

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



Efecto de la proporción de pulpa de manzana: zumo de piña: extracto de zanahoria, en las características fisicoquímicas, contenido de compuestos fenólicos, olor y sabor de un batido funcional

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

CINTHYA CATHERINE PÉREZ SALDAÑA

TRUJILLO, PERÚ

2019

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:



Ing. Dr. Carlos Eduardo Lescano Anadón

PRESIDENTE



Ing. Ms. Luis Francisco Márquez Villacorta

SECRETARIO



Ing. Ms. Max Martín Vásquez Senador

VOCAL



Ing. Ms. Gabriela del Carmen Barraza Jáuregui

ASESOR

DEDICATORIA

A DIOS, que me enseña a vivir día a día, me guía por el buen camino y jamás me suelta de la mano. Quien en momentos de flaqueza sabe darme fuerzas para seguir adelante y no rendirme ante las adversidades.

A ti Virgencita de la Puerta, que derramas tus bendiciones e intercedes ante tu Hijo Jesucristo para que escuche mis plegarias.

A mis Padres, que con perseverancia y ejemplo de vida han sabido educarme para la vida. Que con su sacrificio y dedicación me demuestran que son el mejor regalo que Dios pudo haberme brindado.

A mi Nobuko, que llegó a mi vida para enseñarme el amor incondicional, la paz y tranquilidad a tu lado es invaluable. He aprendido que todo esfuerzo y sacrificio es pequeño cuando se hace con amor.

AGRADECIMIENTO

A DIOS PADRE, por protegerme, guiarme y amarme a pesar de mis defectos.

A mi asesora, Ing. Ms. Gabriela Barraza Jáuregui, por sus conocimientos, orientaciones y motivación, los cuales han sido fundamentales para la culminación de mi trabajo de tesis.

A mi familia, que en ellos encuentro el ejemplo de superación y unión, que me dan la fortaleza necesaria cuando mis fuerzas me abandonan.

ÍNDICE GENERAL

CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.....	5
2.1. Alimentos funcionales.....	5
2.2. Batido funcional.....	5
2.3. Pulpa de manzana	6
2.3.1. Definición	6
2.3.2. Composición nutricional de pulpa de manzana.....	6
2.3.3. Compuestos fenólicos en manzanas	6
2.4. Zumo y extracto de frutas y hortalizas	7
2.4.1. Definición	7
2.4.2. Composición nutricional y funcional del zumo de piña	7

2.4.3. Composición nutricional y funcional del extracto de zanahoria.....	8
2.5. Teoría del color	9
2.5.1. El espacio de color CIE LAB	9
2.5.2. El espacio de color CIE LCH.....	10
2.6. Compuestos fenólicos	11
2.7. Evaluación sensorial	12
2.8. Diseño de mezclas.....	13
2.8.1. Componentes de un diseño de mezclas	13
2.8.2. Sistema triangular de coordenadas.....	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Lugar de ejecución.....	16
3.2. Materiales y equipos	16
3.3. Método experimental de la investigación	17
3.3.1. Esquema experimental de la investigación	17
3.3.2. Obtención de zumo de piña	21
3.3.3. Obtención de pulpa de manzana	23
3.3.4. Obtención de extracto de zanahoria	25
3.3.5. Elaboración de un batido funcional	27
3.4. Método de análisis	28
3.4.1 Determinación de pH	28
3.4.2 Determinación de sólidos solubles.....	28
3.4.3. Determinación de color	28

3.4.4. Determinación de compuestos fenólicos.....	28
3.4.5. Análisis sensorial del olor y sabor	29
3.5. Análisis estadístico.....	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1. Efecto de la proporción pulpa de manzana, zumo de piña y extracto de zanahoria en el pH del batido funcional	34
4.2. Efecto de la proporción pulpa de manzana, zumo de piña y extracto de zanahoria en el pH del batido funcional	39
4.3. Efecto de la proporción pulpa de manzana, zumo de piña y extracto de zanahoria en los valores del tono del batido funcional	45
4.4. Efecto de la proporción pulpa de manzana, zumo de piña y extracto de zanahoria en los valores de croma del batido funcional	48
4.5. Efecto de la proporción pulpa de manzana, zumo de piña y extracto de zanahoria en el contenido de compuestos fenólicos del batido funcional	54
4.6. Efecto de la proporción pulpa de manzana, zumo de piña y extracto de zanahoria en los valores del olor del batido funcional.....	57
4.7. Efecto de la proporción pulpa de manzana, zumo de piña y extracto de zanahoria en los valores del sabor del batido funcional	63
4.8. Determinación de la zona de formulación factible y localización numérica de la mezcla óptima	69
V. CONCLUSIONES.....	71

VI. RECOMENDACIONES.....	72
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	73
VIII.ANEXOS.....	80

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Mezclas para un diseño simplex reticular con centroide ampliado.....	15
Cuadro 2. Tratamientos experimentales del diseño simplex reticular con centroide ampliado.....	18
Cuadro 3. Cantidad de ZP: PM: EZ, utilizada en 500 g de cada tratamiento.....	19
Cuadro 4. Valores de pH de muestras del batido funcional	35
Cuadro 5. Análisis de varianza de modelos para valores de pH de muestras del batido funcional.....	35
Cuadro 6. Coeficientes de la regresión del modelo cuadrático aplicado a valores de pH de muestras del batido funcional.....	36
Cuadro 7. Valores observados y estimados de pH de muestras del batido funcional.....	37
Cuadro 8. Valores de sólidos solubles del batido funcional....	40
Cuadro 9. Análisis de varianza de modelos para valores de sólidos solubles del batido funcional.....	41
Cuadro 10. Coeficientes de la regresión del modelo lineal aplicado a sólidos solubles del batido funcional.....	41
Cuadro 11. Valores observados y estimados para sólidos solubles expresados en °Brix del batido funcional..	43
Cuadro 12. Valores de tono para muestras del batido funcional.....	46

Cuadro 13.	Análisis de varianza de modelos para valores de tono del batido funcional.....	48
Cuadro 14.	Valores de croma del batido funcional.....	49
Cuadro 15.	Análisis de varianza de modelos para croma del batido funcional.....	50
Cuadro 16.	Coeficientes de la regresión del modelo lineal aplicado a croma del batido funcional.....	51
Cuadro 17.	Valores observados y estimados para croma del batido funcional.....	52
Cuadro 18.	Valores del contenido de compuestos fenólicos de muestras del batido funcional.....	56
Cuadro 19.	Análisis de varianza de modelos para valores de contenido de compuestos fenólicos del batido funcional.....	56
Cuadro 20.	Valores de apreciación en olor del batido funcional.....	58
Cuadro 21.	Análisis de varianza de modelos para valores de apreciación del olor batido funcional.....	59
Cuadro 22.	Coeficientes de la regresión del modelo cuadrático aplicado al olor del batido funcional.....	60
Cuadro 23.	Valores observados y estimados para apreciación del olor del batido funcional.....	61
Cuadro 24.	Valores de apreciación del sabor del batido de funcional.....	64
Cuadro 25.	Análisis de varianza de modelos para valores de apreciación del sabor del batido de funcional.....	65
Cuadro 26.	Coeficientes de la regresión del modelo lineal aplicado valores de apreciación del sabor del batido funcional en unidades codificadas.....	66

Cuadro 27	Valores observados y estimados para apreciación del sabor del batido funcional.....	67
Cuadro 28	Resultados de validación experimental para la mezcla óptima del batido funcional.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sistema de color CIELCH.....	10
Figura 2. Colores correspondientes a los distintos ángulos de tono.....	11
Figura 3. Diseño reticular simplex con centroide ampliado para tres componentes.....	18
Figura 4. Esquema experimental para la investigación sobre un batido funcional.....	20
Figura 5. Diagrama de flujo para la obtención de zumo de piña.....	21
Figura 6. Diagrama de flujo para la obtención de pulpa de manzana congelada.....	23
Figura 7. Diagrama de flujo para la obtención de extracto de zanahoria.....	25
Figura 8. Diagrama de flujo para la obtención del batido funcional.....	27
Figura 9. Ficha de evaluación sensorial del olor del batido funcional.....	30
Figura 10. Ficha de evaluación sensorial sabor del batido funcional.....	31
Figura 11. Superficie de respuesta (a) y de contornos (b) para valores de pH del batido funcional.....	38
Figura 12. Superficie de respuesta (a) y de contornos (b) para contenido de sólidos solubles del batido funcional.....	44
Figura 13. Superficie de respuesta (a) y de contornos (b) para el pH del batido funcional.....	53

Figura 14.	Superficie de respuesta (a) y de contornos (b) del olor del batido funcional.....	62
Figura 15.	Superficie de respuesta (a) y de contornos (b) del sabor del batido funcional.....	68
Figura 16.	Gráfica de superposición de superficie de respuesta para la optimización de batido.....	69

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Resultados de pH del batido funcional.....	80
Anexo 2. Resultados de sólidos solubles del batido funcional.....	80
Anexo 3. Resultados de tono del batido funcional.....	81
Anexo 4. Resultados de croma del batido funcional.....	81
Anexo 5. Resultados del contenido de fenoles totales del batido funcional.....	82
Anexo 6. Resultados apreciación en olor del batido funcional.....	82
Anexo 7. Resultados apreciación en sabor del batido funcional....	83
Anexo 8. Curva de calibración de ácido gálico.....	83

RESUMEN

Se evaluó el efecto la proporción de pulpa de manzana, variedad Israel (0-100%), zumo de piña, variedad Golden (0-100%) y extracto de zanahoria, variedad Chantenay (0-100%) en las características pH, sólidos solubles, tono, cromas, fenoles totales, apreciación del olor y sabor del batido funcional. Se aplicó un diseño de mezclas simplex centroide ampliado, con la finalidad de obtener el modelo matemático adecuado para representar el comportamiento de las variables en estudio y establecer la combinación estimada de los factores que permita optimizar las variables respuesta (pH, sólidos solubles, tono, cromas, fenoles totales, apreciación del olor y sabor). El análisis estadístico indicó que el efecto de la proporción de pulpa de manzana, zumo de piña y extracto de zanahoria en el pH, sólidos solubles, cromas, olor y sabor del batido funcional fue significativo. Un modelo lineal describió el comportamiento de las variables: sólidos solubles, olor y sabor, con valores de coeficientes de determinación R^2 de 0.955, 0.917 y 0.912; respectivamente. El pH y cromas se ajustaron a un modelo cuadrático, significativo, con coeficiente de determinación R^2 de 0.991 y 0.956, respectivamente. Para fenoles totales y tono, ningún modelo pudo describir el fenómeno en estudio. La proporción de pulpa de manzana, zumo de piña, y extracto de zanahoria, que optimizaron las variables pH, sólidos solubles, cromas, olor y sabor a partir de la superposición de contornos, fue de 83.62% de pulpa de manzana: 12.62% de zumo de piña: 3.70% de extracto de zanahoria, al obtener respuestas estimadas de pH: 3.54, sólidos solubles: 13.14 °Brix, cromas: 48.49%, olor: 7.14, sabor: 7.01. Se validaron los resultados estimados para las variables pH: 3.51, sólidos solubles: 13.37 °Brix, olor: 7.11 y sabor: 7.34, al presentar desviaciones menores a 5% entre los valores estimados y experimentales. Los valores de cromas no fueron validados por presentar una desviación mayor al 10%.

ABSTRACT

The effect of the proportion of apple pulp, variety Israel (0-100%), pineapple juice, variety Golden (0-100%) and carrot extract, variety Chantenay (0-100%) in the characteristics pH, soluble solids, tone, chroma, total phenols, appreciation of the smell and flavor of the functional smoothie. An extended centroid simplex mix design was applied, in order to obtain the adequate mathematical model to represent the behavior of the variables under study and establish the estimated combination of the factors that allow optimizing the response variables (pH, soluble solids, tone, chroma, total phenols, appreciation of smell and taste). The statistical analysis indicated that the effect of the proportion of apple pulp, pineapple juice and carrot extract in the pH, soluble solids, chroma, odor and flavor of the functional shake was significant. A linear model described the behavior of the variables: soluble solids, odor and taste, with values of coefficients of determination R^2 of 0.955, 0.917 and 0.912; respectively. The pH and chroma were adjusted to a significant quadratic model, with coefficient of determination R^2 of 0.991 and 0.956, respectively. For total phenols and tone, no model could describe the phenomenon under study. The proportion of apple pulp, pineapple juice, and carrot extract, which optimized the variables pH, soluble solids, chroma, smell and taste from the superposition of contours, was 83.62% of apple pulp: 12.62% pineapple juice: 3.70% of carrot extract, obtaining estimated pH responses: 3.54, soluble solids: 13.14 ° Brix, chroma: 48.49%, odor: 7.14, taste: 7.01. The estimated results for the pH variables were validated: 3.51, soluble solids: 13.37 ° Brix, odor: 7.11 and taste: 7.34, with deviations of less than 5% between the estimated and experimental values. Chroma values were not validated due to a deviation greater than 10%.

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la demanda de los consumidores en el campo de la alimentación ha cambiado. Cada vez más creen que los alimentos contribuyen directamente a su salud, por lo que, en la actualidad, los alimentos no sólo están destinados para satisfacer el hambre y proporcionar los nutrientes necesarios, sino también a prevenir enfermedades coronarias, enfermedades cardíacas, cáncer, diabetes, obesidad, osteoporosis y enfermedad periodontal (Betoret y otros, 2011).

En este sentido, los alimentos funcionales juegan un papel destacado, por lo que el aumento de su demanda puede explicarse por el incremento del costo de la asistencia sanitaria, el aumento constante de la esperanza de vida y el deseo de las personas mayores de mejorar su calidad de vida (Roberfroid, 2007).

La innovación es un tema de importancia comercial. Los expertos proclaman que la única esperanza para la supervivencia empresarial es la capacidad para continuar innovando. En este contexto, el desarrollo de nuevos productos alimenticios funcionales resulta ser cada vez más desafiante, ya que tiene que cumplir la expectativa del consumidor (Shah, 2007).

Los batidos, bebidas cremosas sin alcohol elaboradas de pulpa de frutas y zumo o extracto de frutas u hortalizas, y opcionalmente hielo, yogur y / o leche, constituyen una de las muchas maneras en que los consumidores pueden incluir frutas y hortalizas en sus dietas (Castillejo y otros, 2016). Los

batidos se consideran como súper alimentos, definidos como alimentos naturales, con cualidades protectoras de la salud (Medina, 2011).

Las frutas y hortalizas son alimentos ricos en polifenoles, que no sólo desempeñan papeles fisiológicos en las plantas, sino que también actúan como antioxidantes mediante la donación de un átomo de hidrógeno o un electrón, eliminando los radicales libres, manteniendo un equilibrio entre oxidantes y antioxidantes para mejorar la salud humana. Diversos estudios concluyeron que el alto consumo de frutas y las hortalizas promueven la salud, y se asocia con un riesgo reducido de enfermedades degenerativas (Miller y otros, 2017).

Las manzanas (después de los arándanos) tienen el nivel más alto de antioxidantes, y presentan una fuerte correlación entre su capacidad antioxidante y el contenido de compuestos fenólicos (Boyer y Liu, 2004), encontrándose al ácido clorogénico y la rutina, entre los antioxidantes que poseen mayor actividad (Panzella y otros, 2013).

Piña, *Ananas comosus* L., Merr., es una fruta tropical importante, que se consume en muchas partes del mundo, como fruta fresca, zumo, mermelada y deshidratadas. Es fuente de vitaminas A, B y C, además, de minerales como el calcio, el fósforo y el hierro (Hossain y Rahman, 2011). Contiene, además; compuestos fenólicos que actúan como antioxidantes, anticancerígenos, antimicrobianos y antiinflamatorios, además de prevenir enfermedades cardiovasculares (Da Silva y otros, 2013).

Entre las hortalizas, la zanahoria es la única fuente importante de β -caroteno que proporciona el 17% del consumo total de vitamina A (Arscott y Tanumihardjo, 2010). Aparte de β -caroteno, es una buena fuente de varios otros antioxidantes lipófilicos como el licopeno y luteína. El consumo

de la luteína está asociado con la prevención de la degeneración macular relacionada con la edad y la reducción del riesgo de arterosclerosis, mientras que el consumo de licopeno se asocia con una reducción del riesgo de cierto tipo de cáncer y enfermedades cardiovasculares. También es rica en antioxidantes fenólicos hidrófilos, que son conocidos por amplias gamas de propiedades promotoras de la salud tales como controlar el cáncer, anti-aterogénico, antiinflamatorio y antimicrobiano (Koley y otros, 2014).

