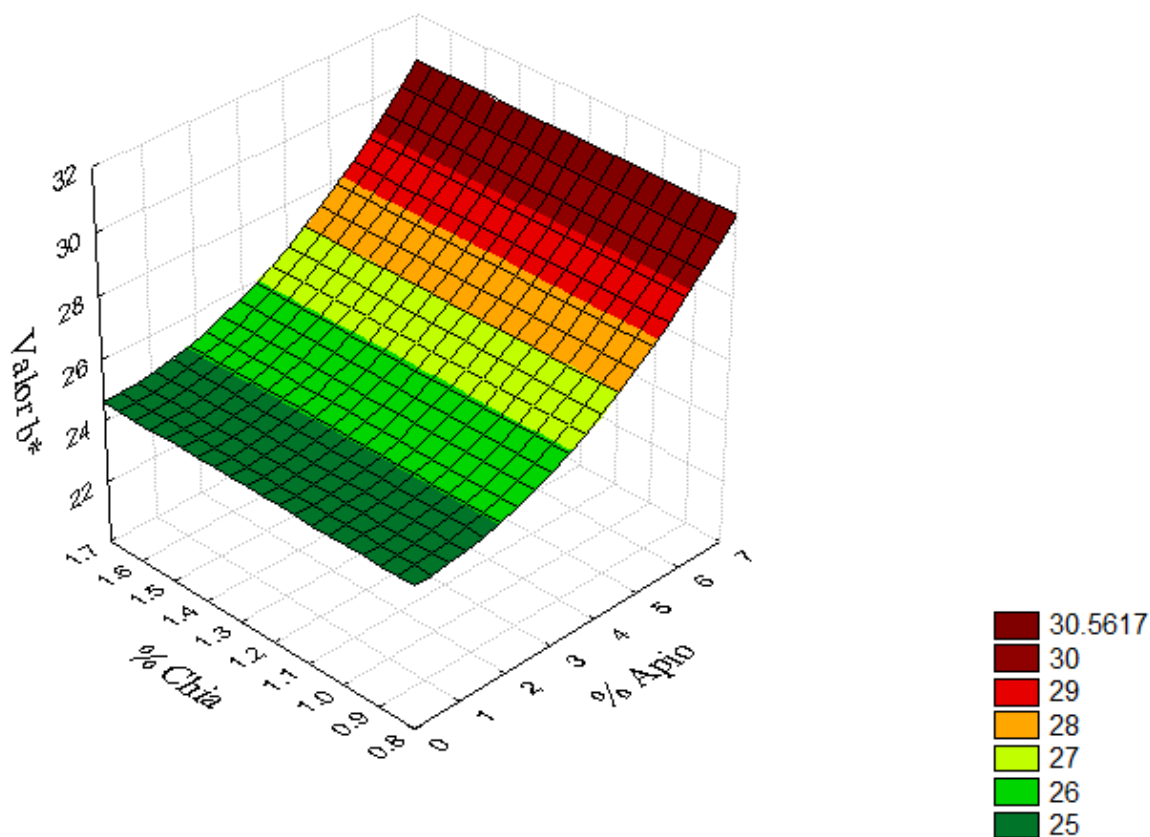


Figura 4. Efecto del porcentaje de apio y chíá sobre el valor  $b^*$  de color en una bebida de naranja con apio y chíá.

**Medición de pH.** Es muy importante conocer el valor de este parámetro. Este tipo de producto está basado en un concepto natural, por lo que no se le agregó ningún tipo de

preservante, se considera de vital importancia pues es una de las dos barreras de conservación del producto.

El tratamiento con mayor pH fue el tratamiento 12 (punto central) con un porcentaje de apio de 3% y chía 1.25%, mientras que el tratamiento con más bajo pH fue el uno con 0.9% de apio y 1% de chía (Cuadro 12). Esto tiene mucho sentido, pues el pH del jugo de naranja valencia es  $3.40 \pm 0.18$  (Hours *et al.*, 2005) mientras que el apio tiene un pH de 6 (Pop *et al.*, 2014) y la chía utilizada en el estudio presentó valores de pH entre 6-6.5, lo que demuestra que tanto en presencia de apio como de chía sube el pH.

Los resultados de pH obtenidos en esta investigación difieren un poco de los hallados por Huezo (2008) quien no reportó diferencias estadísticas en una bebida de maracuyá con chía bajo diversas concentraciones de chía desde 0-1.5%. Jacho y Vásquez (2011) hallaron valores entre 5.9 y 6.07 en un jugo de sábila con naranja. Esta diferencia podría atribuirse al pH de las materias primas utilizadas y sus proporciones en cada estudio.

Cuadro 12. Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre el pH en la bebida de naranja con apio y chía

Tratamiento	% apio	% chía	pH $Y_4 \pm DE$
1	0.9	1.00	$3.59 \pm 0.01$ <sup>d</sup>
2	0.9	1.50	$3.61 \pm 0.01$ <sup>cd</sup>
3	5.1	1.00	$3.61 \pm 0.01$ <sup>cd</sup>
4	5.1	1.50	$3.62 \pm 0.02$ <sup>bcd</sup>
5	0.031	1.25	$3.62 \pm 0.03$ <sup>abcd</sup>
6	5.96	1.25	$3.63 \pm 0.04$ <sup>abcd</sup>
7	3.0	0.796	$3.64 \pm 0.05$ <sup>abcd</sup>
8	3.0	1.60	$3.65 \pm 0.06$ <sup>abcd</sup>
9	3.0	1.25	$3.65 \pm 0.07$ <sup>abc</sup>
10	3.0	1.25	$3.66 \pm 0.08$ <sup>abc</sup>
11	3.0	1.25	$3.67 \pm 0.09$ <sup>ab</sup>
12	3.0	1.25	$3.68 \pm 0.10$ <sup>a</sup>
<b>Coefficiente de variación (%)</b>			<b>0.956</b>

<sup>a-d</sup> diferente letra representa diferencias significativas  $P \leq 0.05$

El  $R^2$  determinado para el pH de la bebida de naranja con apio y chía fue de 0.744 (cuadro 13), lo que indica que el 74.4% de los datos se ajustaron al modelo predictivo, mientras que solo el 25.6% no se pueden explicar mediante el modelo, permitiendo predecir el comportamiento de los datos.

Cuadro 13. Coeficientes de regresión y R2 para pH, en función de % apio (X<sub>1</sub>) y % chía (X<sub>2</sub>) en las formulaciones

<b>Coeficientes</b>	<b>pH</b>
Intercepto	3.67E+00*
X <sub>1</sub>	5.52E-03
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	-2.69E-02*
X <sub>2</sub>	5.52E-03
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-1.69E-02*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	-2.50E-03
R <sup>2</sup>	0.744
Falta de ajuste	1.58E-03
F calculado>F tabular	17.613>3.01

X<sub>1</sub>= porcentaje de apio

X<sub>2</sub>= porcentaje de chía

\*significativo a P<0.10

El modelo matemático generado es una expresión cuadrática generada entre el pH y las variables independientes, en este caso apio y chía. Se expresa con la ecuación 9.

$$\text{pH (Y}_4\text{)} = 3.665 - 0.027 X_1^2 - 0.017 X_2^2 \quad [9]$$

Se calculó también la prueba F cuyo valor fue de 17.613 que resultó mayor que el valor F de la tabla fue de 3.01 (Cuadro 13), por lo que se pudo elaborar una gráfica de superficie respuesta para pH, ratificando que es un modelo predictivo que obedece a las variables independientes en su forma cuadrática. La superficie de respuesta generada por el modelo predictivo demuestra la interacción de las variables para obtener el valor óptimo de pH. Se puede observar que el punto óptimo de pH de 3.63 (Figura 5) está dado cuando el porcentaje de apio está en un rango de 6-7% y el porcentaje de chía entre 0.8-1%.