Aunque el tratamiento térmico se emplea comúnmente para extender el tiempo de vida de zumos de frutas (Keenan y otros, 2012), generalmente los batidos se consumen frescos, o se conservan por períodos cortos almacenándolos en refrigeración, lo que permite conservar su apariencia y propiedades nutricionales de los componentes funcionales (Oey y otros, 2008). Su vida útil (batidos no pasteurizados) es relativamente corta debido a crecimiento microbiano, como resultado del nivel mínimo de procesamiento asociado con estos productos.

El problema planteado para esta investigación fue:

¿Cuál será el efecto de diez proporciones de zumo de piña, pulpa de manzana y extracto de zanahoria en el pH, sólidos solubles, tono, croma, compuestos fenólicos y del olor y sabor de un batido funcional?

Los objetivos propuestos para la presente investigación fueron los siguientes:

- Evaluar el efecto de 10 proporciones de zumo de piña, pulpa de manzana y extracto de zanahoria en el pH, sólidos solubles, tono, croma, compuestos fenólicos y del olor y sabor del batido funcional.

- Determinar la proporción de pulpa de manzana, zumo de piña y extracto de zanahoria, que presente valores óptimos de pH, sólidos solubles, tono, croma, compuestos fenólicos, olor y sabor del batido funcional.
- Validar experimentalmente los resultados de las variables optimizadas estimadas: de pH, sólidos solubles, tono, croma, compuestos fenólicos, olor y sabor del batido funcional.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

2.1. Alimentos funcionales

La acción concertada de la Comisión Europea sobre la ciencia de los alimentos funcionales en Europa (FuFoSE), coordinada por International Life Science Institute (ILSI) define a los alimentos funcionales como un producto alimenticio, que sólo puede considerarse funcional, si junto con el impacto nutricional básico tiene efectos beneficiosos en una o más funciones del organismo humano, mejorando así la condición física general y/o la disminución del riesgo de evolución de enfermedades (Araya y Lutz, 2003).

2.2. Batido funcional

Los batidos de frutas o "smoothies" son principalmente productos a base de frutas con una consistencia semi-sólida, que se preparan mezclando en proporciones apropiadas zumos y pulpas de frutas frescas o congeladas, que luego son trituradas. A menudo, se elaboran también con otros ingredientes, como leche, yogur o helado (Keenan y otros, 2012).

Los batidos funcionales se preparan a partir extractos de hortalizas frescas y pulpas de frutas; se caracterizan por un mayor valor energético y mayor contenido de fibra dietética, vitamina C y compuestos con potencial antioxidante (Nowicka y otros, 2016a).

En el mercado se expenden como bebidas, aperitivos o comidas alternativas disponibles en cualquier momento del día; presentan una "imagen sana" y proporcionan una manera conveniente del consumo de

fruta y hortalizas y, cuando se incluyen yogur y leche, contribuyen a la ingesta de productos lácteos (SafeFood, 2009).

2.3. Pulpa de manzana

2.3.1. Definición

Se define al puré o pulpa de manzana, al producto natural, sin diluir, ni concentrar, ni fermentar, sin aditivos, obtenido por la desintegración y tamizado de la fracción comestible de la manzana madura, sana y limpia (Codex Alimentario, 2002).

2.3.2. Composición nutricional de pulpa de manzana

Desde el punto de vista nutricional la manzana es una de las frutas más completas y enriquecedoras en la dieta. El 84.7% de su composición es agua y el 14.6% está constituido por carbohidratos. La pulpa es rica en fibra y minerales, entre los que sobresale el calcio (5 mg/100 g), fósforo (11 mg/100 g) y hierro (1.4 mg/100 g) y contiene ácidos orgánicos (málico, cítrico, tartárico), compuestos fenólicos, lípidos y pectinas (Fundación Española de Nutrición, 2016).

2.3.3. Compuestos fenólicos en manzanas

Los compuestos fenólicos de la manzana son los principales responsables de la actividad antioxidante de estos frutos, que depende de la variedad de fruta, prácticas agrícolas, clima, condiciones de almacenamiento y procesamiento y los más abundantes en las manzanas presentan gran capacidad antioxidante y se pueden dividir en varios grupos: (a) ácidos hidroxibenzoicos: ácido p-hidroxibenzoico, ácido protocatéquico, ácido gálico, ácido siríngico, ácido gentísico, (b) ácidos hidroxicinámicos y sus derivados: ácido p-cumárico, ácido cafeico, ácido

ferúlico, ácido clorogénico, (c) los flavonoles: quercetinaglicosilada, (d) dihidrochalconas: floridzina y sus derivados, (e) antocianidinas: cianidinas y sus glicósidos, (f) flavanolesmonoméricos: epicatequina, catequina, (g) flavanolesoligoméricos: procianidinas (Kalinowska y otros, 2014).

2.4. Zumos y extractos de frutas y hortalizas

2.4.1. Definición

Por zumo y extracto (jugo) de fruta u hortalizas, se entiende el líquido sin fermentar, pero fermentable, que se obtiene de la parte comestible de frutas u hortalizas en buen estado, maduras y frescas (Codex Alimentario, 2005).

2.4.2. Composición nutricional y funcional del zumo de piña

El principal componente del zumo de piña es el agua, que constituye aproximadamente el 85% de su peso. Esta cantidad de agua convierte al zumo de piña en un alimento con bajo valor energético (38 J/100 g), por lo puede ser incluido en la alimentación de personas con problemas de exceso de peso u obesidad (AMPEX, 2006).

El zumo de piña contiene aproximadamente 11% de carbohidratos, mientras que las proteínas (0.4 %) y las grasas (0.2 %) apenas están presentes en esta fruta. Contiene vitamina C (19.20 mg/100 g), B₁ (0.04 mg/100 g) y B₃ (0.27 mg/100 g). En relación con los minerales, el calcio (10 mg/100 g) y fósforo (5 mg/100 g) son los más abundantes (AMPEX, 2006).

El contenido de compuestos fenólicos totales en muestras de piña presenta variaciones significativas entre los diferentes genotipos, variando de 25.71 a 72.57 mg AGE/100 g pulpa, mientras que el contenido

total de flavonoides varía de 10.40 a 50.57 mg/100 g pulpa y la fibra dietaria total de 1.46% a 2.80%. El contenido de vitaminas C, A, B₃ y B₆ se encuentran en el rango de 0.10 - 0.23 mg/g, 0.0016 - 0.0038 mg/g, 0.0038 - 0.024 mg/g y 0.0045 - 0.067 mg/g, respectivamente. Los compuestos fenólicos y los flavonoides pueden ser los principales componentes de la capacidad antioxidante en la pulpa de piña, siendo los compuestos fenólicos predominantes: catequina, epicatequina y ácido sinapínico (Sun y otros, 2016).

2.4.3. Composición nutricional y funcional del extracto de zanahoria

Las cualidades nutritivas del extracto de zanahoria son importantes, especialmente por su elevado contenido en β -caroteno (precursor de la vitamina A), pues cada molécula de caroteno que se consume es convertida en dos moléculas de vitamina A (Almeida y Zambrano, 2007).

El extracto de zanahoria se caracteriza por el elevado contenido en agua (89%) y bajo contenido en lípidos (0.5%) y proteínas (0.6%), destacando su alto contenido de pro vitamina A (1696 UI) (Almeida y Zambrano, 2007).

El extracto de zanahoria es una buena fuente de β -caroteno, que el organismo convierte en vitamina A (Almeida y Zambrano, 2007). Proporciona el 17% del requerimiento diario (Arscott y Tanumihardjo, 2010). Presenta un contenido medio de compuestos fenólicos (160 ± 5.6 mg AGE/100 g) (Zapata y otros, 2014).

Su elevado reconocimiento e importancia económica se debe a su alta concentración de antioxidantes naturales. Aparte de β -caroteno,

es buena fuente de otros antioxidantes lipófilos como el licopeno y la luteína, asociándose el primero, a la prevención de la degeneración macular relacionada con la edad y reducción del riesgo de arterioesclerosis, mientras que el consumo de licopeno con la reducción del riesgo de ciertos tipos de cáncer y enfermedades cardiovasculares. También es rica en antioxidantes fenólicos hidrófilos conocidos por sus propiedades promotoras de la salud tales como anticancerígenos, anti-aterogénico, anti-inflamatorio y antimicrobiano (Koley y otros, 2014).

2.5. Teoría del color

Las teorías del color correlacionan las magnitudes de la radiación visible y los atributos perceptuales del color. La colorimetría, como parte de la psicofísica, estudia las relaciones entre las magnitudes físicas y las respectivas magnitudes percibidas (Boscarol, 2007).

2.6. El espacio de color CIE LAB

Generalmente, el color de los alimentos se ha medido en L^* , a^* , b^* o espacio de color CIE LAB, estándar internacional para mediciones de color, adoptado por la Comisión Internacional D'Eclairage (CIE) en 1976. L^* es la luminosidad, que varía de 0 a 100, y los parámetros a^* (de verde a rojo) y b^* (de azul a amarillo) son los dos componentes cromáticos, que varía de -60 a +60 (León y otros, 2006).

2.6.1. El espacio de color CIE LCH

Con un valor de L^* determinado, el color se puede representar en función a las coordenadas rectangulares a^* y b^* (Figura 1), y con coordenadas polares C^* y h , definidas en la ecuación 1 y 2.

$$C^* = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})} \quad (1)$$

$$h = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (2)$$

La luminosidad (L^*) se define como la capacidad que tiene un tono de reflejar la luz blanca que incide en él. Una característica de la luminosidad es el brillo, que se relaciona con su grado de claridad (Boscarol, 2007).

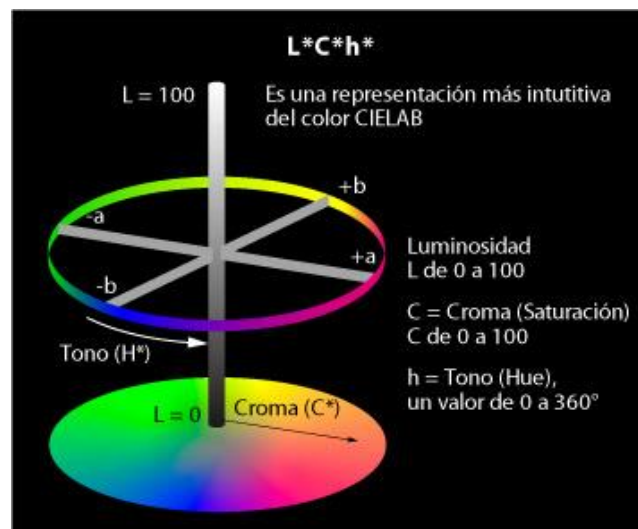


Figura 1. Sistema de color CIELCH
Fuente: Boscarol (2007)

El ángulo del tono se expresa en grados (de 0° a 360° excluido). Se convierte a grados multiplicándolo por $180/\pi$, cuando es calculado en radianes. Los tonos correspondientes a los distintos ángulos se muestran en la Figura 2 (Boscarol, 2007).

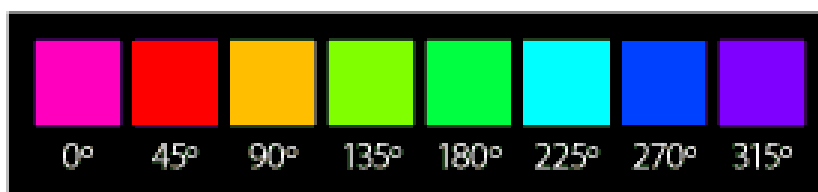


Figura 2. Colores correspondientes a los distintos ángulos de tono

Fuente: Boscarol (2007)

El valor de croma (C^*) se relaciona con la máxima intensidad de un color (%), coincidiendo con una longitud determinada del espectro electromagnético, y carece absolutamente de blanco y de negro (Boscarol, 2007).

2.7. Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios de plantas, que determinan la calidad sensorial y nutricional de frutas, hortalizas y otras plantas (Ignat y otros, 2011). Estos compuestos poseen un anillo aromático que lleva uno o más grupos hidroxilo y sus estructuras pueden variar desde una molécula fenólica a la de polímero complejo de alto peso molecular (Balasundram y otros, 2006).

Se ha informado que los fenoles naturales presentan excelentes propiedades como conservantes de alimentos, así como cumplen un papel importante en la protección contra una serie de alteraciones patológicas, como arterioesclerosis, disfunción cerebral y cáncer (Ignat y otros, 2011).

2.8. Evaluación sensorial

Es muy importante considerar las propiedades organolépticas de los alimentos y su evaluación desde el punto de vista de los sentidos humanos. El análisis sensorial comprende un conjunto de técnicas para la medida precisa de las respuestas humanas a los alimentos y aporta una información muy útil para el desarrollo de productos, para los tecnólogos alimentarios y para las empresas. El consumidor integra todas las características sensoriales, como apariencia, textura, sabor y color para juzgar la aceptabilidad del producto (Ureña y otros, 2000).

Los especialistas en pruebas sensoriales y los científicos de los alimentos clasifican las pruebas en afectivas (orientadas al consumidor) y analíticas (orientadas al producto) (Anzaldúa- Morales, 2005).

Entre las pruebas afectivas se tiene a la clasificación hedónica, que se emplea cuando se desea evaluar más de dos muestras a la vez, o cuando se desea obtener mayor información acerca de un producto, se puede recurrir a las pruebas de medición del grado de satisfacción. Para realizar estas pruebas se utilizan escalas hedónicas, las cuales son instrumentos de medición de las sensaciones placenteras o desagradables producidas por un alimento a quienes la prueban e incluyen generalmente una sección en la que se da oportunidad a los jueces para que expresen sus comentarios. Adicionalmente, es recomendable someter el producto a una degustación en un lugar estratégico para obtener así las reacciones de los consumidores (Anzaldúa-Morales, 2005).

2.9. Diseño de mezclas

Los experimentos de mezcla son una clase especial de experimentos de superficie de respuesta, en los que el producto objeto de investigación tiene varios componentes o ingredientes. Los diseños para estos experimentos resultan útiles, porque muchas actividades de diseño y desarrollo de productos en situaciones industriales implican fórmulas o mezclas. En estas situaciones, la respuesta depende de las proporciones de los diferentes ingredientes incluidos en la mezcla. Por ejemplo, se podría estar desarrollando una mezcla para panqueques hecha de harina, polvo para hornear, leche, huevos y aceite. También podría estar desarrollando un insecticida que combina tres ingredientes químicos (Cornell, 2002).

En el experimento de mezcla más simple, la respuesta (la calidad o rendimiento del producto con base en cierto criterio) depende de las proporciones relativas de los componentes (ingredientes). Las cantidades de los componentes, medidas en peso, volumen o alguna otra unidad, suman un total común. Por el contrario, en un diseño factorial, la respuesta varía dependiendo de la cantidad de cada factor (Cornell, 2002).

2.9.1. Componentes de un diseño de mezclas

Los componentes son los ingredientes que conforman una mezcla. Usando un diseño de mezclas, puede determinar la proporción relativa de cada componente que optimice la respuesta. Los experimentos de mezcla comúnmente se realizan en las industrias de procesamiento de alimentos, refinación o manufactura de productos químicos (Pulido y otros, 2012).

2.9.2. Sistema triangular de coordenadas

Con los sistemas triangulares de coordenadas, se puede visualizar las relaciones entre los componentes en una mezcla de tres componentes. En una mezcla, los componentes se limitan en el sentido de que deben sumar la cantidad total, y muestran el mínimo de los componentes X_1 , X_2 y X_3 como 0 y los máximos en 1 (Pulido y otros, 2012).

Tipos de diseños de mezclas

Para cubrir adecuadamente la superficie de respuesta, se recomienda usar un diseño que contenga puntos axiales y un punto central si no está incluido aún en el diseño base. Cada uno de estos puntos adicionales es una mezcla completa, es decir, una mezcla en la que todos los componentes están presentes al mismo tiempo. Un diseño con estos puntos interiores ofrece información sobre la porción interior de la superficie de respuesta y permite modelar una curvatura más complicada (Pulido y otros, 2012).

Estos puntos se utilizan para evaluar la falta de ajuste de un modelo y proporciona información sobre la porción interior de la superficie de respuesta y permite modelar una curvatura más complicada. Cada punto axial se agrega entre un vértice y el centro del diseño (Pulido y otros, 2012).

En el Cuadro 1 se presenta las mezclas para un diseño simplex reticular con centroide ampliado.

Cuadro 1. Mezclas para un diseño simplex reticular con centroide ampliado.

Tratamientos	X_1	X_2	X_3
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1
4	0.5	0.5	0
5	0.5	0	0.5
6	0	0.5	0.5
7	0.333	0.333	0.333
8	0.666	0.167	0.167
9	0.167	0.666	0.167
10	0.167	0.167	0.666

Fuente: Pulido y otros (2012).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Este proyecto se realizó en el Laboratorio de Tecnología de Productos Agroindustriales de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Trujillo.

3.2. Materiales y equipos

- Manzana variedad Israel procedente de la provincia de Huaral, región Lima.
- Piña variedad Golden procedente del distrito de Poroto, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.
- Zanahoria variedad Chantenay procedente del distrito de Chao, provincia Virú, región La Libertad.
- Campana de desecación de vidrio, de 240 mm de diámetro, marca Kimax.
- Balanza analítica. Marca AND, modelo GR-200; Capacidad 210 g; aprox. 0.0001 g.
- Refrigeradora Marca Bosch. Modelo Frost 44. Rango 0 a 8 °C.; 0 a -22 °C; precisión ± 2 °C
- Licuadora de inmersión. Marca Oster.
- Extractor de jugo. Marca Oster.
- Cocina eléctrica. Marca Selecta. Potencia 1000 W.
- Termómetro digital. Marca Multidigital. Rango -10 a 100. Precisión ± 0.1 °C.
- Espectrofotómetro-colorímetro Konica- Minolta. Modelo CM-5.

- Refractómetro. Marca Atago, rango: 0-32 °Brix, $\pm 0,2\%$, calibrado a 20 °C.
- pHmetro. Marca Mettler Toledo. Rango de 0-14, sensibilidad aprox. 0.01.
- Espectrofotómetro de UV- Visible. Marca Spectronic.
- Estufa. Marca Memmert. Modelo UNE-300 Rango 20 °C, precisión 0.5 °C.

3.3. Método experimental de la investigación en un batido funcional

3.3.1. Esquema experimental de la investigación

En la Figura 3 se presenta el diseño experimental de mezcla utilizada para la investigación sobre un batido funcional de tres componentes.

Se utilizó el diseño simplex reticular con centroide ampliado para evaluar el efecto de la proporción de pulpa de manzana (PM), zumo de piña (ZP) y extracto de zanahoria (EZ), en el pH, sólidos solubles, cromatón, compuestos fenólicos, olor y sabor de un batido funcional. La Figura 3 muestra los puntos experimentales del diseño. Los puntos 1, 2 y 3 corresponden a los componentes puros. Los puntos 4, 5 y 6 representan a las combinaciones binarias y el punto central (centroide) y los puntos 8, 9 y 10 corresponden a las combinaciones ternarias (Ouedrhiri y otros, 2016) (Cuadro 2). Diez experimentos conformaron el diseño experimental y se realizaron tres repeticiones (bloques)

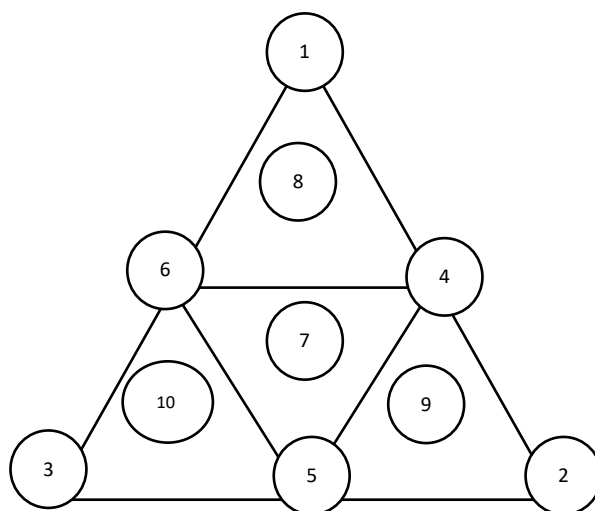


Figura 3. Diseño simplex reticular con centroide ampliado para tres componentes.

Fuente: Ouedrhiri y otros (2016).

Cuadro 2. Tratamientos experimentales del diseño simplex reticular con centroide ampliado

Tratamientos	Variables codificadas			Variables reales			Variables Respuesta						
	ZP	PM	EZ	ZP	PM	EZ	pH	Sólidos solubles	Croma	Tono	Compuestos fenólicos	Apreciación de Sabor	Apreciación de Olor
				%	%	%	(Y ₁)	(Y ₂)	(Y ₃)	(Y ₄)	(Y ₅)	(Y ₆)	(Y ₇)
1	1	0	0	100	0	0							
2	0	1	0	0	100	0							
3	0	0	1	0	0	100							
4	0.5	0.5	0	50	50	0							
5	0.5	0	0.5	50	0	50							
6	0	0.5	0.5	0	50	50							
7	0.33	0.33	0.33	33.33	33.3	33.3							
8	0.67	0.17	0.17	66.67	16.7	16.7							
9	0.17	0.67	0.17	16.67	66.7	16.7							
10	0.17	0.17	0.67	16.67	16.7	66.7							

En el Cuadro 3 se presenta la cantidad de zumo de piña:pulpa de manzana: extracto de zanahoria utilizada, teniendo como base 500 g en cada tratamiento.

Cuadro 3. Cantidad de ZP: PM: EZ, utilizada en 500 g de cada tratamiento.

Tratamientos	ZP (%)	PM (%)	EZ (%)	Cantidad utilizada en cada tratamiento (g)		
				ZP	PM	EZ
T ₁	100.00	0.00	0.00	500	0	0
T ₂	0.00	100.00	0.00	0	500	0
T ₃	0.00	0.00	100.00	0	0	500
T ₄	50.00	50.00	0.00	250	250	0
T ₅	50.00	0.00	50.00	250	0	250
T ₆	0.00	50.00	50.00	0	250	250
T ₇	33.33	33.33	33.33	166.67	166.67	166.67
T ₈	66.67	16.67	16.67	333.33	83.33	83.33
T ₉	16.67	66.67	16.67	83.33	333.33	83.33
T ₁₀	16.67	16.17	66.67	83.33	83.33	333.33

En la Figura 4 se presenta el esquema experimental para evaluar el efecto de la proporción de: zumo de piña: pulpa de manzana: extracto de zanahoria en el pH, sólidos solubles, tono, cromas, contenido de compuestos fenólicos, olor y sabor del batido funcional.

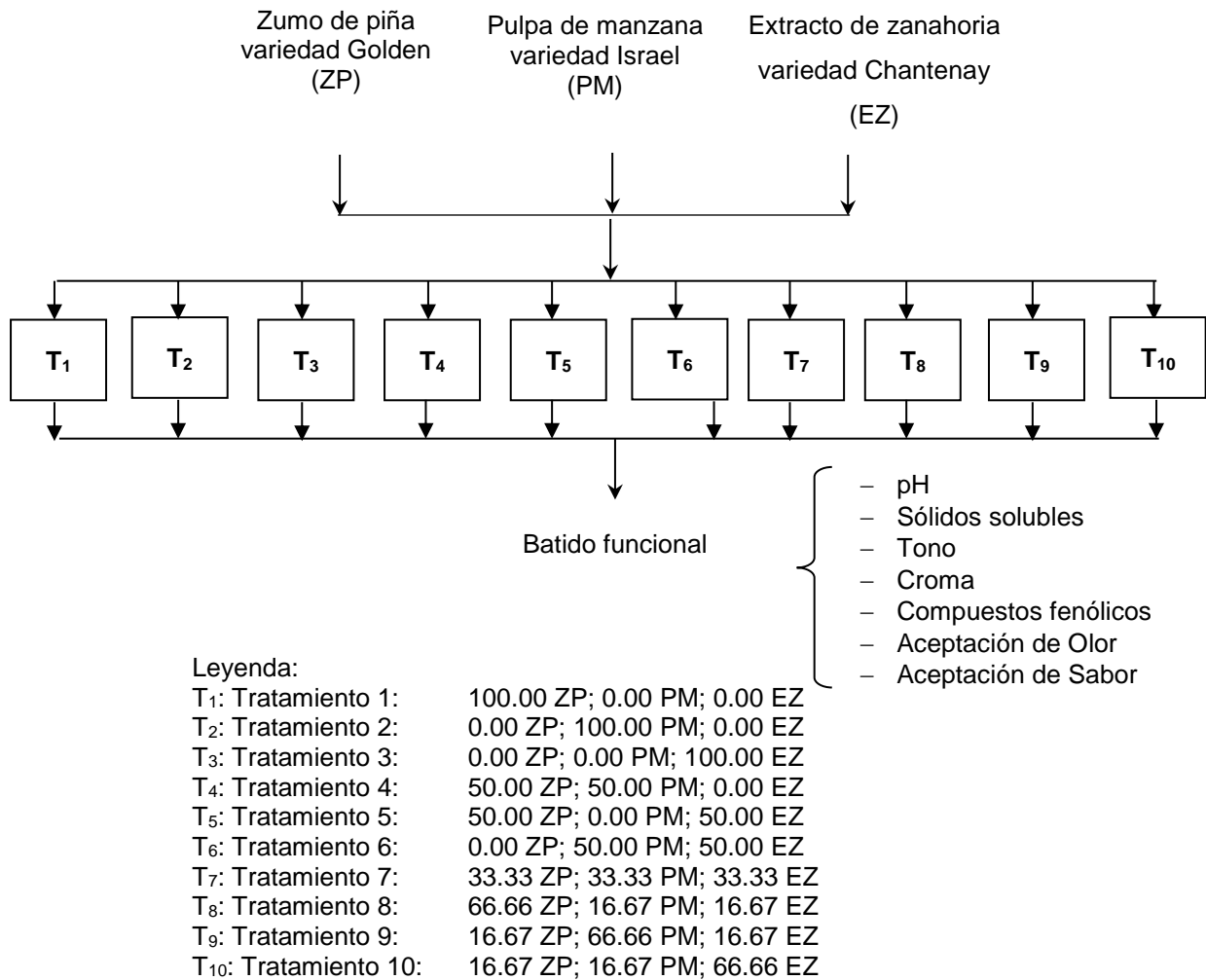


Figura 4. Esquema experimental para la investigación sobre un batido funcional.

3.3.2. Obtención de zumo de piña

El diagrama de flujo para la obtención de zumo de piña se muestra en la Figura 5 y a continuación se explica cada una de las operaciones.

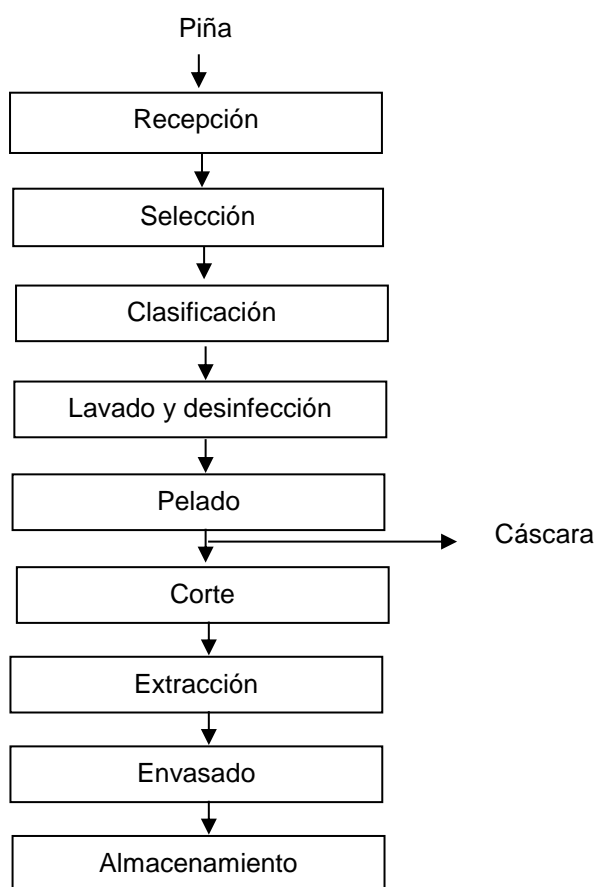


Figura 5. Diagrama de flujo para la obtención de zumo de piña.

Fuente: Nowicka y otros (2016b).

Recepción. Se recibieron 10 piñas de 1.5 kg de peso, variedad Golden procedente del distrito de Poroto, provincia de Trujillo, región La Libertad.

Selección. Se realizó en forma manual, eliminando las piñas con exceso de madurez, golpeadas, magulladas y deterioradas por ataque de microorganismos e insectos.

Clasificación. Se realizó manualmente, según color amarillo uniforme de la cáscara, sólidos solubles en un rango de 13 a 16 °Brix, pH de 3.2-3.8 (Piñales centroamericanos GX, 2014).

Lavado y desinfección. Se realizó el lavado por aspersión de agua con el fin de eliminar restos de tierra adheridos a la superficie de las piñas. La desinfección se realizó por inmersión en agua clorada (100 ppm de cloro activo) por 30 min con la finalidad de reducir la carga microbiana.

Pelado. Se realizó en forma manual, empleando un cuchillo de acero inoxidable.

Corte. Las piñas se cortaron en forma manual, con cuchillo de acero inoxidable. El corazón fue retirado durante el corte.

Extracción. Para obtener el mayor zumo de piña posible, los trozos de piña pasaron por un extractor de frutas.

Envasado. El zumo extraído se envasó en frascos de vidrio de 500 mL de capacidad.

Almacenamiento. El zumo de piña envasado se almacenó en refrigeración a 4 °C por 30 min antes de su uso.

3.3.3. Obtención de pulpa de manzana

En la Figura 6, se presenta el diagrama de flujo para la obtención de pulpa de manzana.

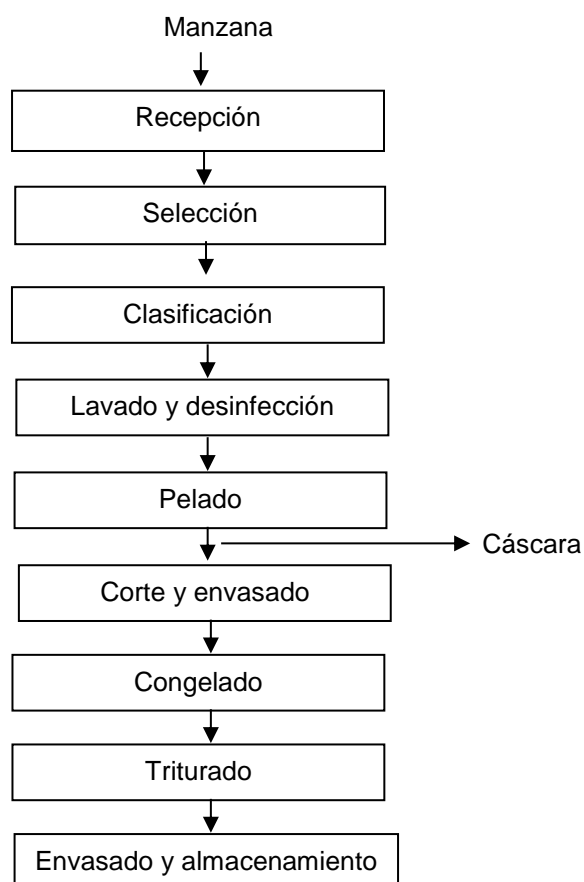


Figura 6. Diagrama de flujo para la obtención de pulpa de manzana congelada.

Fuente: Nowicka y otros (2016b).

Recepción. Se recibieron 10 kg de manzanas, variedad Israel procedente de la provincia de Huaral, región Lima.