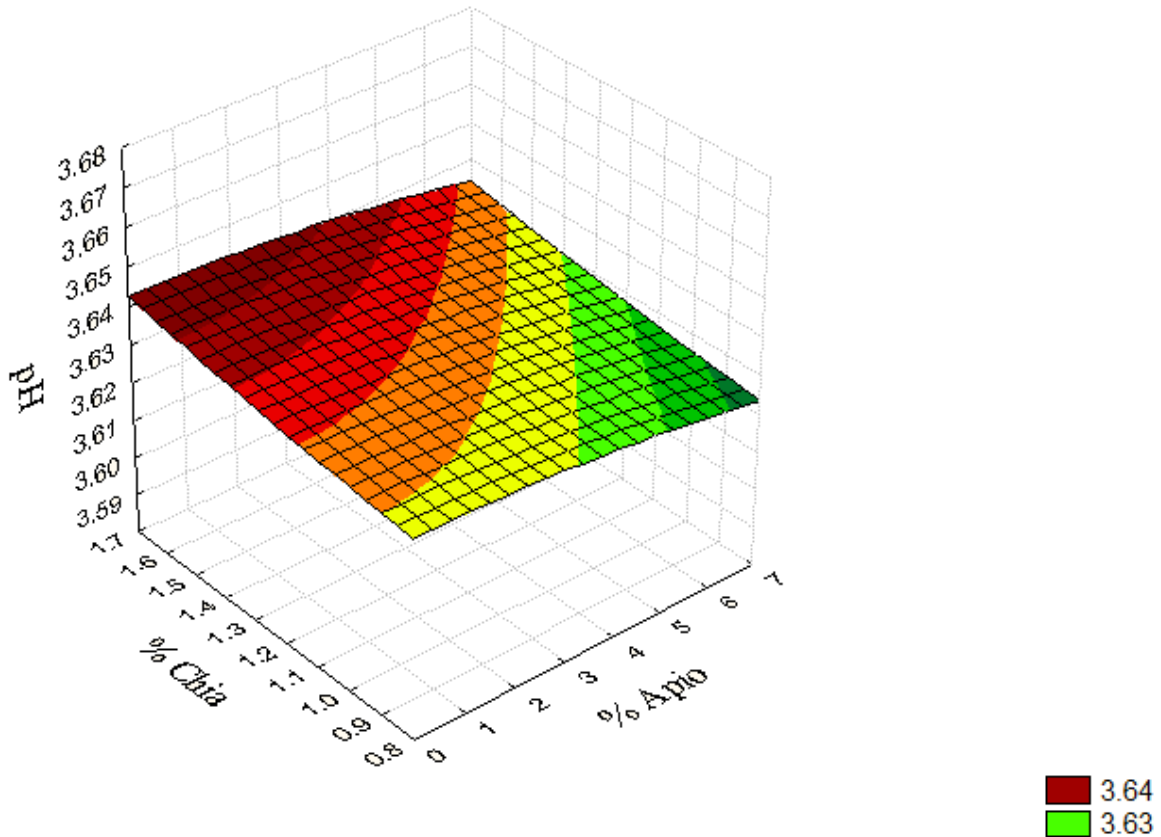


Figura 5. Efecto del porcentaje de apio y chía sobre el pH en una bebida de naranja con apio y chía.

**Grados Brix.** Conocer el contenido sólidos solubles en una bebida de frutas con vegetales es muy importante pues es tomado como un indicador de calidad.

En el cuadro 14 se puede observar que los tratamientos con mayor contenido de grados Brix fueron cuatro y seis de los que se puede resaltar los porcentajes de 5.1% apio y 1.5% chía en el tratamiento 4 y 5.96% de apio y 1.25% de chía en el tratamiento seis. Los tratamientos con menor contenido de sólidos solubles fueron 9, 10, 11 y 12 (puntos centrales del experimento) con porcentajes de 3 y 1.25% de apio y chía respectivamente en sus formulaciones.

Por lo mencionado anteriormente se deduce que las variables apio y chía tuvieron influencia en el contenido de grados Brix de la bebida. El jugo de apio utilizado en este estudio presentó un contenido de sólidos solubles entre 2.3-2.7, mientras que la mezcla de agua con chía tuvo <1 grados Brix por lo que si hubo un aporte tanto del apio como de la chía, aunque mayormente del apio.

Huezo (2008) no encontró diferencias significativas en el contenido de sólidos solubles entre tratamientos de una bebida de maracuyá con diversos porcentajes de chía desde 0-1.5%, contrario a este estudio pues en los tratamientos cuatro y seis (con mayor contenido

de grados Brix) se observa que cuando la chía disminuyó (tratamiento 6), disminuyeron de igual forma los grados Brix.

Cuadro 14. Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre el color expresado como valor a en la bebida de naranja con apio y chía

Tratamiento	% apio	% chía	Grados Brix $Y_5 \pm DE$
1	0.9	1.00	4.92±0.08 <sup>c</sup>
2	0.9	1.50	4.58±0.08 <sup>d</sup>
3	5.1	1.00	4.24±0.06 <sup>e</sup>
4	5.1	1.50	5.89±0.06 <sup>a</sup>
5	0.031	1.25	4.96±0.09 <sup>bc</sup>
6	5.96	1.25	5.10±0.37 <sup>b</sup>
7	3.0	0.796	4.54±0.55 <sup>d</sup>
8	3.0	1.60	4.54±0.55 <sup>d</sup>
9	3.0	1.25	2.92±0.05 <sup>h</sup>
10	3.0	1.25	3.54±0.06 <sup>g</sup>
11	3.0	1.25	3.84±0.06 <sup>f</sup>
12	3.0	1.25	2.78±0.16 <sup>h</sup>
<b>Coefficiente de variación (%)</b>			<b>3.031</b>

<sup>a-h</sup> diferente letra representa diferencias significativas  $P \leq 0.05$

El  $R^2$  hallado para los grados Brix fue de 0.889 (Cuadro 15) lo que indica que el 88.9% de los datos de la investigación pudieron ajustarse al modelo y que sólo el 11.1% de los datos no se ajustaron. Este hecho junto con una falta de ajuste no significativa ( $P < 0.10$ ) reafirman que es un modelo que permite predecir el futuro comportamiento de esta variable.



Cuadro 15. Coeficientes de regresión y  $R^2$  para grados Brix, en función de % apio ( $X_1$ ) y % chía ( $X_2$ ) en las formulaciones

<b>Coeficientes</b>	<b>Brix</b>
Intercepto	3.27E+00*
$X_1$	9.97E-02
$X_1^2$	9.09E-01*
$X_2$	1.60E-01
$X_2^2$	6.64E-01*
$X_1X_2$	4.90E-01
$R^2$	0.889
Falta de ajuste	2.51E-01
F calculado > F tabular	36.99 > 3.01

$X_1$ = porcentaje de apio

$X_2$ = porcentaje de chía

\*significativo a  $P < 0.10$

La expresión matemática que explica el comportamiento del contenido de sólidos solubles es una ecuación cuadrática que nace de los coeficientes de regresión significativos entre los grados Brix y las variables independientes. Se expresa de acuerdo a la ecuación 10.

$$\text{Grados Brix } (Y_5) = 3.27 + 0.9087X_1^2 + 0.6637X_2^2 \quad [10]$$

Se realizó la prueba F con 10% de significancia obteniendo un valor de 36.99 que fue mayor que el valor F de la tabla que fue de 3.01, lo que demostró la validez para graficar la superficie de respuesta. En la superficie de respuesta generada por el modelo propuesto, se puede observar las interacciones entre las variables y el valor óptimo de grados Brix (Figura 6).

Manteniendo un porcentaje constante de jugo de naranja, se puede observar de una forma preliminar que el punto óptimo de grados Brix de 5.5 (Figura 6) se encuentra dado por un porcentaje de apio en la formulación entre 5-7%, mientras que el porcentaje de chía está en un rango entre 1.4-1.7% (Figura 6). Esto demuestra que al aumentar los porcentajes de apio y chía, aumenta el contenido de sólidos solubles en la bebida.