Selección. Se realizó una selección manual eliminando las manzanas sobre maduras, con golpes y con signos de deterioro.

Clasificación. Se realizó en forma manual, según color amarillo en la parte inferior del fruto, color oscuro de semillas, sólidos solubles de 10 a 13 °Brix (SEACE, 2016).

Lavado y desinfección. Se realizó el lavado por aspersion de agua, con el fin de eliminar contaminantes adheridos a la superficie de las manzanas. La desinfección por inmersión en con agua clorada (100 ppm de cloro activo) por 30 min con la finalidad de reducir la carga microbiana.

Pelado. Se realizó en forma manual, empleando un cuchillo de acero inoxidable.

Corte y envasado. Se cortó en forma manual y se envasó en bolsas de polietileno de baja densidad de 100 µm de espesor de 250 g de capacidad.

Congelado. La manzana en trozos envasada se congeló a -22 °C por 24 h.

Triturado. Se realizó con una licuadora de inmersión durante 5 min, presentando la pulpa obtenida textura homogénea.

Almacenamiento. La pulpa de manzana se almacenó en congelación (-18°C) para su uso en no más de 24 h.

3.3.4. Obtención de extracto de zanahoria

En la Figura 7 se presenta el diagrama de flujo para obtención de extracto de zanahoria y a continuación se explica cada una de las operaciones.

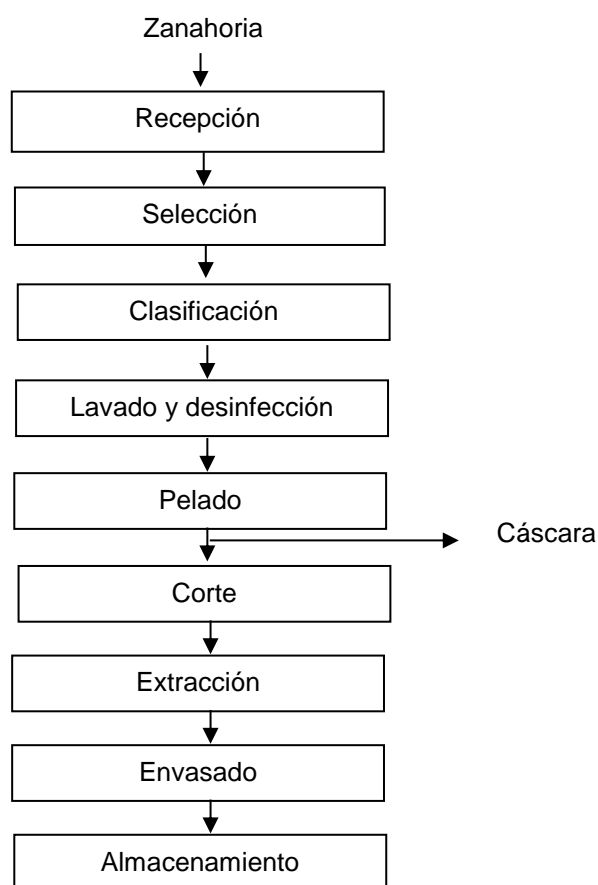


Figura 7. Diagrama de flujo para la obtención de extracto de zanahoria.

Fuente: Nowicka y otros (2016b).

Recepción. Se recibieron 10 kg de zanahorias, variedad Chantenay procedente del distrito de Chao, provincia Virú, región La Libertad.

Selección. Se realizó la selección en forma manual, eliminando las zanahorias con excesos de madurez, golpeados y deteriorados por ataque de insectos y microorganismos.

Clasificación. Se realizó en forma manual, según color anaranjado uniforme, textura firme.

Lavado y desinfección. Se realizó un lavado por aspersion de agua, con la finalidad de eliminar suciedad y/o restos de tierra adheridos a la superficie de las zanahorias. La desinfección se realizó por inmersión en agua clorada (100 ppm de cloro activo) por 30 min con la finalidad de reducir la carga microbiana.

Pelado. Se realizó en forma manual, empleando un cuchillo de acero inoxidable.

Corte. Las zanahorias fueron cortadas longitudinalmente, empleando cuchillos de acero inoxidable.

Extracción. Con la finalidad de obtener el mayor extracto posible, los trozos de zanahoria se colocaron en un extractor de frutas.

Envasado. El extracto se envasó en frascos de vidrio de 500 mL de capacidad.

Almacenamiento. El extracto de zanahoria se almacenó en refrigeración a 4 °C, por 30 min antes de su uso.

3.3.5. Elaboración de un batido funcional

En la Figura 8 se presenta el diagrama de flujo para elaboración del batido funcional y a continuación se explica cada una de las operaciones.

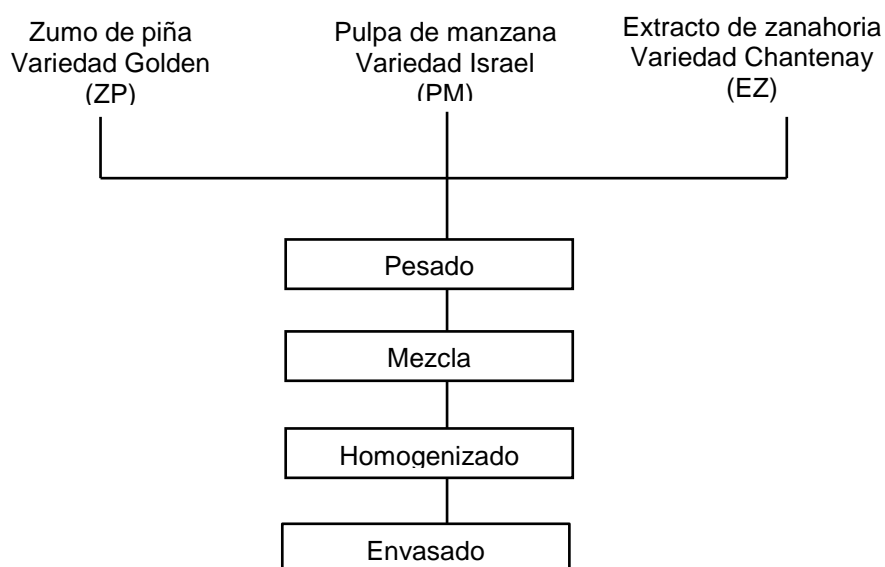


Figura 8. Diagrama de flujo para la obtención del batido funcional.

Fuente: Nowicka y otros (2016b).

Pesado. En función a un peso total de batido de 500 g, el zumo de piña, la pulpa de manzana congelada y el extracto de zanahoria fueron pesados según proporciones descritas en el Cuadro 3 del diseño experimental.

Mezcla. Las diferentes proporciones formuladas fueron mezcladas en un frasco de vidrio.

Homogenizado. Se realizó con una licuadora de inmersión hasta que la mezcla adquiriera una textura homogénea, durante 5 min.

Envasado. El batido se envasó en frascos de vidrio de 1000 mL de capacidad, con tapa para su inmediato análisis.

3.4. Métodos de análisis

3.4.1. Determinación de pH

Método potenciométrico (AOAC, 1997).

3.4.2. Determinación de sólidos solubles

Método refractométrico (AOAC, 1997).

3.4.3. Determinación de color

Se utilizó el sistema CIELAB, usando un espectrofotómetro-colorímetro Minolta, modelo CM-5. El equipo se calentó durante 10 min y se calibró con un blanco estándar. Luego se determinaron los atributos de color expresados en términos de croma (0-100%) y tono (0-360°).

3.4.4. Determinación de compuestos fenólicos

Para la determinación de los compuestos fenólicos totales se aplicó el método de Folin-Ciocalteu descrito por (Kuskoski y otros, 2005). Se utilizó una curva de calibración de ácido gálico cuyo rango de concentraciones fue evaluado.

Muestras de 4 g de batido funcional, liofilizados, triturados y tamizados (100 μm), fueron y pesadas y diluidas con alcohol etílico al 80 %, aforando a 10 mL en una fiola, posteriormente se agitó durante 30 min en oscuridad, se centrifugó a 4200 rpm por 15 min, y finalmente se filtró.

En un tubo de ensayo se colocó 20 μL muestra, se adicionó 1580 μL de agua destilada, se agitó esta mezcla, luego se adicionó 100 μL

del reactivo Folin–Ciocalteu concentración 2 N, luego se agitó y se dejó en reposo durante 15 min a temperatura ambiente. Posteriormente se añadió 300 μL de la solución de carbonato de sodio Na_2CO_3 al 20%, se mezcló bien y se dejó reposar por 2 h a temperatura ambiente. Finalmente se leyó a 760 nm en espectrofotómetro.

3.4.5. Análisis sensorial del olor y del sabor

Las muestras del batido funcional se sometieron a un análisis sensorial para determinar el tratamiento con mayor apreciación en olor y sabor, aplicando una prueba de escala hedónica de nueve puntos (Figura 9 y Figura 10).

Debido a la saturación que podría sufrir el panelista en el análisis sensorial por un excesivo número de evaluaciones, se utilizó un diseño en bloques incompletos balanceados, que fue aplicado a un panel de 90 evaluadores no entrenados. Se presentaron 5 muestras escogidas aleatoriamente a cada panelista y cada uno ellos evaluaron cada muestra después de enjuagarse la boca con agua de mesa, cada 5 min (Anzaldúa-Morales, 2005).

Se sirvieron 30 mL de cada tratamiento en vasos de plásticos descartables a una temperatura de 4 °C y fueron presentados a cada panelista, utilizando una disposición de números aleatorios. Cada panelista asignó la calificación correspondiente de acuerdo al grado de satisfacción, siendo el valor de más alto puntaje el de “Me gusta muchísimo” y el de menor puntaje el de “Me disgusta muchísimo”, con un valor intermedio de ni me gusta ni me disgusta. Se proporcionó a los panelistas un vaso con agua entre cada evaluación (Anzaldúa- Morales, 2005).

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DEL OLOR					
Nombre:		Fecha:.....			
Producto: Batido funcional					
<p>Evalúe el olor de las muestras del batido funcional que se le presentan e indique, según la escala, su opinión sobre la característica a evaluar. Marque con una (X) el reglón que corresponda a la calificación para la muestra.</p>					
ESCALA					
CODIGO DE MUESTRA	345	477	908	632	432
Me gusta muchísimo	.....	.....	.....	.....	.....
Me gusta mucho	.....	.....	.....	.....	.....
Me gusta bastante	.....	.....	.....	.....	.....
Me gusta ligeramente	.....	.....	.....	.....	.....
Ni me gusta ni me disgusta	.....	.....	.....	.....	.....
Me disgusta ligeramente	.....	.....	.....	.....	.....
Me disgusta bastante	.....	.....	.....	.....	.....
Me disgusta mucho	.....	.....	.....	.....	.....
Me disgusta muchísimo	.....	.....	.....	.....	.....
Comentarios _____					
<hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> <p style="margin: 0;">Muchas gracias</p>					

Figura 9. Ficha de evaluación sensorial del olor del batido funcional.

Fuente: Anzaldúa-Morales (2005).

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DEL SABOR					
Nombre:			Fecha:.....		
Producto: Batido funcional					
<p>Evalúe el sabor de las muestras del batido funcional que se le presentan e indique, según la escala, su opinión sobre la característica a evaluar. Marque con una (X) el reglón que corresponda a la calificación para la muestra.</p>					
ESCALA					
CODIGO DE MUESTRA	189	908	189	542	323
Me gusta muchísimo	.....	.....	.....	.....	.....
Me gusta mucho	.....	.....	.....	.....	.....
Me gusta bastante	.....	.....	.....	.....	.....
Me gusta ligeramente	.....	.....	.....	.....	.....
Ni me gusta ni me disgusta	.....	.....	.....	.....	.....
Me disgusta ligeramente	.....	.....	.....	.....	.....
Me disgusta bastante	.....	.....	.....	.....	.....
Me disgusta mucho	.....	.....	.....	.....	.....
Me disgusta muchísimo	.....	.....	.....	.....	.....
Comentarios _____					

Muchas gracias					

Figura 10. Ficha de evaluación sensorial del sabor del batido funcional.

Fuente: Anzaldúa-Morales (2005).

3.5. Análisis estadístico

Una vez obtenidos los resultados de las variables dependientes: pH, sólidos solubles, croma, tono, compuestos fenólicos, olor y sabor (respuestas), se aplicó a los datos un análisis de varianza para determinar el modelo: lineal (ecuación 3), cuadrático (ecuación 4) o cúbico especial (ecuación 5) significativo ($p < 0.05$).

$$Y = \sum \beta_i X_i \quad (3)$$

$$Y = \sum \beta_i X_i + \sum \sum \beta_{ij} X_i X_j \quad (4)$$

$$Y = \sum \beta_i X_i + \sum \sum \beta_{ij} X_i X_j + \sum \sum \sum \beta_{ijk} X_i X_j X_k \quad (5)$$

Donde Y es la respuesta, β_i mide la magnitud del efecto de cada componente, β_{ij} la magnitud del efecto interactivo de dos componentes y β_{ijk} la magnitud del efecto interactivo de los tres componentes sobre la respuesta. X_i denota las proporciones del componente (i) en la mezcla.

Además, se calculó el coeficiente de determinación R^2 (que describe cuanto de la regresión representa el fenómeno) y R^2 -ajustado (cuantos valores observados realmente estuvieron cercanos a los valores estimados), estos fueron iguales o superiores al 0.85 y 0.75, respectivamente, para validar el modelo matemático que representó el comportamiento del fenómeno en estudio. Determinado el modelo, se elaboraron las gráficas de Superficie de Respuesta y de Contorno para las variables mencionadas, se visualizaron de una manera global el efecto de los factores y determinar la región óptima dentro del intervalo experimental a través de la superposición de las gráficas de contorno resultante con los parámetros de las variables en estudio (Montgomery, 2011).

Se realizó la validación experimental del tratamiento óptimo utilizando la metodología descrita anteriormente y se compararon los resultados experimentales con los estimados (Montgomery, 2011).

La generación del diseño de mezclas y el desarrollo estadístico se realizaron con el paquete estadístico Design-Expert® versión 7.0.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de la proporción de pulpa de manzana, zumo de piña y extracto de zanahoria en el pH del batido funcional

En el Cuadro 4 se presenta los valores de pH de muestras del batido funcional, que son los valores promedios de tres repeticiones, cuyos valores se muestran en el Anexo 1, observándose que el Tratamiento T₁ (ZP 100%) muestra un valor de pH de 3.49, valor similar al reportado por Montero-Calderón y otros (2010) para ZP variedad Golden (3.45 ±0.03 a 3.49±0.04), mientras que los tratamientos T₂ (PM 100%) y T₃ (EZ 100%) muestran valores de pH de 3.36 y 6.01, respectivamente, siendo similares a los valores reportados por Mejía (2015) (4.1±0.3) y Mancera (2010) (6.19 ± 0.08) para pulpa de manzana y extracto de zanahoria, respectivamente.

Con respecto a las mezclas binarias T₄ (ZP 50%, PM 50%), T₅ (ZP 50%, EZ 50%) y T₆ (PM 50%, EZ 50%), se observó que el pH se elevó con la presencia de extracto de zanahoria en la mezcla, extracto que presentó el pH más elevado (6.01) entre los ingredientes de la mezcla. Resultado similar se obtuvo en las mezclas ternarias, T₈ (ZP 66.67%, PM 16.67%, EZ 16.67%), T₉ (ZP 16.67%, PM 66.67%, EZ 16.67%), y T₁₀ (ZP 16.67%, PM 16.67%, EZ 66.67%), cuyos valores de pH se elevaron con la mayor presencia de extracto de zanahoria en la mezcla.

En el Cuadro 5 se muestra el análisis de varianza para determinar el modelo adecuado que describa el comportamiento de la variable respuesta pH del batido funcional.

Cuadro 4. Valores de pH de muestras del batido funcional

Tratamiento	Variables			Respuestas
	ZP (%)	PM (%)	EZ (%)	pH
T ₁	100.00	0.00	0.00	3.49
T ₂	0.00	100.00	0.00	3.36
T ₃	0.00	0.00	100.00	6.01
T ₄	50.00	50.00	0.00	3.57
T ₅	50.00	0.00	50.00	4.12
T ₆	0.00	50.00	50.00	4.00
T ₇	33.33	33.33	33.33	3.80
T ₈	66.67	16.67	16.67	3.58
T ₉	16.67	66.67	16.67	3.68
T ₁₀	16.67	16.67	66.67	4.40

Cuadro 5. Análisis de varianza de modelos para valores de pH de muestras del batido funcional

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	p	R ²	R ² ajust
Media	159.973	1	159.973				
Lineal	4.614	2	2.307	20.368	0.0012	0.853	0.811
Cuadrático	0.742	3	0.247	19.423	0.0076	0.991	0.979
Cúbico especial	0.000	1	0.000	0.010	0.9274	0.991	0.972
Cúbico completo	0.050	2	0.025	19.671	0.1574	1.000	0.998
Residual	0.001	1	0.001				
Total	165.380	10	16.538				

Tal como se observa, el modelo lineal y el modelo cuadrático fueron significativos ($p < 0.05$). Sin embargo el modelo cuadrático presentó mayores valores de coeficiente de determinación R^2 y R^2 -ajustado de 0.991

y 0.979 respectivamente, por lo que este modelo matemático fue seleccionado para representar el comportamiento de la variable en estudio. Montgomery (2011) menciona que un coeficiente de determinación mayor a 0.85 permite predecir la respuesta con una amplia variedad de proporciones de la mezcla, siempre que la suma de los componentes sea 100%.

En el Cuadro 6, se presenta los coeficientes de la regresión del modelo cuadrático aplicado a valores de pH del batido funcional, presentándose significancia ($p < 0.05$) en todos los coeficientes de la regresión, con excepción del componente correspondiente a la interacción de zumo de piña y pulpa de manzana (ZP*PM).

Cuadro 6. Coeficientes de la regresión del modelo cuadrático aplicado a valores de pH de muestras del batido funcional en unidades codificadas

Componentes	Coefficiente estimado	Error estándar	t(4)	p
ZP	3.480	0.110	31.636	0.000
PM	3.410	0.110	31.000	0.000
EZ	5.960	0.110	54.182	0.000
ZP*PM	0.680	0.500	1.360	0.245
ZP*EZ	-2.600	0.500	-5.200	0.007
PM*EZ	-2.740	0.500	-5.480	0.005

Para el diseño de mezclas es recomendable trabajar con unidades codificadas netamente el proceso estadístico, y así evitar problemas de estimación. Dichas unidades codificadas se encuentran en el rango de 0 a 1, posteriormente para la ecuación se transforman a unidades reales, que en caso, el rango es de 0 a 100.

A partir de los coeficientes estimados en unidades codificadas se obtuvo la regresión en unidades reales, como se muestra en la ecuación 6.

$$\text{pH} = 0.0348 * \text{ZP} + 0.0341 * \text{PM} + 0.0596 * \text{EZ} + 0.0068 * (\text{ZP} * \text{PM}) - 0.026 * (\text{ZP} * \text{EZ}) - 0.0274 * (\text{PM} * \text{EZ}) \quad (6)$$

Cuadro 7. Valores observados y estimados de pH de muestras del batido funcional

Piña (%)	Manzana (%)	Zanahoria (%)	pH			Variación (%)
			Observado	Estimado	Residual	
100.00	0.00	0.00	3.49	3.48	0.00	0.13
0.00	100.00	0.00	3.36	3.41	-0.04	1.33
0.00	0.00	100.00	6.01	5.96	0.05	0.83
50.00	50.00	0.00	3.57	3.61	-0.05	1.33
50.00	0.00	50.00	4.12	4.07	0.05	1.15
0.00	50.00	50.00	4.00	4.00	0.00	0.05
33.33	33.33	33.33	3.80	3.77	0.03	0.79
66.67	16.67	16.67	3.58	3.59	-0.02	0.47
16.67	66.67	16.67	3.68	3.55	0.13	3.58
16.67	16.67	66.67	4.40	4.55	-0.15	3.48

El valor de la variación (%) determina la lejanía entre los valores estimados y observados de la variable respuesta, en valores absolutos. Si la variación es menor o igual a 10%, la estimación de la variable respuesta es considerada como excelente; si es mayor a 10% y menor o igual a 20%, es aceptable; si es mayor a 20% y menor o igual a 30%, es marginalmente aceptable; y si es mayor a 30%, es inaceptable (Pulido y otros, 2012). En el caso de los valores de variación entre los valores observados y estimados de pH para los 10 tratamientos, todos fueron menores al 10%.

El modelo cuadrático fue usado para generar la superficie de respuesta Figura 11 a) y de contornos Figura 11 b) para valores de pH del batido funcional. En la superficie de contornos Figura 11 b) se observa que al aumentar la proporción de PM y ZP en la proporción de 0 a 100% los valores de pH disminuyen de aproximadamente 4.26 a 3.83 y de 4.26 a

3.83, respectivamente. Con respecto al EZ, al incrementar su proporción en la mezcla, el pH se incrementa de 3.83 a 5.54 aproximadamente.

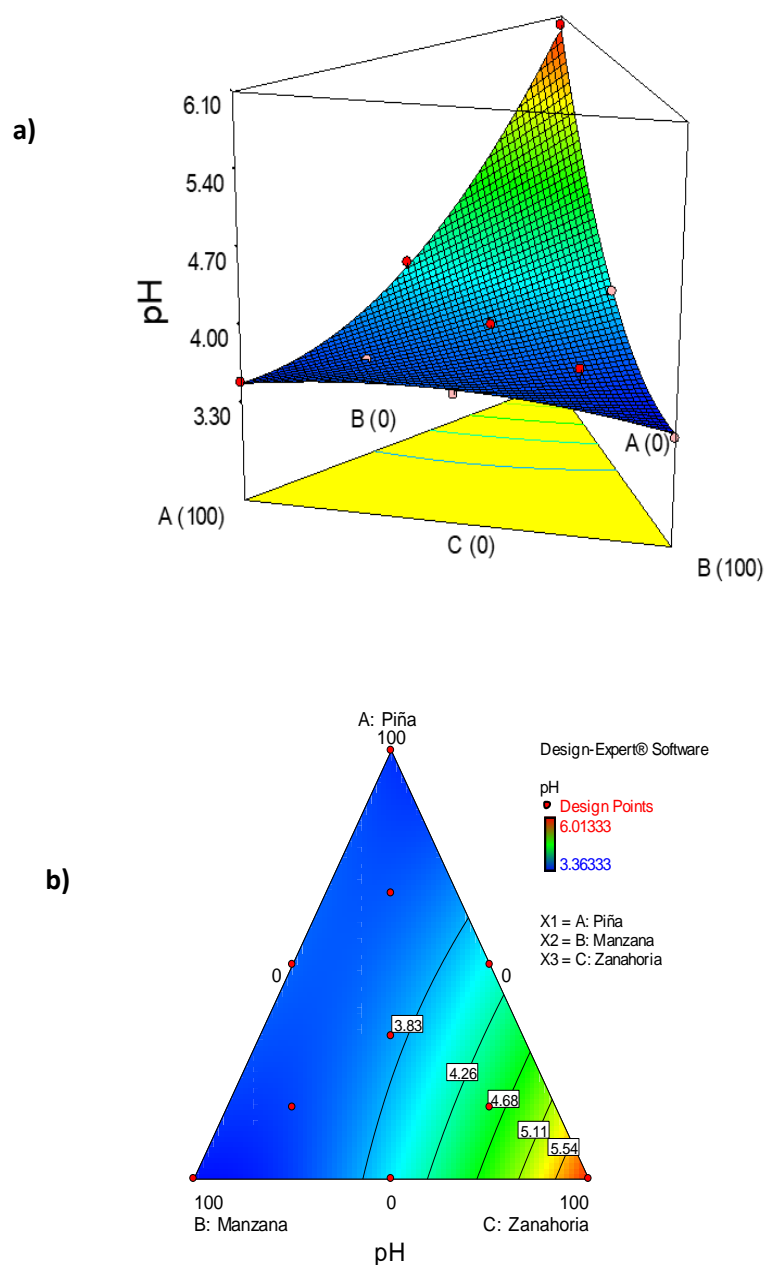


Figura 11. Superficie de respuesta (a) y de contornos (b) para valores de pH del batido funcional.

4.2. Efecto de la proporción de pulpa de manzana, zumo de piña y extracto de zanahoria en el contenido de sólidos solubles del batido funcional

En el Cuadro 8 se presenta los valores de sólidos solubles (SS) de muestras del batido funcional, que son los valores promedios de tres repeticiones, cuyos valores se muestran en el Anexo 2, observándose que el tratamiento T₁ (ZP 100%) presentó un valor de sólidos solubles de 13.40 °Brix, similar al indicado por Montero-Calderón y otros (2010) (12.6±0.5 a 13.0±2.2 °Brix) para piña variedad Golden y dentro del rango reportado por Wardy y otros (2009) (11.59-16.75 °Brix) para tres variedades de piña cultivadas en Ghana. Con respecto al tratamiento T₂ (PM 100%) reportó un valor de sólidos solubles (12.53 °Brix) menor al reportado por Seipel y otros (2009) (13.7 a 15.1 °Brix) para tres variedades de manzanas cultivadas en la región centro-este de la provincia de Santa Fe y dentro del rango reportado por Peng y Lu (2007) (10.6 a 18.8 °Brix) para manzana variedad Golden Delicious. El tratamiento T₃ (EZ 100%) presentó contenido de sólidos solubles (6.17 °Brix) menor al indicado por Alegría y otros (2010) para extracto de zanahoria variedad Nantes (11.8 °Brix).

Con respecto a las mezclas binarias T₄ (ZP 50%, PM 50%), T₅ (ZP 50%, EZ 50%) y T₆ (PM 50%, EZ 50%), se observó que los valores de sólidos solubles disminuyeron con la presencia de extracto de zanahoria en la mezcla, extracto que presentó el menor contenido de sólidos solubles (6.17 °Brix) entre los ingredientes de la mezcla. Resultado similar se obtuvo en las mezclas ternarias, T₈ (ZP 66.67%, PM 16.67%, EZ 16.67%), T₉ (ZP 16.67%, PM 66.67%, EZ 16.67%), y T₁₀ (ZP 16.67%, PM 16.67%, EZ 66.67%).

Cuadro 8. Valores de sólidos solubles de un batido de funcional

Tratamiento	Variables			Sólidos solubles (°Brix)
	ZP (%)	PM (%)	EZ (%)	
T ₁	100.00	0.00	0.00	13.40
T ₂	0.00	100.00	0.00	12.53
T ₃	0.00	0.00	100.00	6.17
T ₄	50.00	50.00	0.00	13.10
T ₅	50.00	0.00	50.00	10.63
T ₆	0.00	50.00	50.00	10.73
T ₇	33.33	33.33	33.33	10.93
T ₈	66.67	16.67	16.67	12.03
T ₉	16.67	66.67	16.67	12.13
T ₁₀	16.67	16.67	66.67	9.40

En el Cuadro 9 se muestra el análisis de varianza de modelos para valores de sólidos solubles de muestras del batido funcional. Tal como se observa, sólo el modelo lineal fue significativo ($p < 0.05$), con valores de coeficiente de determinación R^2 y R^2 -ajustado de 0.955 y 0.942 respectivamente, por lo que este modelo matemático fue seleccionado para representar el comportamiento de la variable en estudio. Montgomery (2011) menciona que un coeficiente de determinación mayor a 0.85 permite predecir la respuesta con una amplia variedad de proporciones de la mezcla, siempre que la suma de los componentes sea 100%.

Cuadro 9. Análisis de varianza de modelos para valores de sólidos solubles del batido funcional

Fuente	Suma de cuadrados	G L	Media cuadrática	F	p	R ²	R ² ajust
Media	1233.580	1	1233.580				
Lineal	39.050	2	19.530	74.270	0.000	0.955	0.942
Cuadrático	1.280	3	0.430	3.080	0.153	0.986	0.969
Cúbico							
especial	0.400	1	0.400	7.890	0.067	0.996	0.989
Cúbico							
completo	0.130	2	0.067	3.540	0.352	1.000	0.996
Residual	0.019	1	0.019				
Total	1274.470	10	127.450				

En el Cuadro 10, se presenta los coeficientes de la regresión del modelo lineal aplicado a valores de sólidos solubles del batido funcional, presentándose significancia ($p < 0.05$) en todos los coeficientes de la regresión.

Cuadro 10. Coeficientes de la regresión del modelo lineal aplicado a sólidos solubles del batido funcional en unidades codificadas

Componentes	Coficiente estimado	Error estándar	t(7)	p
ZP	13.44	0.380	35.368	0.000
PM	12.93	0.380	34.026	0.000
EZ	6.95	0.380	18.289	0.000

Para el diseño de mezclas es recomendable trabajar con unidades codificadas netamente el proceso estadístico, y así evitar problemas de estimación. Dichas unidades codificadas se encuentran en el rango de 0 a 1, posteriormente para la ecuación se transforman a unidades reales, que en caso, el rango es de 0 a 100.

A partir de los coeficientes estimados en unidades codificadas se obtuvo la regresión en unidades reales, como se muestra en la ecuación 7.

$$SS = 0.1344 * ZP + 0.1293 * PM + 0.0695 * ZZ \quad (7)$$

En el Cuadro 11 se presenta los valores observados y estimados para las variables respuestas de sólidos solubles del batido funcional, que son los valores promedios de tres repeticiones, cuyos valores se muestran en el Anexo 2.

El valor de la variación (%) determina la lejanía entre los valores estimados y observados de la variable respuesta, en unidades absolutas. Si la variación menor o igual a 10%, la estimación de la variable respuesta es considerada como excelente; si es mayor a 10% y menor o igual a 20%, es aceptable; si es mayor a 20% y menor o igual a 30%, es marginalmente aceptable; y si es mayor a 30%, es inaceptable (Pulido y otros, 2012). En el caso de los valores de variación entre los valores observados y estimados de SS para los tratamientos, fueron menores al 10%, con excepción del T₃.

Cuadro 11. Valores observados y estimados para sólidos solubles expresados en °Brix del batido funcional

Tratamiento	ZP (%)	PM (%)	EZ (%)	°Brix			
				Observado	Estimado	Residual	Variación (%)
T ₁	100.00	0.00	0.00	13.40	13.44	-0.04	0.30
T ₂	0.00	100.00	0.00	12.53	12.93	-0.40	3.19
T ₃	0.00	0.00	100.00	6.17	6.95	-0.78	12.64
T ₄	50.00	50.00	0.00	13.10	13.18	-0.08	0.64
T ₅	50.00	0.00	50.00	10.63	10.20	0.44	4.14
T ₆	0.00	50.00	50.00	10.73	9.94	0.79	7.36
T ₇	33.33	33.33	33.33	10.93	11.11	-0.17	1.56
T ₈	66.67	16.67	16.67	12.03	12.27	-0.24	2.00
T ₉	16.67	66.67	16.67	12.13	12.02	0.12	0.99
T ₁₀	16.67	16.67	66.67	9.40	9.03	0.37	3.94

El modelo lineal fue usado para generar la superficie de respuesta Figura 12 a) y de contornos Figura 12 b) para valores de sólidos solubles del batido funcional. En la superficie de contornos (Figura 12b) se observa que al aumentar la proporción de PM y ZP de 0 a 100%, los sólidos solubles se incrementaron de, aproximadamente 10.20 a 12.36 °Brix y de 9.11 a 12.36° Brix, respectivamente. Con referencia a EZ ocurrió el efecto contrario, un incremento de este extracto en la proporción, originó una disminución de 12.36 a 8.03 °Brix en el batido funcional, posiblemente debido su menor contenido de sólidos solubles.