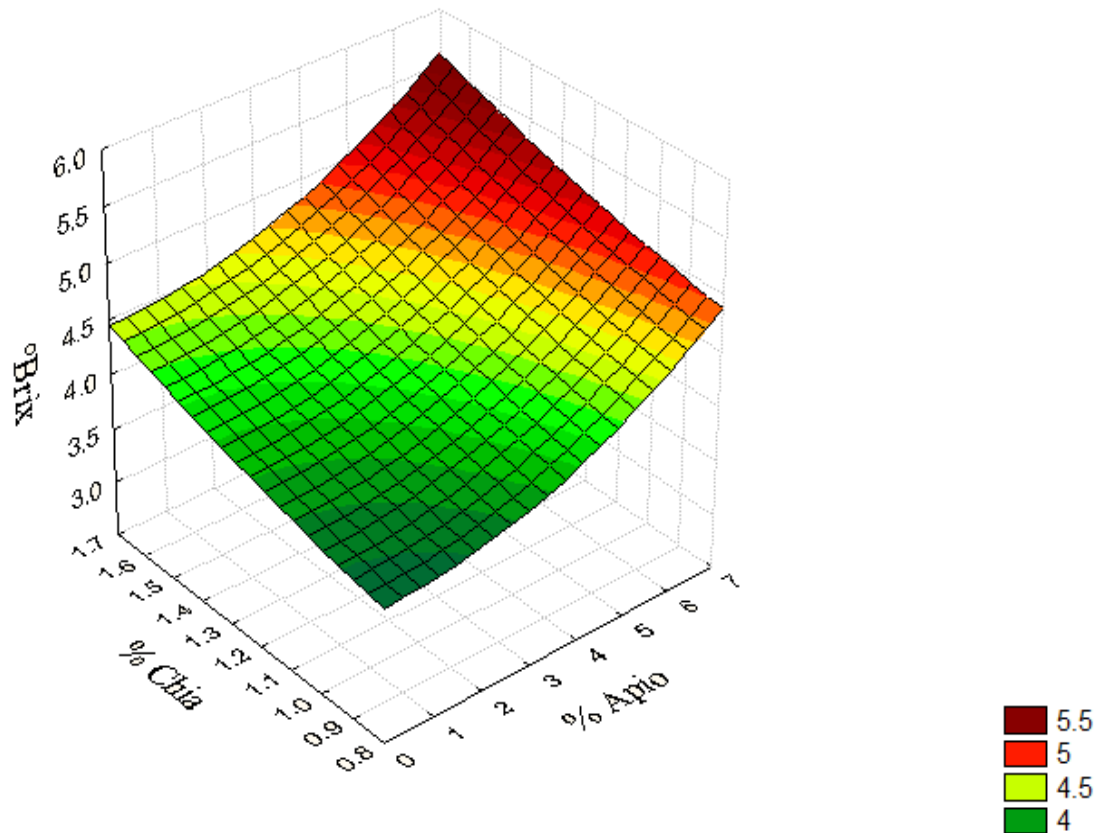


Figura 6. Efecto del porcentaje de apio y chía sobre los grados Brix en una bebida de naranja con apio y chía.

**Función de utilidad.** Se obtuvo una función de utilidad la cual se basa en una optimización de múltiples factores para maximizar la calidad de un producto. Es decir, la función de utilidad permite conocer cuál es la combinación exacta de las variables independientes para obtener la respuesta óptima de las variables dependientes.

La figura 7 representa la función de utilidad obtenida para la bebida de naranja con apio y chía. Surge bajo las restricciones de alto valor  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  y contenido de sólidos solubles y bajo pH. En base a esto se determinó un porcentaje de 5.96% y 1.55% de apio y chía respectivamente.

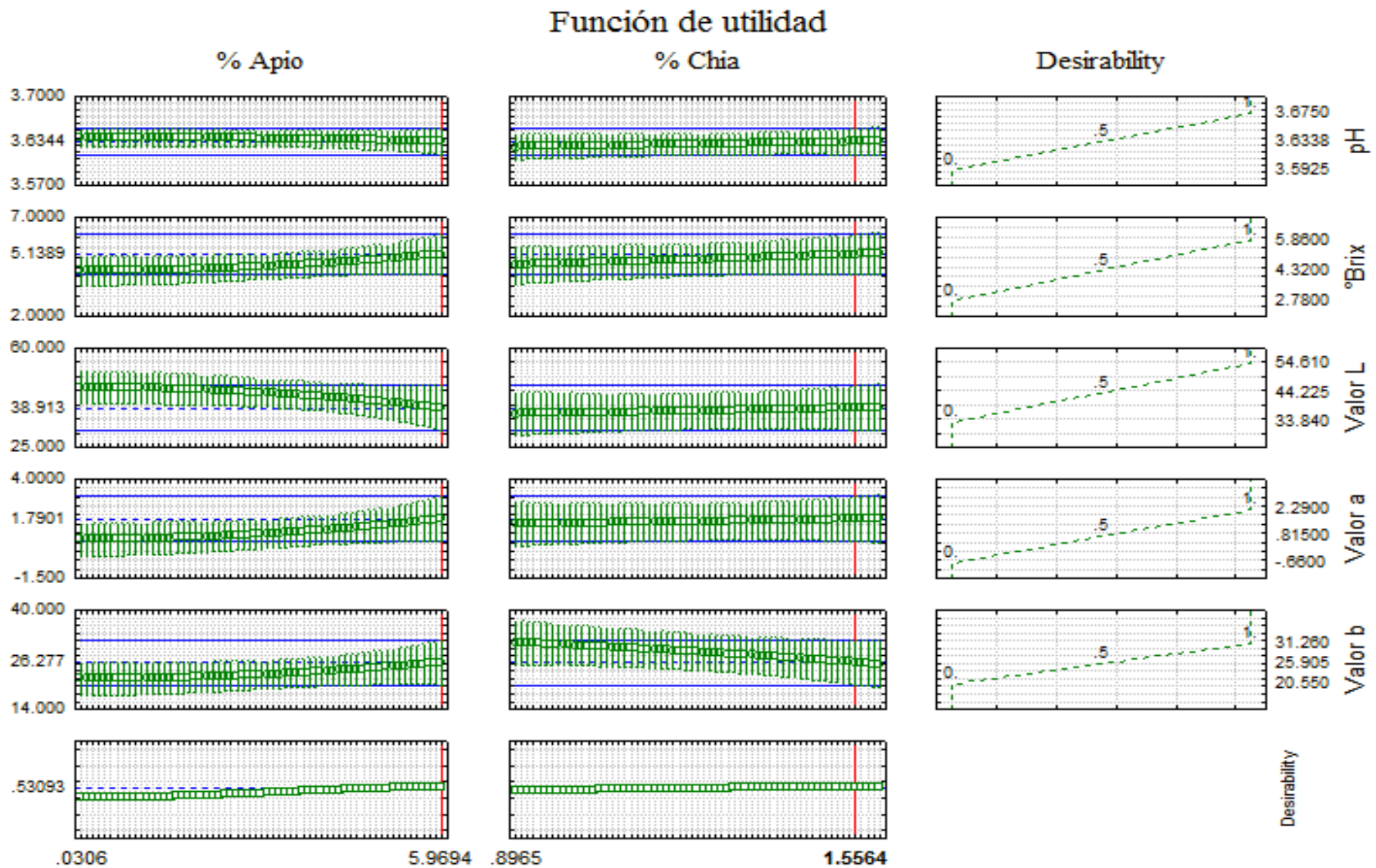


Figura 7. Valores óptimos de las variables independientes sobre las características físico-químicas de una bebida de naranja con apio y chía.

## Segunda fase.

**Composición proximal.** El análisis de composición proximal del producto óptimo y del control de jugo de naranja nos sirve para observar el aporte nutricional de la bebida con apio y chía.

En el cuadro 18 se observa que no hubo diferencias significativas entre el tratamiento óptimo y el control de jugo de naranja para los componentes proximales de humedad, cenizas y carbohidratos, mientras que para proteína, fibra y grasa sí hubo diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ). Dado lo anterior, podemos deducir que la bebida de naranja con apio y chía brinda un aporte de 0.51% de proteína, 0.58% de fibra y 0.13% de grasa por gramo de producto sobre el control de jugo de naranja. Esto podría contribuir con el cumplimiento del requerimiento diario de 46-56 g de proteína, 47-70 g de grasa, 130 g de carbohidratos y 25-35 g de fibra (Wardlaw y Smith, 2005).

Cuadro 16. Promedios y desviación estándar (DE) del análisis proximal de una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en porcentaje (%) de base húmeda.

Tratamiento	Humedad	Cenizas	Carbohidratos	Proteína	Fibra	Grasa
Óptimo	94.59±0.73 a	0.32±0.04a	3.39±0.72a	0.55±0.29 a	0.72±0.69a	0.44±0.01a
Control	97.54±0.08 a	0.13±0.01a	2.02±0.08a	0.04±0.07 b	0.14±1.03b	0.13±0.01 b
CV (%)	0.47	8.89	4.31	2.51	4.20	5.41

<sup>a-b</sup> diferente letra representa diferencias significativas  $P \leq 0.05$

CV= coeficiente de variación

**Medición de viscosidad, días 1 y 15.** Es importante en este estudio conocer cómo se comporta la viscosidad a través del tiempo. El mucílago de la chía juega un rol importante en este comportamiento.