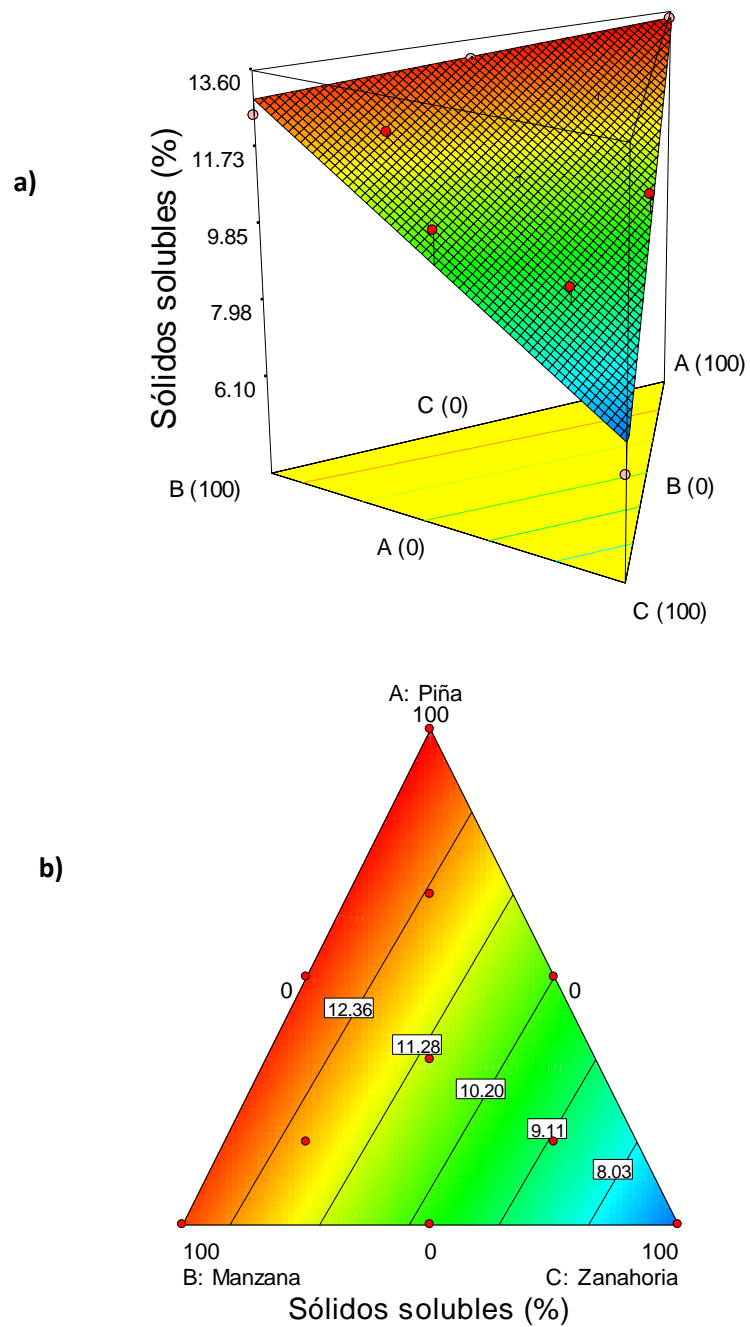


Figura 12. Superficie de respuesta (a) y de contornos (b) para contenido de sólidos solubles del batido funcional.

4.3. Efecto de la proporción de pulpa de manzana, zumo de piña y extracto de zanahoria en los valores del tono del batido funcional

En el Cuadro 12 se presenta los valores de tono ($^{\circ}\text{H}$) de muestras del batido funcional, que son los valores promedios de tres repeticiones, cuyos valores se muestran en el Anexo 3. Variando entre $51.58 \pm 0.77^{\circ}$ (T_3) a $90.47 \pm 0.19^{\circ}$ (T_4), correspondiendo a tonos anaranjado y amarillo, respectivamente (Padrón y otros, 2012).

Entre los tratamientos puros, T_1 (ZP 100%) y T_2 (PM 100%) presentaron valores de tono de $88.09 \pm 2.55^{\circ}$ y $90.09 \pm 0.93^{\circ}$, correspondiente a tonos amarillos, mientras que T_3 (EZ 100%), presentó valores de $51.58 \pm 0.77^{\circ}$, correspondiente a tonos anaranjados (Padrón y otros, 2012).

Padrón y otros (2012), indican que, en el espacio cromático cilíndrico CIE-L*C*H, los valores de tono de 0° a 90° indican color rojo y colores que resultan de la combinación del rojo con el amarillo hasta definirse este último en 90° . De 90° a 180° la tendencia es del amarillo al verde. En relación con el croma (C^*), para determinado ángulo, éste indicaría cuán puro o intenso es el color en una escala de 0 a 100, donde este último valor expresa la mayor pureza (Padrón y otros, 2012).

Cuadro 12. Valores de tono para muestras del batido funcional

Tratamiento	Variables			Tono (°Hue)
	ZP	PM	EZ	
T ₁	100	0	0	88.09±2.55
T ₂	0	100	0	90.09±0.93
T ₃	0	0	100	51.58±0.77
T ₄	50	50	0	90.47±0.19
T ₅	50	0	50	54.25±2.10
T ₆	0	50	50	53.54±1.50
T ₇	33.3	33.3	33.3	54.67±1.59
T ₈	66.7	16.7	16.7	58.07±1.48
T ₉	16.7	66.7	16.7	55.51±0.38
T ₁₀	16.7	16.7	66.7	52.41±1.32

El color es uno de los primeros atributos que el consumidor percibe y que a menudo es importante en la aceptación general de los alimentos. El color amarillo percibido de la piña está relacionado con su contenido de carotenoides, siendo β -caroteno el carotenoide primario, cuya concentración varía según el cultivar: Piña Golden: 41.59 mg/100 g; Cayena Lisa: 17.22 mg/100 g) (Ramsaroop y Saulo, 2007).

El extracto de zanahoria es muy valorado nutricionalmente por su contenido en β -caroteno (precursor de la vitamina A), con un aporte aproximado de 12 a 400 ppm, por lo que existe una gran variabilidad en la calidad funcional de los diversos cultivares comerciales de zanahoria. El β -caroteno es conocido por sus propiedades antimutagénicas, fotoprotectoras, inmunológicas, antioxidantes y por los efectos benéficos

para la vista y la piel, aportando 30% del total en la dieta de sus habitantes (Ventrera y otros, 2013).

Días y otros (2009), indican que la cantidad de los distintos carotenoides varía considerablemente con la madurez de las hortalizas y con la pérdida de la clorofila. En manzanas, estos pigmentos están en mayor cantidad en la cáscara o piel (5.6 y 5.4 ppm, respectivamente), que en la parte interna o carnosa (3 y 0.7 ppm, respectivamente). La composición de éstos es muy compleja, pues en realidad son una mezcla integrada por 50 o más pigmentos, alguno de ellos en mayor proporción.

Con respecto a las mezclas binarias T4 (ZP 50%, PM 50%), T5 (ZP 50%, EZ 50%) y T6 (PM 50%, EZ 50%), se observó que tono disminuyó con la presencia de extracto de zanahoria en la mezcla, extracto que presentó el menor valor de tono ($51.58 \pm 0.77^\circ$) entre los ingredientes de la mezcla. Resultado similar se obtuvo en las mezclas ternarias, T8 (ZP 66.67%, PM 16.67%, EZ 16.67%), T9 (ZP 16.67%, PM 66.67%, EZ 16.67%), y T10 (ZP 16.67%, PM 16.67%, EZ 66.67%).

En el Cuadro 13 se muestra el análisis de varianza para determinar el modelo adecuado que describa el comportamiento de la variable respuesta tono del batido funcional.

Cuadro 13. Análisis de varianza de modelos para valores de tono del batido funcional

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	p	R ²	R ² ajust
Media	42079.439	1	42079.439				
Lineal	1494.683	2	747.341	4.562	0.054	0.566	0.442
Cuadrático	744.165	3	248.055	2.465	0.202	0.848	0.657
Cúbico especial	100.521	1	100.521	0.998	0.391	0.886	0.657
Cúbico completo	228.618	2	114.309	1.557	0.493	0.972	0.750
Residual	73.416	1	73.416				
Total	44720.842	10	4472.084				

Tal como se observa, ningún modelo fue significativo ($p > 0.05$) para describir el comportamiento de los valores de tono de las muestras del batido funcional.

4.4. Efecto de la proporción de pulpa de manzana, zumo de piña y extracto de zanahoria en los valores de croma del batido funcional

En el Cuadro 14 se presenta los valores de croma de muestras del batido funcional, que son los valores promedios de tres repeticiones, cuyos valores se muestran en el Anexo 4. Observándose que el T₂ (PM100%) muestra el menor valor de croma (29.00%) que T₁ (ZP: 100) (50.07%) y T₃ (EZ 100%) (53.07%), debido probablemente a su menor contenido de carotenoides.

Cuadro 14. Valores de croma del batido funcional

Tratamiento	Factores			Croma
	ZP (%)	PM (%)	EZ (%)	
T ₁	100.00	0.00	0.00	50.07
T ₂	0.00	100.00	0.00	29.00
T ₃	0.00	0.00	100.00	53.07
T ₄	50.00	50.00	0.00	35.41
T ₅	50.00	0.00	50.00	57.81
T ₆	0.00	50.00	50.00	57.75
T ₇	33.33	33.33	33.33	56.69
T ₈	66.67	16.67	16.67	53.37
T ₉	16.67	66.67	16.67	49.48
T ₁₀	16.67	16.67	66.67	57.93

Con respecto a las mezclas binarias T₄ (ZP 50%, PM 50%), T₅ (ZP 50%, EZ 50%) y T₆ (PM 50%, EZ 50%), se observó que los valores de croma disminuyeron con la presencia de pulpa de manzana en la mezcla, pulpa que un valor de croma menor (29%) entre los ingredientes de la mezcla. Resultado similar se obtuvo en las mezclas ternarias, T₈ (ZP 66.67%, PM 16.67%, EZ 16.67%), T₉ (ZP 16.67%, PM 66.67%, EZ 16.67%), y T₁₀ (ZP 16.67%, PM 16.67%, EZ 66.67%).

En el Cuadro 15 se muestra el análisis de varianza para determinar el modelo adecuado que describa el comportamiento de la variable respuesta croma del batido funcional.

Cuadro 15. Análisis de varianza de modelos para croma del batido funcional

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	p	R ²	R ² ajust
Media	25058.030	1	25058.030				
Lineal	524.960	2	262.480	4.850	0.048	0.581	0.461
Cuadrático	338.980	3	112.990	11.400	0.020	0.956	0.901
Cúbico							
especial	17.300	1	17.300	2.320	0.225	0.975	0.926
Cúbico							
completo	20.310	2	10.160	4.990	0.302	0.998	0.980
Residual	2.030	1	2.030				
Total	25961.630	10	2596.160				

Tal como se observa, el modelo cuadrático fue significativo ($p < 0.05$), con valores de coeficiente de determinación R^2 y R^2 -ajustado de 0.956 y 0.901, respectivamente, por lo que este modelo matemático fue seleccionado para representar el comportamiento de la variable en estudio. Montgomery (2011) menciona que un coeficiente de determinación mayor a 0.85 permite predecir la respuesta con una amplia variedad de proporciones de la mezcla siempre que la suma de los componentes sea 100%.

En el Cuadro 16, se presenta los coeficientes de la regresión del modelo cuadrático aplicado a valores de croma del batido funcional, presentándose significancia ($p < 0.05$) en todos los coeficientes de la regresión, excepto la combinación de zumo de piña con pulpa de manzana y de zumo de piña con extracto de zanahoria.

Cuadro 16. Coeficientes de la regresión del modelo cuadrático aplicado a croma del batido funcional en unidades codificadas

Componentes	Coefficiente estimado	Error estándar	t(4)	p
ZP	49.964	3.040	16.436	0.000
PM	29.752	3.040	9.787	0.001
EZ	51.906	3.040	17.075	0.000
ZP-PM	-5.886	13.990	-0.421	0.696
ZP-EZ	31.731	13.990	2.268	0.086
PM-EZ	75.345	13.990	5.386	0.006

Para el diseño de mezclas es recomendable trabajar con unidades codificadas netamente el proceso estadístico, y así evitar problemas de estimación. Dichas unidades codificadas se encuentran en el rango de 0 a 1, posteriormente para la ecuación se transforman a unidades reales, que en caso, el rango es de 0 a 100.

A partir de los coeficientes estimados en unidades codificadas se obtuvo la regresión en unidades reales, como se muestra en la ecuación 8.

$$\text{Croma} = 0.4996 * \text{ZP} + 0.298 * \text{PM} + 0.519 * \text{EZ} - 0.0589(\text{ZP} * \text{PM}) + 0.317(\text{ZP} * \text{EZ}) + 0.753(\text{PM} * \text{EZ}) \quad (8)$$

En el Cuadro 17 se presenta los valores observados y estimados para la variable respuesta croma del batido funcional.

El valor de la variación (%) determina la lejanía entre los valores estimados y observados de la variable respuesta. Si la variación menor o igual a 10%, la estimación de la variable respuesta es considerada como excelente; si es mayor a 10% y menor o igual a 20%, es aceptable; si es mayor a 20% y menor o igual a 30%, es marginalmente aceptable; y si es mayor a 30%, es inaceptable (Pulido y otros, 2012). En el caso de los

valores de variación entre los valores observados y estimados de croma para los tratamientos, fueron menores al 10%.

Cuadro 17. Valores observados y estimados para croma del batido funcional

Tratamiento	ZP (%)	PM (%)	EZ (%)	Croma			Variación (%)
				Observado	Estimado	Residual	
T ₁	100.00	0.00	0.00	50.07	49.96	0.11	0.22
T ₂	0.00	100.00	0.00	29.00	29.75	-0.75	2.59
T ₃	0.00	0.00	100.00	53.07	51.91	1.17	2.20
T ₄	50.00	50.00	0.00	35.41	38.39	-2.98	8.42
T ₅	50.00	0.00	50.00	57.81	58.87	-1.06	1.83
T ₆	0.00	50.00	50.00	57.75	59.67	-1.92	3.32
T ₇	33.33	33.33	33.33	56.69	55.12	1.57	2.77
T ₈	66.67	16.67	16.67	53.37	51.88	1.48	2.77
T ₉	16.67	66.67	16.67	49.48	45.41	4.06	8.21
T ₁₀	16.67	16.67	66.67	57.93	59.62	-1.69	2.92

El modelo cuadrático fue usado para generar la superficie de respuesta Figura 13 a) y de contornos Figura 13 b) para valores de croma del batido funcional. En la superficie de contornos Figura 13 b) se observa que al aumentar la proporción de PM y ZP de 0 a 100% los valores de croma disminuyeron de aproximadamente 56.04 a 35.01 y de 56.04 a 50.78 respectivamente. Con referencia al EZ ocurrió el efecto contrario, un incremento en la proporción, el croma aumentó de 40.27 a 56.04, debido probablemente su mayor contenido de carotenoides (Ventrera y otros, 2013).

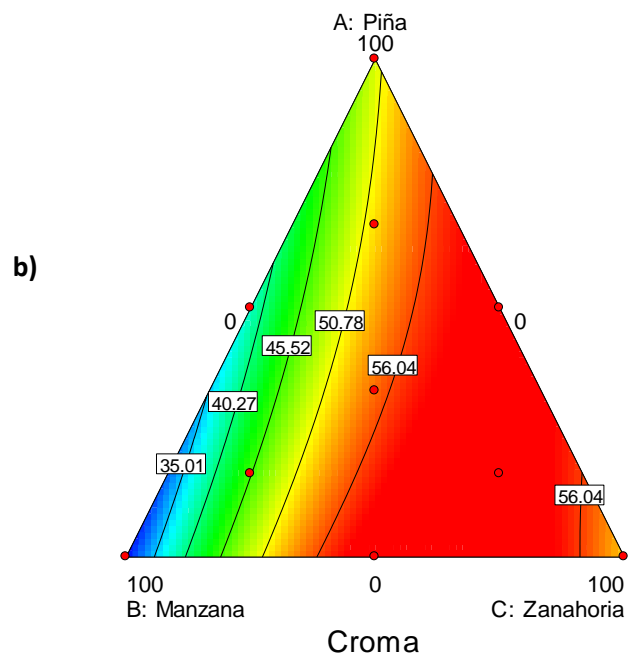
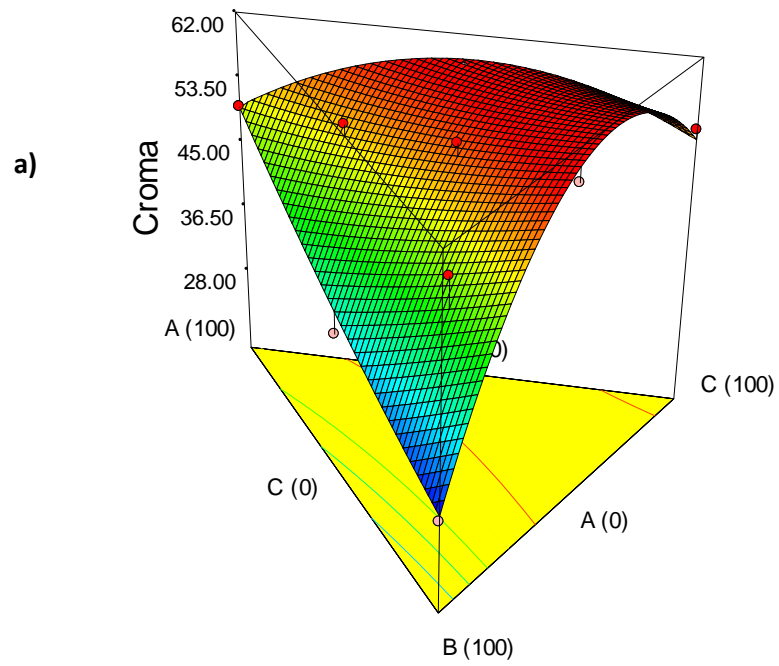


Figura 13. Superficie de respuesta (a) y de contornos (b) para croma del batido funcional.