En el cuadro 17 se puede observar que hubo diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos, pero no por efecto de los días de almacenamiento, siendo el producto con mayor viscosidad la bebida optimizada de naranja con apio y chía. Esto tiene mucho sentido pues la composición de ambas bebidas es diferente, como se mencionó anteriormente la chía es la que aporta mayor viscosidad a la bebida optimizada y no se encuentra presente en la formulación de control de jugo de naranja, por lo que éste presenta menor viscosidad.

Muñoz (2012) menciona que el mucílago de la chía tiene un efecto similar al de la goma Xhantan en los alimentos y puede ser usada como espesante, emulsificante y estabilizante en la formación de espuma sin que su efecto se vea afectado en el tiempo.

Cuadro 17. Promedios y desviación estándar (DE) del análisis de viscosidad (Pa.s) realizado a una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Viscosidad (Pa.s)±DE	Viscosidad (Pa.s)± DE
Óptimo	1.86E-02± 0.73 <sup>a(x)</sup>	1.62E-02± 0.80 <sup>a(x)</sup>
Control	4.52E-03± 0.09 <sup>b(x)</sup>	5.51E-03± 0.04 <sup>b(x)</sup>
Coeficiente de variación (%)		11.76

<sup>a-b</sup> letras diferentes en la misma columna representan diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos

<sup>x-y</sup> letras diferentes en la misma fila representan diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre días

**Medición de color, días 1 y 15.** Se realizó una medición de color para evaluar si este parámetro presentó cambios a través del tiempo.

**Valor L\*.** En el cuadro 18 se puede observar que existieron diferencias significativas entre tratamientos y por efecto de los días de almacenamiento para el valor L\*, resultando el control de jugo de naranja el que obtuvo un mayor valor L\*, es decir mayor luminosidad. Esto puede atribuirse a la ausencia de apio y chía en el control, lo que causa una mayor luminosidad.

Como se mencionó anteriormente esto se puede deber a la presencia de clorofila, carotenoides y ácido ascórbico que brindan el color propio del apio y la naranja los cuales tienden a degradarse por influencia del tiempo, tratamiento térmico (Jiménez *et al.*, 2004) y en el caso específico de la vitamina C la temperatura de almacenamiento (Correa y Fonseca, 1998) provocan un oscurecimiento del producto. También se genera reacción de Maillard por la presencia de azúcares reductores en la bebida.

Por otro lado, la presencia de chía en la bebida tiene un efecto contrario al apio, es decir que aumenta la luminosidad, esto podría atribuirse como se mencionó anteriormente al mucílago traslúcido que libera la semilla el cual podría tener el mismo efecto que causan las burbujas al dispersar la luz, generando mayor luminosidad (Mendieta, 2014). El incremento de luminosidad durante los días de almacenamiento concuerda con lo reportado por Novillo (2009) quien en un jugo de carambola amarilla obtuvo mayores valores de luminosidad a partir del día 7 y se mantuvo constante hasta el día 14.

Cuadro 18. Promedios y desviación estándar (DE) del análisis de color expresado como valor L\* realizado a una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Valor L* ± DE	Valor L* ± DE
Óptimo	36.92±0.11 <sup>b(y)</sup>	37.89±0.17 <sup>b(x)</sup>
Control	59.05±0.18 <sup>a(y)</sup>	59.19±0.21 <sup>a(x)</sup>
Coeficiente de variación (%)		0.68

<sup>a-b</sup> letras diferentes en la misma columna representan diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos

<sup>x-y</sup> letras diferentes en la misma fila representan diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre días

**Valor a\*.** Se puede observar que existieron diferencias significativas entre la bebida optimizada y el control, siendo la bebida optimizada de naranja con apio y chía la que tuvo mayor valor a\*, es decir más cercano a rojo mientras que el control tuvo valores deseados de 0.13-0.17. No hubo diferencias estadísticas entre los días de almacenamiento (Cuadro 19). La diferencia entre tratamientos puede atribuirse a la diferente composición de las dos bebidas, ya que la presencia de apio y chía brinda mayor oscurecimiento de la bebida como se explica anteriormente. Schamalko *et al.* (s.f.) afirma que hay una pérdida de pigmentos en las bebidas provenientes de plantas verdes, lo que se refleja principalmente en la escala de valor a\*.

Cuadro 19. Promedios y desviación estándar (DE) del análisis de color expresado como valor a\* realizado a una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Valor a* ± DE	Valor a* ± DE
Óptimo	3.80± 0.17 <sup>a(x)</sup>	3.96± 0.13 <sup>a(x)</sup>
Control	0.16± 0.16 <sup>b(x)</sup>	0.19± 0.15 <sup>b(x)</sup>
Coeficiente de variación (%)		6.65

<sup>a-b</sup> letras diferentes en la misma columna representan diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos

<sup>x-y</sup> letras diferentes en la misma fila representan diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre días

**Valor b\*.** En el cuadro 20 se puede observar que hubo diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos, pero no hubo diferencias por efecto de los días de almacenamiento de las bebidas. El tratamiento con mayor valor b\*, es decir más cercano a amarillo fue el control de jugo de naranja. Como se menciona previamente, la composición de ambos

productos varía mucho por lo que la diferencia entre tratamientos era algo esperado, pues el apio presente en la bebida optimizada disminuye el valor b\* (respecto al control). Cuadro 20. Promedios y desviación estándar (DE) del análisis de color expresado como valor b\* de una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Valor b* ± DE	Valor b* ± DE
Óptimo	29.09± 0.27 <sup>b(x)</sup>	30.11± 0.22 <sup>b(x)</sup>
Control	39.05± 0.22 <sup>a(x)</sup>	37.06± 0.33 <sup>a(x)</sup>
Coeficiente de variación (%)		3.81

<sup>a-b</sup> letras diferentes en la misma columna representan diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos

<sup>x-y</sup> letras diferentes en la misma fila representan diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre días

**Medición de pH.** En este estudio se encontraron diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ) de pH entre tratamientos, más no por influencia de los días de almacenamiento (cuadro 21), a pesar de que hubo un leve incremento de este valor al día 15 para ambos tratamientos. Silva *et al.* (2005) en su estudio sobre la estabilidad físico química del jugo de naranja industrializado menciona que el pH se mantiene estable en anaquel, al contrario de la acidez titulable, la cual si cambia con el tiempo. El tratamiento con mayor valor de pH fue el producto seleccionado como óptimo, esto podría atribuirse a que el pH del apio y de la chía entre 6-6.5 (Pop *et al.*, 2014) es menos ácido que el del jugo de naranja, por lo que podría subir un poco este valor.

Cuadro 21. Promedios y desviación estándar (DE) del análisis de pH de una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15

Tratamiento	Día 1	Día 15
	pH±DE	pH±DE
Óptimo	3.84±0.01 <sup>a(x)</sup>	4.02±0.03 <sup>a(x)</sup>
Control	3.52±0.01 <sup>b(x)</sup>	3.53±0.02 <sup>b(x)</sup>
Coeficiente de variación (%)		1.83

<sup>a-b</sup> letras diferentes en la misma columna representan diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos

<sup>x-y</sup> letras diferentes en la misma fila representan diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre días

**Medición de grados Brix.** El contenido de sólidos solubles en un producto es muy importante, pues mientras mayor sea éste es mejor, pues así habrá mayor contenido de sólidos en suspensión que pueden llegar a ser de gran importancia nutricionalmente como las vitaminas hidrosolubles.

En este estudio se encontró que el tratamiento con mayor contenido de grados Brix fue la bebida optimizada de naranja con apio y chía, pues hubo diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos (Cuadro 22). Se observa que hubo diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) por influencia de los días de almacenamiento (Cuadro 22), es decir que a mayor tiempo de almacenamiento hubo mayor pérdida de sólidos solubles en las bebidas, lo que podría atribuirse a la degradación de ciertos componentes hidrosolubles como el ácido ascórbico que se oxidan a través el tiempo por tratamiento térmico y por la temperatura de almacenamiento (Correa y Fonseca, 1998). Esto concuerda con lo reportado por Castellano *et al.* (2004) en un estudio del comportamiento poscosecha de guayaba tratada térmicamente en donde a más días de almacenamiento, menor contenido de sólidos solubles.