Cano-Lamadrid y otros (2018) reportaron efecto de la proporción de puré: jugo (60:40 o 40:60), cultivar de granada (Mollar de Elche o Wonderful) y puré de fruta (membrillo, azufaifo o higo) en los atributos de color de batidos funcionales.

4.5. Efecto de la proporción de pulpa de manzana, zumo de piña y extracto de zanahoria en el contenido de compuestos fenólicos del batido funcional

En el Cuadro 18 se presenta los valores del contenido de compuestos fenólicos de muestras de un batido funcional, variando entre 0.72 ± 0.13 (T₃) a 8.97 ± 0.86 (T₄). Entre los componentes puros, el tratamiento T₂ (PM 100%) reportó en mayor valor de compuestos fenólicos (8.25 ± 0.21 mg AGE/100 g de batido) que T₁ (ZP 100%) y T₃ (EZ 100%), con valores de 2.24 ± 0.60 y 0.72 ± 0.13 mg AGE/100 g de batido respectivamente.

Simmonds y Howes (2016), informan que la cantidad de fenoles en manzana, varían enormemente entre cultivares y época de cosecha. Belviso y otros (2013) reportó el contenido de compuestos fenólicos en manzana, calculado como la suma de todos los compuestos fenólicos identificados, de 44.5 ± 2.3 mg/100 g para la variedad Ronzè a 499.6 ± 37.1 mg/100 g para Grigia di Torriana. Esta variedad mostró los valores más altos de TP en los tres años de muestreo. De hecho, el valor más alto de polifenoles totales encontrados por estos autores a partir del análisis de la fruta entera fue de 272.4 mg/100 g pulpa. Durante todo el período de muestreo, el cultivar comercial Golden Delicious fue una de las variedades con menor contenido de TP. La mayoría de variedades contenían ácido gálico, con excepción de la variedad Golden Delicious. Su contenido varió entre 0.7 ± 0.4 y 3.3 ± 0.6 mg/100 g.

Montero-Calderón y otros (2010) reportaron contenido de compuestos fenólicos en piña cv. Golden en el rango de 0.8 ± 5.1 a 44.6 ± 0.3 AGE/100 g; mientras que Fu et al. (2011) determinaron valores de 94.04 ± 1.47 mg AGE/100 g.

El contenido de compuestos fenólicos totales en zumo de piña presenta variaciones significativas entre los diferentes genotipos, y suelen ser los principales componentes de la capacidad antioxidante en el zumo de piña, siendo los compuestos fenólicos predominantes: catequina, epicatequina y ácido sinapínico (Sun y otros, 2016).

El extracto de zanahoria presenta bajo contenido de compuestos fenólicos, específicamente con un anillo aromático, conocido como ácidos fenólicos, siendo los principales: los ácidos clorogénicos e hidroxicinamínicos. Estos compuestos contribuyen a las propiedades organolépticas de zanahorias frescas y procesadas (Arscott y Tanumihardjo, 2010).

Con respecto a las mezclas binarias T₄ (ZP 50%, PM 50%), T₅ (ZP 50%, EZ 50%) y T₆ (PM 50%, EZ 50%), se observó que el contenido de compuestos fenólicos se elevó con la presencia de PM en la mezcla, ingrediente que presentó el valor más elevado de compuestos fenólicos (8.25 ± 0.21 mg AGE/100 g de batido) entre los ingredientes de la mezcla. Resultado similar se obtuvo en las mezclas ternarias, T₈ (ZP 66.67%, PM 16.67%, EZ 16.67%), T₉ (ZP 16.67%, PM 66.67%, EZ 16.67%), y T₁₀ (ZP 16.67%, PM 16.67%, EZ 66.67%).

Cuadro 18. Valores del contenido de compuestos fenólicos de muestras del batido funcional

Tratamiento	Factores			Fenoles totales (mg AGE/100 g de batido)
	ZP (%)	PM (%)	EZ (%)	
T ₁	100.00	0.00	0.00	2.24 ± 0.60
T ₂	0.00	100.00	0.00	8.25 ± 0.21
T ₃	0.00	0.00	100.00	0.72 ± 0.13
T ₄	50.00	50.00	0.00	8.97 ± 0.86
T ₅	50.00	0.00	50.00	2.24 ± 0.80
T ₆	0.00	50.00	50.00	6.65 ± 0.45
T ₇	33.33	33.33	33.33	1.98 ± 0.08
T ₈	66.67	16.67	16.67	6.05 ± 0.71
T ₉	16.67	66.67	16.67	5.07 ± 0.58
T ₁₀	16.67	16.67	66.67	1.17 ± 0.11

En el Cuadro 19 se muestra el análisis de varianza para determinar el modelo adecuado que describa el comportamiento de la variable respuesta contenido de compuestos fenólicos del batido funcional.

Cuadro 19. Análisis de varianza de modelos para valores de contenido de compuestos fenólicos del batido funcional

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	p	R ²	R ² ajust
Media	187.917	1	187.917				
Lineal	55.803	2	27.901	7.161	0.020	0.672	0.578
Cuadrático	3.955	3	1.318	0.226	0.874	0.719	0.369
Cúbico especial	13.806	1	13.806	4.354	0.128	0.886	0.657
Cúbico completo	9.118	2	4.559	11.550	0.204	0.995	0.957
Residual	0.395	1	0.395				
Total	270.993	10	27.099				

Tal como se observa, el modelo lineal fue significativo ($p < 0.05$), pero con valores de coeficiente de determinación R^2 y R^2 -ajustado de 0.672 y 0.578 respectivamente, por lo que este modelo matemático no fue seleccionado para representar el comportamiento de la variable en estudio. Montgomery (2011) menciona que un coeficiente de determinación mayor a 0.85 permite predecir la respuesta con una amplia variedad de proporciones de la mezcla, siempre que la suma de los componentes sea 100%.

4.6. Efecto de la proporción pulpa de manzana: zumo de piña: extracto de zanahoria en el olor del batido funcional

La calidad de los alimentos está determinada por atributos tales como apariencia y sabor, sin embargo, el concepto de calidad ha evolucionado y ha aumentado la atención que se da a los atributos sensoriales para lograr mayor aceptación por parte de los consumidores.

En el Cuadro 20 se presenta los resultados de la apreciación del olor de muestras del batido funcional, que son los valores promedios de tres repeticiones, cuyos valores se muestran en el Anexo 6. Observándose que los tratamientos T_1 (ZP 100%), T_2 (PM 100%) y T_3 (EZ 100%) muestran valores de 7.59, 6.41 y 4.41, correspondiendo a la calificación de, “Me gusta bastante”, “Me gusta mucho” y “Me disgusta ligeramente”, respectivamente.

Cuadro 20. Valores de apreciación del olor del batido funcional

Tratamiento	Variables			Valores de apreciación del Olor
	ZP (%)	PM (%)	EZ (%)	
T ₁	100.00	0.00	0.00	7.59
T ₂	0.00	100.00	0.00	6.41
T ₃	0.00	0.00	100.00	4.41
T ₄	50.00	50.00	0.00	7.00
T ₅	50.00	0.00	50.00	5.19
T ₆	0.00	50.00	50.00	5.67
T ₇	33.33	33.33	33.33	5.89
T ₈	66.67	16.67	16.67	6.85
T ₉	16.67	66.67	16.67	6.07
T ₁₀	16.67	16.67	66.67	5.33

La mayor apreciación en olor del zumo de piña, pudo ser debido a los compuestos volátiles presentes en la piña. Montero-Calderón y otros (2010) identificaron 20 compuestos volátiles en piña variedad Golden. Entre ellos, los ésteres fueron los principales componentes volátiles identificados y representaron el 90% del total (más de 300).

Entre los compuestos volátiles identificados en las manzanas, sólo algunos que contribuyen significativamente al olor de la fruta. En su mayoría incluyen ésteres, alcoholes, aldehídos, cetonas y éteres. Los aldehídos predominan en las manzanas inmaduras, pero su contenido disminuye a medida que la fruta madura, período en que la concentración de alcoholes y ésteres aumenta, siendo éste último el principal compuesto volátil en manzanas maduras (Espino-Díaz y otros, 2016).

La mayoría de los compuestos de volátiles en las zanahorias son mono y sesquiterpenos, que pueden representar hasta aproximadamente

el 97% de la masa volátil total. Sin embargo, se observan grandes variaciones en su distribución cualitativa y cuantitativa por genotipo en zanahorias (Kjeldsen y otros, 2001).

Con respecto a las mezclas binarias T₄ (ZP 50%, PM 50%), T₅ (ZP 50%, EZ 50%) y T₆ (PM 50%, EZ 50%), se observó que la apreciación en olor disminuyó con la presencia de extracto de zanahoria en la mezcla, extracto que presentó la menor del olor (5.19) entre los ingredientes de la mezcla. Resultado similar se obtuvo en las mezclas ternarias, T₈ (ZP 66.67%, PM 16.67%, EZ 16.67%), T₉ (ZP 16.67%, PM 66.67%, EZ 16.67%), y T₁₀ (ZP 16.67%, PM 16.67%, EZ 66.67%).

En el Cuadro 21 se muestra el análisis de varianza para determinar el modelo adecuado que describa el comportamiento de la variable respuesta del olor del batido funcional.

Cuadro 21. Análisis de varianza de modelos para valores de apreciación del olor batido funcional

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	p	R ²	R ² ajust
Media	364.910	1	364.910				
Lineal	7.510	2	3.750	38.780	0.000	0.917	0.894
Cuadrático	0.490	3	0.160	3.390	0.134	0.977	0.947
Cúbico							
especial	0.005	1	0.005	0.073	0.805	0.977	0.932
Cúbico							
completo	0.160	2	0.079	2.690	0.396	0.996	0.968
Residual	0.029	1	0.029				
Total	373.090	10	37.310				

Tal como se observa, sólo el modelo lineal fue significativo ($p < 0.05$), con valores de coeficiente de determinación R² y R²-ajustado de 0.917 y

0.894 respectivamente, por lo que este modelo matemático fue seleccionado para representar el comportamiento de la variable en estudio. Montgomery (2011) menciona que un coeficiente de determinación mayor a 0.85 permite predecir la respuesta con una amplia variedad de proporciones de la mezcla, siempre que la suma de los componentes sea 100%.

En el Cuadro 22, se presenta los coeficientes de la regresión del modelo lineal aplicado a valores del olor del batido funcional, presentándose significancia ($p < 0.05$) en todos los coeficientes de la regresión.

Cuadro 22. Coeficientes de la regresión del modelo lineal aplicado a los valores de apreciación del olor del batido funcional en unidades codificadas

Componentes	Coficiente estimado	Error estándar	t(7)	p
ZP	7.360	0.230	32.000	0.000
PM	6.470	0.230	28.130	0.000
EZ	4.290	0.230	18.652	0.000

Para el diseño de mezclas es recomendable trabajar con unidades codificadas netamente el proceso estadístico, y así evitar problemas de estimación. Dichas unidades codificadas se encuentran en el rango de 0 a 1, posteriormente para la ecuación se transforman a unidades reales, que en caso, el rango es de 0 a 100.

A partir de los coeficientes estimados en unidades codificadas se obtuvo la regresión en unidades reales, como se muestra en la ecuación 9.

$$\text{Olor} = 0.0736 * ZP + 0.0647 * PM + 0.0429 * ZZ \quad (9)$$

En el Cuadro 23 se presenta los valores observados y estimados para la variable respuesta del olor del batido funcional.

Cuadro 23. Valores observados y estimados para apreciación del olor del batido funcional

Tratamiento	ZP (%)	PM (%)	EZ (%)	Olor			Variación (%)
				Observado	Estimado	Residual	
T ₁	100.00	0.00	0.00	7.59	7.36	0.23	3.03
T ₂	0.00	100.00	0.00	6.41	6.47	-0.07	1.01
T ₃	0.00	0.00	100.00	4.41	4.29	0.12	2.72
T ₄	50.00	50.00	0.00	7.00	6.92	0.08	1.19
T ₅	50.00	0.00	50.00	5.19	5.82	-0.64	12.33
T ₆	0.00	50.00	50.00	5.67	5.38	0.29	5.11
T ₇	33.33	33.33	33.33	5.89	6.04	-0.15	2.55
T ₈	66.67	16.67	16.67	6.85	6.70	0.15	2.19
T ₉	16.67	66.67	16.67	6.07	6.26	-0.18	2.97
T ₁₀	16.67	16.67	66.67	5.33	5.16	0.17	3.19

El valor de la variación (%) determina la lejanía entre los valores estimados y observados de la variable respuesta, en unidades absolutas. Si la variación es menor al 10% la estimación de la variable respuesta es considerada como excelente, mayor a 10% y menor a 20% aceptable, mayor a 20% y menor a 30% marginalmente aceptable; y mayor a 30% inaceptable (Pulido y otros, 2012).

En el caso de los valores de variación entre los valores observados y estimados para el olor de los tratamientos evaluados, fueron menores al 10%, con excepción del T₅.