Cuadro 22. Promedios y desviación estándar (DE) de la medición de grados Brix de una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Grados Brix $\pm$ DE	Grados Brix $\pm$ DE
Óptimo	5.43 $\pm$ 0.06 a(x)	3.07 $\pm$ 0.06 a(y)
Control	2.67 $\pm$ 0.06 b(x)	2.27 $\pm$ 0.06 by)
Coeficiente de variación (%)		16.73

a-b =letras diferentes en la misma columna representan diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos

x-y = letras diferentes en la misma fila representan diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre días

**Análisis microbiológicos.** Los resultados microbiológicos obtenidos tanto para el día 1 y 15 fueron  $< 3$ NMP por mL de muestra (Cuadro 23) de la bebida de naranja con apio y chía optimizada y del control de bebida de naranja pura. Estos resultados cumplen con lo establecido por el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA, 2009) para bebidas envasadas pasteurizadas no carbonatadas.

Cuadro 23. Resultados de análisis microbiológicos para determinación de *Escherichia coli* realizados a una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y una bebida de naranja (control).

Tratamiento	Día 1	Día 15	Valor de referencia (RTCA)
Óptimo	$< 3$ NMP/ml	$< 3$ NMP/ml	$< 3$ NMP/mL
Control	$< 3$ NMP/ml	$< 3$ NMP/ml	$< 3$ NMP/mL

RTCA = Reglamento Técnico Centroamericano

**Evaluación sensorial.** Se realizó una evaluación de los atributos sensoriales del producto a través del tiempo para evaluar la aceptación de la bebida optimizada de naranja con apio



y chía y el control de jugo de naranja por parte del consumidor en los días 1 y 15 de almacenamiento.

**Atributo olor.** No se obtuvo diferencias significativas en la característica de olor ni al día 1 ni 15 de almacenamiento. Tampoco existieron diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos (Cuadro 24). El producto óptimo obtuvo una calificación de 5 para ambos días (Cuadro 24), lo que de acuerdo a la escala hedónica de siete puntos utilizada en el estudio equivale a “me gusta poco”. Esta calificación puede atribuirse al fuerte olor a apio presente en la bebida, pues muchos panelistas reportaron que no les agradaba ese olor en una bebida de naranja o una de frutas en general. Por otro lado, el control no presentó diferencias significativas entre días, lo que indica que el consumidor no detectó diferencias en el producto fresco y almacenado. Al tener calificaciones muy similares, se puede inferir que el consumidor acepta ambos productos de igual forma para el atributo olor.

Cuadro 24. Promedios y desviación estándar (DE) del atributo sensorial de olor de una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Olor $\pm$ DE	Olor $\pm$ DE
Óptimo	4.96 $\pm$ 1.19 <sup>a(x)</sup>	4.54 $\pm$ 1.24 <sup>a(x)</sup>
Control	4.00 $\pm$ 1.32 <sup>a(x)</sup>	5.02 $\pm$ 1.36 <sup>a(x)</sup>
Coeficiente de variación (%)		29.75

<sup>a</sup> representa que no hubieron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos

<sup>x</sup> representa que no hubieron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre días

**Atributo color.** Como se mencionó anteriormente, el color juega un rol muy importante en la aceptabilidad del producto por parte del consumidor. No se obtuvieron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) ni entre tratamientos ni entre días de almacenamiento (Cuadro 25).

El producto óptimo obtuvo una calificación redondeada de cinco y cuatro para los días 1 y 15 respectivamente (Cuadro 25); esto traducido a la escala utilizada significa “me gusta poco” y “ni me gusta ni me disgusta”. El control reportó calificaciones aproximadas de 4 y 5, equivalente a “ni me gusta ni me disgusta” y “me gusta poco” respectivamente. Se concluye entonces que el consumidor no distingue diferencias entre tratamientos. Los resultados del análisis sensorial fueron similares a los reportados por las pruebas de laboratorio en donde se encontraron diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) sólo para el valor L\* y no para los valores a\* y b\*.

Cuadro 25. Promedios y desviación estándar (DE) de la prueba sensorial de color de una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Color±DE	Color±DE
Óptimo	5.11±1.14 <sup>a(x)</sup>	3.70±1.49 <sup>a(x)</sup>
Control	3.83±1.52 <sup>a(x)</sup>	5.00±1.33 <sup>a(x)</sup>
Coeficiente de variación (%)		37.67

<sup>a</sup> representa que no hubieron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos

<sup>x</sup> representa que no hubieron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre días

**Atributo sabor.** El sabor es un factor determinante de aceptación e intención de compra de un producto, más aún si éste es un producto nuevo. En este estudio ciertos panelistas demostraron que no les agrada sentir un sabor muy fuerte a vegetales u otras hierbas en jugos de fruta.

El cuadro 26 muestra que el producto óptimo obtuvo calificaciones aproximadas de cuatro y tres para los días 1 y 15, equivalente a “ni me gusta ni me disgusta” y “me disgusta poco” en la escala hedónica de siete puntos. A pesar de esto, no hubo diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ) por efecto de los días. El control de jugo de naranja obtuvo calificaciones redondeadas de cuatro para ambos días, lo que equivale a “ni me gusta ni me disgusta” en la escala hedónica utilizada en el estudio, por lo tanto no se encontraron diferencias significativas por efecto de los días de almacenamiento. Se puede concluir que el consumidor acepta por igual ambos tratamientos para el atributo sabor.

Cuadro 26. Promedios y desviación estándar (DE) de la prueba sensorial de sabor de una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Sabor±DE	Sabor±DE
Óptimo	4.33±1.51 <sup>a(x)</sup>	3.39±1.56 <sup>a(x)</sup>
Control	3.72±1.63 <sup>a(x)</sup>	3.78±1.47 <sup>a(x)</sup>
Coeficiente de variación (%)		43.36

<sup>a</sup> representa que no hubieron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos

<sup>x</sup> representa que no hubieron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre días

**Atributo acidez.** La acidez en un producto es indicador de calidad, pues una alta acidez indica que el producto se encuentra en proceso de deterioro. Así mismo, si el consumidor percibe una alta acidez disminuye su aceptación hacia el producto.

El cuadro 27 muestra que el producto optimizado obtuvo calificaciones de cinco y cuatro para los días de almacenamiento 1 y 15. Esto es igual a “me gusta poco” y “ni me gusta ni me disgusta” en una escala hedónica de siete puntos. No hubo diferencias significativas por efecto de días en este tratamiento.

El control de jugo de naranja obtuvo una calificación de cuatro tanto para el día 1 como para el 15 (Cuadro 27), lo que es igual a “ni me gusta ni me disgusta”, por lo que no se obtuvieron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre días. Estos resultados son muy similares a los reportados por los análisis de laboratorio (pH), en donde tampoco se hallaron diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ) por efecto de los días, pero sí entre tratamientos. Se concluye entonces que para el atributo acidez el consumidor percibe de igual forma los dos tratamientos evaluados.

Cuadro 27. Promedios y desviación estándar (DE) del atributo sensorial de acidez de una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Acidez±DE	Acidez±DE
Óptimo	4.61±1.57 <sup>a(x)</sup>	4.00±1.53 <sup>a(x)</sup>
Control	3.98±1.50 <sup>a(x)</sup>	4.07±1.61 <sup>a(x)</sup>
Coeficiente de variación (%)		38.37

<sup>a</sup> representa que no hubieron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos

<sup>x</sup> representa que no hubieron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre días

**Atributo viscosidad.** En este producto determinar la percepción de viscosidad del consumidor fue trascendental, pues la semilla de chía aporta viscosidad por el mucilago que la envuelve al entrar en contacto con un medio acuoso y no se conocía si esta viscosidad se perdería con el almacenamiento. Fue importante evaluar si la aceptación del consumidor hacia la viscosidad de las bebidas cambió a través del tiempo.

El producto optimizado obtuvo calificaciones aproximadas de cinco y cuatro en los días 1 y 15 (Cuadro 28) respectivamente equivalente a “me gusta poco” y “ni me gusta ni me disgusta”. A pesar de ello, no hubo diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ) por efecto de días de almacenamiento.

El control obtuvo calificaciones aproximadas de 4 y 5 para los días 1 y 15 (cuadro 28), muy similares al producto optimizado. No se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) por efecto de días de almacenamiento.

Se concluye entonces que en este estudio el consumidor aceptó de igual forma el atributo viscosidad en ambos tratamientos, sin mostrar una inclinación mayor por alguno de ellos. Estos resultados difieren un poco de lo reportado en los análisis de laboratorio, pues en ese caso si se muestran diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos, aunque no por efecto de días de almacenamiento.

Cuadro 28. Promedios y desviación estándar (DE) del atributo sensorial de viscosidad de una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Viscosidad±DE	Viscosidad±DE
Óptimo	4.98±1.42 <sup>a(x)</sup>	4.41±1.56 <sup>a(x)</sup>
Control	4.22±1.50 <sup>a(x)</sup>	4.76±1.25 <sup>a(x)</sup>
Coeficiente de variación (%)		33.20

<sup>a</sup> representa que no hubieron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos

<sup>x</sup> representa que no hubieron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre días

**Aceptación general.** Este atributo brinda una idea más completa de la percepción que genera el producto en el consumidor. Es influenciado en parte por el conjunto de atributos mencionados anteriormente y por las experiencias de cada panelista.

El cuadro 29 muestra que la bebida optimizada de naranja con apio y chía obtuvo calificaciones aproximadas de cinco y cuatro en los días 1 y 15, similares a las evaluaciones obtenidas en atributos anteriores. No hubo diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los días de almacenamiento.

La bebida de jugo de naranja utilizada como control al igual que el producto óptimo, no presentó diferencias significativas por días. Las calificaciones obtenidas fueron de cuatro para ambos días, por lo que no hubo diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ). Se concluye entonces que en este estudio el consumidor acepta ambos productos por igual.

Cuadro 29. Promedios y desviación estándar (DE) del atributo sensorial de aceptación general de una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) en los días 1 y 15.

Tratamiento	Día 1	Día 15
	Aceptación±DE	Aceptación±DE
Óptimo	4.65±1.42 a(x)	3.98±1.44 a(x)
Control	4.02±1.37 a(x)	4.46±1.26 a(x)
Coeficiente de variación (%)		33.87

a = representa que no hubieron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos

x = representa que no hubo diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre días

En la figura 8 se puede observar el comportamiento de la respuesta del consumidor respecto a cada atributo evaluado sensorialmente por tratamiento y por días de almacenamiento. Se puede destacar que las calificaciones son muy similares entre tratamientos y días, por lo que se generó una gráfica muy simétrica. Esto nos lleva a

concluir que la bebida optimizada y el jugo de naranja fueron aceptados de la misma forma por el consumidor con calificaciones de cuatro y cinco equivalentes a “ni me gusta ni me disgusta” y “me gusta poco” de acuerdo a la escala hedónica utilizada.

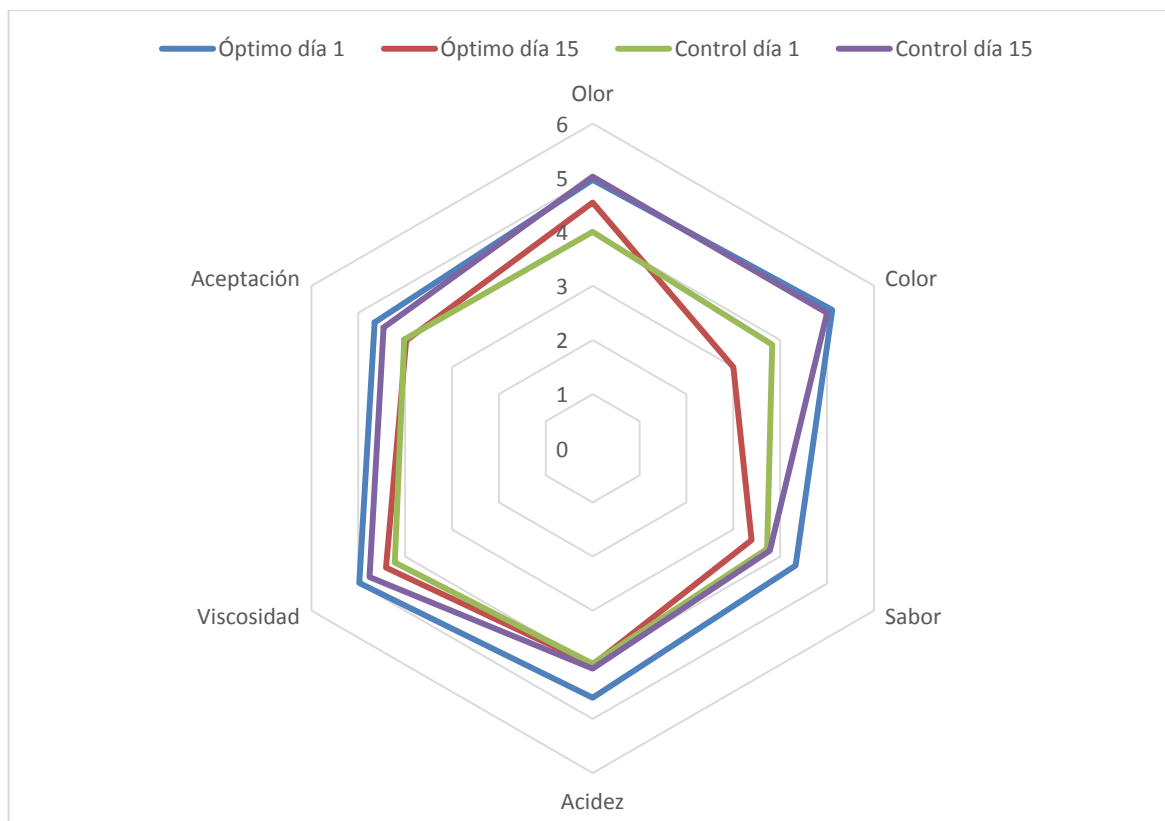


Figura 8. Resultados de un análisis sensorial realizado a una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control) para los atributos de olor, color, sabor, acidez, viscosidad y aceptación general en los días 1 y 15 de almacenamiento.

**Análisis de costos variables.** En el cuadro 30 se muestran los costos variables de la elaboración de la bebida de naranja con apio y chía optimizada y del jugo de naranja utilizado como control en este estudio. Se observa que producir 50 L de bebida de naranja con apio y chía tiene un costo de USD 4.15 más que el jugo de naranja utilizado como control.

Cuadro 30. Costos variables de la formulación para elaborar 50 litros una bebida de naranja con apio y chía (óptimo) y jugo de naranja (control).

Insumo	Unidad	Costo unitario (L.)	Bebida con apio y chía		Jugo de naranja	
			Cantidad	Subtotal (L.)	Cantidad	Subtotal (L.)
Naranja	Unidad.	1	66	66	66	66
Apio	Mazo.	6.5	4.26	27.69	0	0
Chía	Libra.	80	0.8	64	0	0
<b>Total (L.)</b>				157.69		66
<b>Total (\$)</b>				7.13		2.98

La tasa de cambio utilizada por dólar de EEUU es de L.22.13 acorde al Banco Central de Honduras como promedio para agosto, 2015.

#### **4. CONCLUSIONES**

- La formulación óptima para una bebida de naranja con apio y chía fue 5.96% de apio y 1.55% de chía.
- La bebida optimizada de naranja con apio y chía aportó 0.55% de proteína, 0.72% de fibra cruda y 0.44% de grasa.
- La bebida de naranja con apio y chía tuvo la misma aceptación sensorial que el jugo de naranja utilizado como control.
- En la bebida de naranja con 5.96% de apio y 1.55% de chía la viscosidad y pH se mantuvieron estables a través del tiempo, la luminosidad aumentó y el contenido de sólidos solubles disminuyó.
- Producir 50 litros de bebida de naranja con apio y chía tiene un costo de USD 7.13.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Evaluar en el tiempo la estabilidad de los lípidos contenidos en la semilla de chía.
- Conducir un estudio en el tiempo para demostrar si existe una funcionalidad del producto.
- Realizar mayor investigación sobre otras formas de inclusión de la chía en una bebida.



## 6. LITERATURA CITADA

AOAC (Association Official Analytical Chemists). 1997. Official Methods of Analysis. 1997. 16th end, Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. Consultado el 18 de agosto de 2014. Disponible en: <http://www.aoac.org/>

Agrimundo. 2014. Europa: tendencias de consumo de jugos y néctares (en línea). Consultado el 25 de septiembre de 2015. Disponible en <http://www.agrimundo.cl/?p=28291>

Ayerza, R y W. Coates. 2006. Chía. Editorial del Nuevo Extremo.

Banco Central de Honduras. Tasa de cambio lempira a dólar (en línea). Consultado el 17 de agosto de 2015. Disponible en <http://www.bch.hn/esteco/ianalisis/proint.pdf>

Base SAS® 9.3 TS1M2. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Box G.E.P. y N.R. Draper. 1959. A Basis for the Selection of a Response Surface Design. Journal of the American Statistical Association. Vol. 54 No. 287, pp. 622-654.

Castellano, G., O. Quijada, R. Ramírez y E. Sayago 2005. Comportamiento poscosecha de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.) tratados con cloruro de calcio y agua caliente a dos temperaturas de almacenamiento (en línea). Consultado el 17 de octubre de 2015. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81360203>

Central América Data. 2013. Auge de las bebidas saludables en Guatemala (en línea). Consultado el 28 de agosto de 2015. Disponible en [http://www.centralamericadata.com/es/article/home/Auge\\_de\\_las\\_bebidas\\_saludables\\_en\\_Guatemala](http://www.centralamericadata.com/es/article/home/Auge_de_las_bebidas_saludables_en_Guatemala)

Charmaine, Y. y A. Cross. 2001. Miracle juices: 60 juices for a healthy life. Quayside Publishing Group. 128 p.

Codex Alimentarius. 2003. Norma general del Codex para zumos (jugos) y néctares de frutas (en línea). Consultado el 24 de agosto de 2015. Disponible en [www.codexalimentarius.net/download/standards/.../CXS\\_247s.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/standards/.../CXS_247s.pdf)

Correa, R. y J. Fonseca. 1998. Fatores que influem na qualidade do suco de laranja (en línea). Consultado el 15 de octubre de 2015. Disponible en

[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/veiculos\\_de\\_comunicacao/CTA/VOL19N1/CTA19N1\\_24.PDF](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/veiculos_de_comunicacao/CTA/VOL19N1/CTA19N1_24.PDF)

Della Torre, J., M. Rodas, G. Badolato y C. Tadini. 2003. Perfil sensorial e aceitação de suco de laranja pasteurizado mínimamente procesado (en línea). Consultado el 10 de julio de 2015. Disponible en [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612003000200001](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612003000200001)

Economos, C. y W. Clay. 1998. Food and Agriculture Organization of the United Nations (en línea). Consultado el 12 de julio de 2015. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/x2650t/x2650t03.htm>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2006. Más fruta y hortalizas (en línea). Consultado el 28 de agosto de 2015. Disponible en <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0606sp2.htm>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. s.f. Necesidades nutricionales (en línea). Consultado el 24 de agosto de 2015. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/014/am401s/am401s03.pdf>

González, G. 2014. Principales limitaciones y restricciones a la comercialización de los productos de interés para el área de sistema de riego de Santa María, Catamarca. FAO, PROSAP, Ministerio de agricultura, ganadería y pesca, Buenos Aires, Argentina. 72 p.

Gordillo, C., N. Guerrero, N. Izáziga, B. Laguna, M. Lázaro y J. Rojas. 2012. Efecto de la proporción de naranja (*Citrus sinensis*), papaya (*Carica papaya*) y piña (*Ananas comosus*) en la aceptabilidad general de un néctar mixto. Universidad Nacional de Trujillo, Perú. 138 p.

Hours, R., M. Ferreyra, M. Schwab, L. Gerad, L. Zapata y C. Davies. 2005. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de jugos de naranja destinados a vinificación (en línea). Consultado el 7 de octubre de 2015. Disponible en [http://www.researchgate.net/profile/Roque\\_Hours/publication/26482046\\_Caracterizacin\\_fisicoquimica\\_y\\_microbiologica\\_de\\_jugos\\_de\\_naranja\\_destinados\\_a\\_vinificacin/links/00b7d523b69e91b014000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Roque_Hours/publication/26482046_Caracterizacin_fisicoquimica_y_microbiologica_de_jugos_de_naranja_destinados_a_vinificacin/links/00b7d523b69e91b014000000.pdf)

Huezo, A. 2008. Evaluación física y sensorial de un prototipo de bebida de maracuyá con semillas de chía (*Salvia hispánica* L.) y análisis químico de la semilla de chía. Proyecto especial de graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 38 p.

Industria Alimenticia. 2009. Bebidas (en línea). Consultado el 28 de agosto de 2015. Disponible en <http://www.industriaalimenticia.com/articles/83181-bebidas-1>

Institute of Food Technologists (IFT) 2014. Top ten functional food trends for 2014 (en línea). Consultado el 17 de octubre de 2015. Disponible en

<http://www.ift.org/newsroom/news-releases/2014/april/21/top-ten-functional-food-trends-for-2014.aspx>

Jacho A. y C. Vásquez. 2011. Efecto de una pectinasa e hidróxido de calcio en las características físico-químicas y sensoriales de jugo de sábila con naranja. Proyecto especial de graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 28 p.

Jiménez, M., M. Zambrano, y M. Aguilar. 2004. Estabilidad de pigmentos en frutas sometidas a tratamiento con energía de microondas (en línea). Consultado el 7 de Octubre del 2015. Disponible en [http://www.scielo.cl/sci-hub.club/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642004000300009&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.cl/sci-hub.club/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642004000300009&lng=en&nrm=iso&tlng=en)

Kooti W., S. Ali-Akbari, M. Asadi-Samani, H. Ghadery y D. Ashtary-Larky. 2014. A review on medicinal plant of *Apium graveolens*. *Advanced Herbal Medicine*, 2014; 1 (1): 48-59.

Mendieta, P. 2014. Optimización de emulsiones cárnicas a partir de tres coproductos cárnicos de cerdo utilizando la metodología de superficie de respuesta. Proyecto especial de graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 54 p.

Muñoz, L. 2012. Mucilage from chia seeds (*Salvia hispánica*): microestructure, physico-chemical characterization and applications in food industry (en línea). Consultado el 14 de octubre de 2014. Disponible en <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/1889>

Norma Técnica Mexicana. 1978. Medición de pH en alimentos (en línea). Consultado el 4 de octubre de 2015. Disponible en <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-317-S-1978.PDF>

Norma Técnica Mexicana. 2012. Determinación de grados Brix en jugos de especies vegetales productoras de azúcar y materiales azucarados (en línea). Consultado el 5 de octubre de 2015. Disponible en <http://www.cndsca.gob.mx/eficienciaproductiva/normas/2013/NMX-f-436-SCFI-2011.pdf>

Novillo, G. 2009. Desarrollo y evaluación física, química y sensorial de jugo de dos variedades de carambola (*Averrhoa carambola*). Proyecto especial de graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 28 p.

Pop, A., S. Muste, C. Muresan y S. Jula. 2014. Studies on Juice Quality Obtained from Pomegranate and Various Vegetables Additions (en línea). Consultado el 10 de Agosto de 2015. Disponible en <http://journals.usamvcluj.ro/index.php/fst/article/view/10117/8501>

Reglamento Técnico Centro Americano (RTCA). 2009. Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos (en línea). Consultado el 15 de septiembre de 2015. Disponible en

<http://www.ccit.hn/wp-content/uploads/2014/08/Anexo-Resolucion-No.243-2009-Criterios-Microbiologicos.pdf>

Silva P., E. Fialho, M. Lopes, V. Valente-Mesquita. 2005. Sucos de laranja industrializados e preparados sólidos para refrescos: estabilidad química e físico-química (en línea). Consultado el 17 de octubre de 2015. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/%0D/cta/v25n3/27033.pdf>

Schmalko, M., P. Scipioni, D. Ferreyra, y S. Alzamora. s.f. Efecto de la actividad del agua y la temperatura en la degradación de la clorofila y el color en hojas de yerba mate. Argentina.

Uauy R. y S. Olivares. s.f. Importancia de las grasas y aceites para el crecimiento y desarrollo de los niños (en línea). Consultado el 20 de agosto de 2015. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/t4660t/t4660t05.htm>

Wardlaw, G. y A., Smith. 2005. Contemporary Nutrition. The Mc.Graw-Hill Companies, Six edition update. 584 p.

Yeager S. 2001. La guía médica de remedios alimenticios. Rodale. 756 p.

## 7. ANEXOS

**Anexo 1.** Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de las variables independientes sobre la sedimentación en la bebida de naranja con apio y chía

Tratamiento	% apio	% chía	Sedimentación ± DE
1	0.9	1.00	65.08±2.245 <sup>a</sup>
2	0.9	1.50	46.83±3.367 <sup>bcd</sup>
3	5.1	1.00	46.03±4.490 <sup>bcd</sup>
4	5.1	1.50	43.65±5.612 <sup>cd</sup>
5	0.031	1.25	42.06±5.612 <sup>d</sup>
6	5.96	1.25	54.76±3.367 <sup>b</sup>
7	3.0	0.796	47.62±4.490 <sup>bcd</sup>
8	3.0	1.60	49.21±4.490 <sup>bcd</sup>
9	3.0	1.25	51.59±1.122 <sup>bc</sup>
10	3.0	1.25	47.62±4.490 <sup>bcd</sup>
11	3.0	1.25	69.84±4.490 <sup>a</sup>
12	3.0	1.25	46.83±3.367 <sup>bcd</sup>
<b>Coefficiente de variación (%)</b>			<b>15.70</b>

<sup>a-d</sup> diferente letra representa diferencias significativas  $P \leq 0.05$

**Anexo 2:** Análisis de varianza, coeficientes de regresión y R<sup>2</sup> para sedimentación, en función de % apio (X<sub>1</sub>) y % chía (X<sub>2</sub>) en las formulaciones

Coefficientes	Sedimentación
Intercepto	5.04E+01*
X <sub>1</sub>	-5.33E-01
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	-2.28E+00
X <sub>2</sub>	-2.30E+00
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-2.28E+00
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	3.97E+00
R <sup>2</sup>	0.515
Falta de ajuste	2.75E+02

X<sub>1</sub>= porcentaje de apio

X<sub>2</sub>= porcentaje de chía

\*significativo a  $P < 0.10$

Anexo 3. Tabla de puntos de porcentaje de distribución F (P<0.05)

v2 \ v1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	39.86	49.50	53.59	55.83	57.24	58.20	58.91	59.44	59.86	60.19	60.71	61.22	61.74	62.00	62.26	62.53	62.79	63.06	63.33
2	8.53	9.00	9.16	9.24	9.29	9.33	9.35	9.37	9.38	9.39	9.41	9.24	9.44	9.45	9.46	9.47	9.47	9.48	9.49
3	5.54	5.46	5.39	5.34	5.31	5.28	5.27	5.25	5.24	5.23	5.22	5.20	5.18	5.18	5.17	5.16	5.15	5.14	5.13
4	4.54	4.32	4.19	4.11	4.05	4.01	3.98	3.95	3.94	3.92	3.90	3.87	3.84	3.83	3.82	3.80	3.79	3.78	3.76
5	4.06	3.78	3.62	3.52	3.45	3.40	3.37	3.34	3.32	3.30	3.27	3.24	3.21	3.19	3.17	3.16	3.14	3.12	3.10
6	3.78	3.46	3.29	3.18	3.11	3.05	3.01	2.98	2.96	2.94	2.90	2.87	2.84	2.82	2.80	2.78	2.76	2.74	2.72
7	3.59	3.26	3.07	2.96	2.88	2.83	2.78	2.75	2.72	2.70	2.67	2.63	2.59	2.58	2.56	2.54	2.51	2.49	2.47
8	3.46	3.11	2.92	2.81	2.73	2.67	2.62	2.59	2.56	2.54	2.50	2.46	2.42	2.40	2.38	2.36	2.34	2.32	2.29
9	3.36	3.01	2.81	2.69	2.61	2.55	2.51	2.47	2.44	2.42	2.38	2.34	2.30	2.28	2.25	2.23	2.21	2.18	2.16
10	3.29	2.92	2.73	2.61	2.52	2.46	2.41	2.38	2.35	2.32	2.28	2.24	2.20	2.18	2.16	2.13	2.11	2.08	2.06
11	3.23	2.86	2.66	2.54	2.45	2.39	2.34	2.30	2.27	2.25	2.21	2.17	2.12	2.10	2.08	2.05	2.03	2.00	1.97
12	3.18	2.81	2.61	2.48	2.39	2.33	2.28	2.24	2.21	2.19	2.15	2.10	2.06	2.04	2.01	1.99	1.96	1.93	1.90
13	3.14	2.76	2.56	2.43	2.35	2.28	2.23	2.20	2.16	2.14	2.10	2.05	2.01	1.98	1.96	1.93	1.90	1.88	1.85
14	3.10	2.73	2.52	2.39	2.31	2.24	2.19	2.15	2.12	2.10	2.05	2.01	1.96	1.94	1.91	1.89	1.86	1.83	1.80
15	3.07	2.70	2.49	2.36	2.27	2.21	2.16	2.12	2.09	2.06	2.02	1.97	1.92	1.90	1.87	1.85	1.82	1.79	1.76
16	3.05	2.67	2.46	2.33	2.24	2.18	2.13	2.09	2.06	2.03	1.99	1.94	1.89	1.87	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72
17	3.03	2.64	2.44	2.31	2.22	2.15	2.10	2.06	2.03	2.00	1.96	1.91	1.86	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72	1.69
18	3.01	2.62	2.42	2.29	2.20	2.13	2.08	2.04	2.00	1.98	1.93	1.89	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72	1.69	1.66
19	2.99	2.61	2.40	2.27	2.18	2.11	2.06	2.02	1.98	1.96	1.91	1.86	1.81	1.79	1.76	1.73	1.70	1.67	1.63
20	2.97	2.59	2.38	2.25	2.16	2.09	2.04	2.00	1.96	1.94	1.89	1.84	1.79	1.77	1.74	1.71	1.68	1.64	1.61
21	2.96	2.57	2.36	2.23	2.14	2.08	2.02	1.98	1.95	1.92	1.87	1.83	1.78	1.75	1.72	1.69	1.66	1.62	1.59
22	2.95	2.56	2.35	2.22	2.13	2.06	2.01	1.97	1.93	1.90	1.86	1.81	1.76	1.73	1.70	1.67	1.64	1.60	1.57
23	2.94	2.55	2.34	2.21	2.11	2.05	1.99	1.95	1.92	1.89	1.84	1.80	1.74	1.72	1.69	1.66	1.62	1.59	1.55
24	2.93	2.54	2.33	2.19	2.10	2.04	1.98	1.94	1.91	1.88	1.83	1.78	1.73	1.70	1.67	1.64	1.61	1.57	1.53
25	2.92	2.53	2.32	2.18	2.09	2.02	1.97	1.93	1.89	1.87	1.82	1.77	1.72	1.69	1.66	1.63	1.59	1.56	1.52
26	2.91	2.52	2.31	2.17	2.08	2.01	1.96	1.92	1.88	1.86	1.81	1.76	1.71	1.68	1.65	1.61	1.58	1.54	1.50
27	2.90	2.51	2.30	2.17	2.07	2.00	1.95	1.91	1.87	1.85	1.80	1.75	1.70	1.67	1.64	1.60	1.57	1.53	1.49
28	2.89	2.50	2.29	2.16	2.06	2.00	1.94	1.90	1.87	1.84	1.79	1.74	1.69	1.66	1.63	1.59	1.56	1.52	1.48
29	2.89	2.50	2.28	2.15	2.06	1.99	1.93	1.89	1.86	1.83	1.78	1.73	1.68	1.65	1.62	1.58	1.55	1.51	1.47
30	2.88	2.49	2.28	2.14	2.05	1.98	1.93	1.88	1.85	1.82	1.77	1.72	1.67	1.64	1.61	1.57	1.54	1.50	1.46
40	2.84	2.44	2.23	2.09	2.00	1.93	1.87	1.83	1.79	1.76	1.71	1.66	1.61	1.57	1.54	1.51	1.47	1.42	1.36
60	2.79	2.39	2.18	2.04	1.95	1.87	1.82	1.77	1.74	1.71	1.66	1.60	1.54	1.51	1.48	1.44	1.40	1.35	1.29
120	2.75	2.35	2.13	1.99	1.90	1.82	1.77	1.72	1.68	1.65	1.60	1.55	1.48	1.45	1.41	1.37	1.32	1.26	1.19
∞	2.71	2.30	2.08	1.94	1.85	1.77	1.72	1.67	1.63	1.60	1.55	1.49	1.42	1.38	1.34	1.30	1.24	1.17	1.00

326

Fuente: Mendieta, 2014