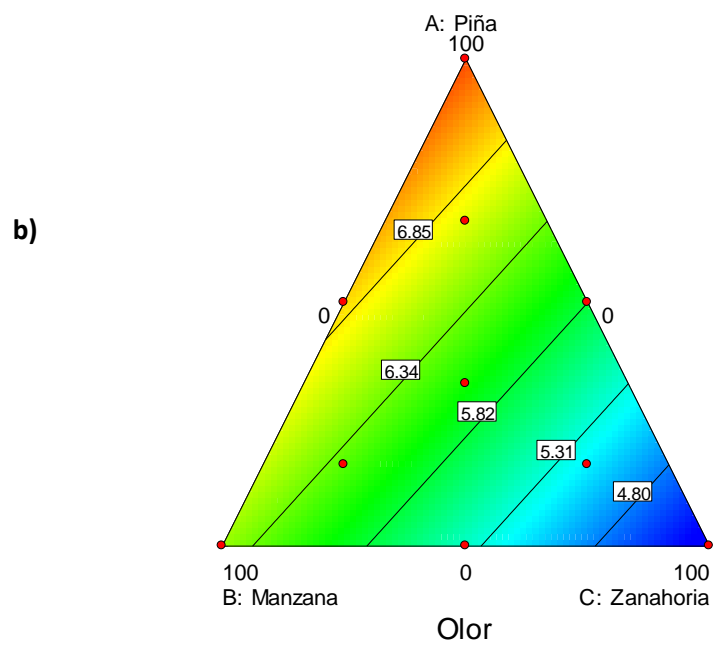
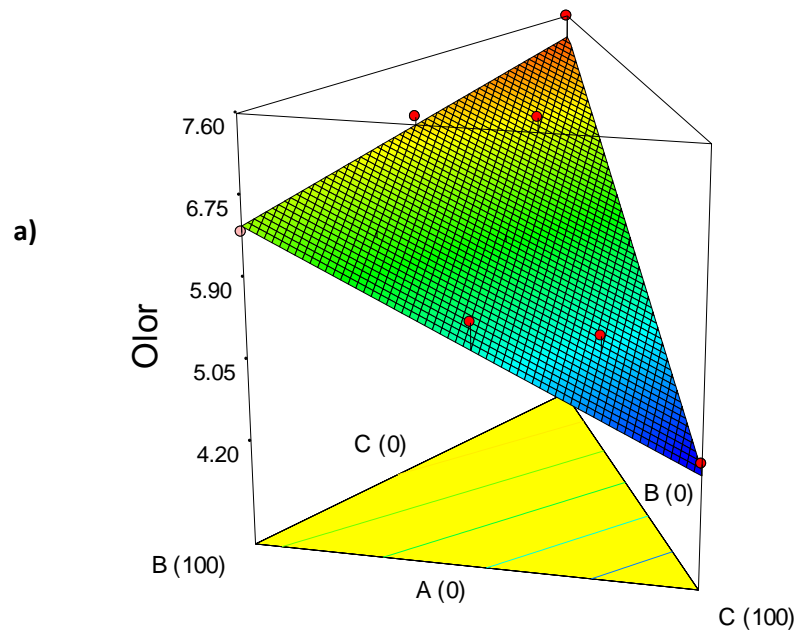


Figura 14. Superficie de respuesta (a) y de contornos (b) para el olor del batido funcional

El modelo lineal fue usado para generar la superficie de respuesta Figura 14 a) y de contornos Figura 14 b) para valores de para el olor del batido funcional. En la superficie de contornos Figura 14 b) se observa que al aumentar la proporción de pulpa de manzana en valores de 0 a 100% del olor del batido funcional no presenta cambios considerables, manteniéndose en 5.82, mientras que al incrementar la proporción de ZP, aumenta de 5.31 a 6.85 aproximadamente. Con respecto a la proporción de EZ, se observa el efecto contrario, un incremento de la concentración de EZ la apreciación en olor del batido funcional disminuye de 6.85 a 4.80 aproximadamente.

4.7. Efecto de la proporción pulpa de manzana, zumo de piña y extracto de zanahoria en los valores de apreciación del sabor del batido funcional

En el Cuadro 24 se presenta los resultados de la apreciación del sabor de muestras del batido funcional, que son los valores promedios de tres repeticiones, cuyos valores se muestran en el Anexo 7. Observándose que T₁ (ZP 100%) muestra un valor de apreciación en sabor de 7.33, mientras que los tratamientos T₂ (PM 100%) y T₃ (EZ 100%) muestran valores de del sabor de 6.26 y 3.37.

Con respecto a las mezclas binarias T₄ (ZP 50%, PM 50%), T₅ (ZP 50%, EZ 50%) y T₆ (PM 50%, EZ 50%), se observó que la aceptabilidad del batido funcional disminuyó con la presencia de extracto de zanahoria en la mezcla, extracto que presentó la menor apreciación en sabor (5.11) en la mezcla con ZP (T₅). Resultado similar se obtuvo en las mezclas ternarias, T₈ (ZP 66.67%, PM 16.67%, EZ 16.67%), T₉ (ZP 16.67%, PM 66.67%, EZ 16.67%), y T₁₀ (ZP 16.67%, PM 16.67%, EZ 66.67%), notándose que la mayor cantidad de EZ en la mezcla, disminuye la aceptabilidad general del batido.

Cuadro 24. Valores de apreciación del sabor del batido de funcional

Tratamiento	Factores			Valores de Apreciación del sabor
	ZP (%)	PM (%)	EZ (%)	
T ₁	100.00	0.00	0.00	7.33
T ₂	0.00	100.00	0.00	6.26
T ₃	0.00	0.00	100.00	3.37
T ₄	50.00	50.00	0.00	7.04
T ₅	50.00	0.00	50.00	5.11
T ₆	0.00	50.00	50.00	5.41
T ₇	33.33	33.33	33.33	5.15
T ₈	66.67	16.67	16.67	6.56
T ₉	16.67	66.67	16.67	6.93
T ₁₀	16.67	16.67	66.67	4.63

La mayor apreciación en sabor del zumo de piña, pudo ser debido a los compuestos volátiles presentes en la piña, siendo los ésteres los principales componentes volátiles identificados, que representan el 90% del total (más de 300) (Montero-Calderón y otros, 2010).

Entre los compuestos volátiles identificados en las manzanas, sólo algunos que contribuyen significativamente al sabor de la fruta siendo los ésteres, el principal compuesto volátil en manzanas maduras (Espino-Díaz y otros, 2016). En la zanahoria, se ha demostrado que los terpenoides contribuyen significativamente al sabor de las zanahorias y, en consecuencia, su sabor está muy influenciado por la variación genética (Kjeldsen y otros, 2001).

En el Cuadro 25 se muestra el análisis de varianza para determinar el modelo adecuado que describa el comportamiento de la variable respuesta apreciación en sabor del batido funcional.

Cuadro 25. Análisis de varianza de modelos para valores de apreciación del sabor del batido de funcional

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	p	R ²	R ² ajust
Media	333.827	1	333.827				
Lineal	13.001	2	6.501	36.364	0.000	0.912	0.887
Cuadrático	0.362	3	0.121	0.543	0.678	0.938	0.860
Cúbico							
especial	0.134	1	0.134	0.530	0.519	0.947	0.841
Cúbico							
completo	0.240	2	0.120	0.232	0.826	0.964	0.674
Residual	0.516	1	0.516				
Total	348.080	10	34.808				

Tal como se observa, sólo el modelo lineal fue significativo ($p < 0.05$), con valores de coeficiente de determinación R^2 y R^2 -ajustado de 0.912 y 0.887 respectivamente, por lo que este modelo matemático fue seleccionado para representar el comportamiento de la variable en estudio. Montgomery (2011) menciona que un coeficiente de determinación mayor a 0.85 permite predecir la respuesta con una amplia variedad de proporciones de la mezcla siempre que la suma de los componentes sea 1.

En el Cuadro 26, se presenta los coeficientes de la regresión del modelo lineal aplicado a valores de apreciación en sabor del batido funcional, presentándose significancia ($p < 0.05$) en todos los coeficientes de la regresión.

Cuadro 26. Coeficientes de la regresión del modelo lineal aplicado valores de apreciación del sabor del batido funcional en unidades codificadas

Componentes	Coeficiente estimado	Error estándar	t(7)	p
ZP	7.220	0.310	23.290	0.000
PM	6.720	0.310	21.677	0.000
EZ	3.390	0.310	10.935	0.000

Para el diseño de mezclas es recomendable trabajar con unidades codificadas netamente el proceso estadístico, y así evitar problemas de estimación. Dichas unidades codificadas se encuentran en el rango de 0 a 1, posteriormente para la ecuación se transforman a unidades reales, que en caso, el rango es de 0 a 100.

A partir de los coeficientes estimados en unidades codificadas se obtuvo la regresión en unidades reales, como se muestra en la ecuación 10.

$$Sabor = 0.0722 * ZP + 0.0672 * PM + 0.039 * ZZ \quad (10)$$

En el Cuadro 27 se presenta los valores observados y estimados para la variable respuesta del sabor del batido funcional.

El valor de la variación (%) determina la lejanía entre los valores estimados y observados de la variable respuesta, en unidades absolutas. Si la variación es menor al 10% la estimación de la variable respuesta es considerada como excelente, mayor a 10% y menor a 20% aceptable, mayor a 20% y menor a 30% marginalmente aceptable; y mayor a 30% inaceptable (Pulido y otros, 2012). En el caso de los valores de variación

entre los valores observados y estimados para el sabor de los tratamientos evaluados, fueron menores al 10%, con excepción del T₇.

Cuadro 27. Valores observados y estimados para apreciación del sabor del batido funcional

Tratamientos	ZP (%)	PM (%)	EZ (%)	Sabor			
				Observado	Estimado	Residual	Variación (%)
T ₁	100.00	0.00	0.00	7.33	7.218	0.112	1.527
T ₂	0.00	100.00	0.00	6.26	6.724	-0.464	7.417
T ₃	0.00	0.00	100.00	3.37	3.391	-0.021	0.622
T ₄	50.00	50.00	0.00	7.04	6.971	0.069	0.977
T ₅	50.00	0.00	50.00	5.11	5.305	-0.195	3.807
T ₆	0.00	50.00	50.00	5.41	5.058	0.352	6.514
T ₇	33.33	33.33	33.33	5.15	5.778	-0.628	12.190
T ₈	66.67	16.67	16.67	6.56	6.498	0.062	0.946
T ₉	16.67	66.67	16.67	6.93	6.251	0.679	9.798
T ₁₀	16.67	16.67	66.67	4.63	4.584	0.046	0.986

El modelo lineal fue usado para generar la superficie de respuesta Figura 15 a) y de contornos Figura 15 b) para valores de apreciación en sabor del batido funcional. En la superficie de contornos Figura 15 b) se observa que al aumentar la concentración de PM en la proporción de 0 a 100% la percepción de sabor aumentó de aproximadamente 5.30 a 6.58, mientras que al incrementar la proporción de ZP, aumentó de aproximadamente 4.67 a 6.58. Con respecto al EZ al incrementar la proporción en la mezcla, la apreciación en sabor disminuyó de aproximadamente 6.58 a 4.03.

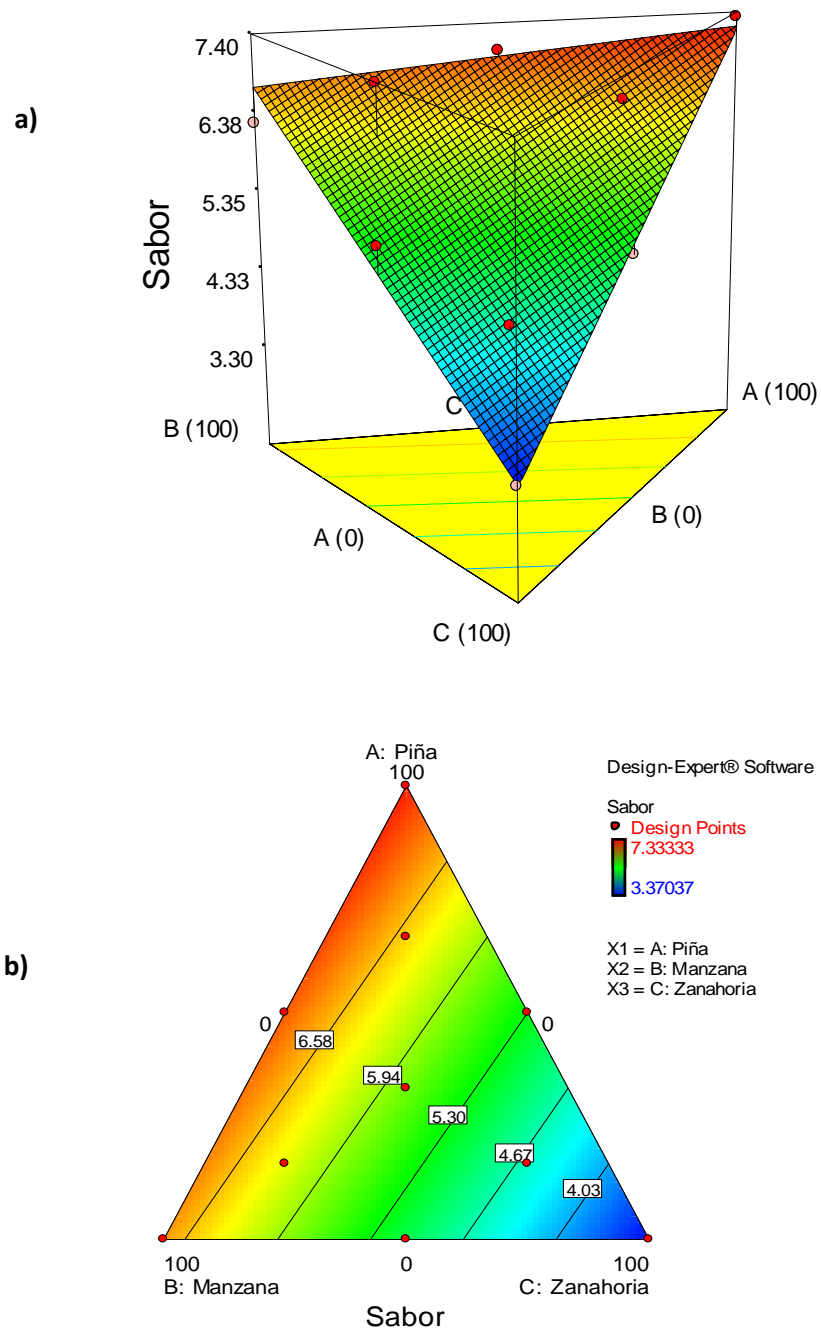


Figura 15. Superficie de respuesta (a) y de contornos (b) en sabor del batido funcional

4.8. Determinación de la zona de formulación factible y localización numérica de la mezcla óptima

La proporción estimada de zumo de piña:pulpa de manzana: extracto de zanahoria que optimice las variables respuesta, se realizó mediante el método de superposición de gráficas de contorno (Figura 16). La zona de formulación factible se determinó asignando valores esperados a la variable respuesta significativa de mayor importancia (sabor), considerando la maximización de esta variable. A partir de esta optimización se obtuvo la proporción óptima estimada de zumo de piña: pulpa de manzana: extracto de zanahoria de 83.62%: 12.62%: 3.70% respectivamente, determinándose los valores estimados de las variables respuesta: pH (3.54), sólidos solubles (13.14 °Brix), cromas (48.19%), olor (7.14) y sabor (7.01).

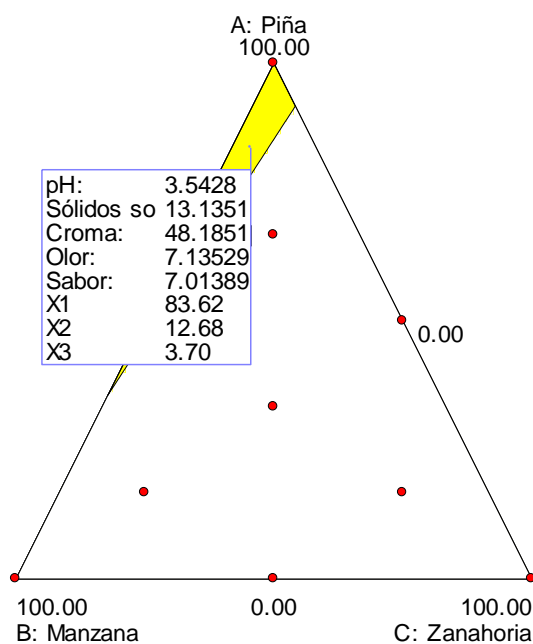


Figura 16. Superposición de gráfica de contorno para la optimización del batido funcional

En el Cuadro 28 muestra los resultados de la validación experimental de los valores óptimos encontrados, para lo cual se realizaron tres corridas experimentales con la proporción óptima estimada de zumo de piña: pulpa de manzana: extracto de zanahoria de 83.62%: 12.68%: 3.70%, donde las respuestas observadas fueron pH: 3.51, sólidos solubles: 13.37 °Brix, olor: 7.14 y sabor: 7.01, con desviaciones menores a 5% entre los valores estimados y experimentales. Los valores de croma no fueron validados por presentar una desviación mayor al 10%.

Cuadro 28. Resultados de validación experimental para la mezcla óptima del batido funcional

Variable	Valor estimado	Valor experimental	Desviación (%)
pH	3.54	3.51	0.75
Sólidos solubles (%)	13.14	13.37	1.73
Croma	48.19	53.14	10.28
Olor	7.14	7.11	0.41
Sabor	7.01	7.34	4.71

Des<10%:Validado, Des≥10%: No validado

V. CONCLUSIONES

El análisis estadístico indicó efecto significativo de la proporción zumo de piña: pulpa de manzana: extracto de zanahoria en el pH, sólidos solubles, tono, cromas, olor y sabor del batido funcional.

Un modelo lineal: $Y = \sum \beta_i X_i$, describió el comportamiento de las variables: sólidos solubles, olor y sabor, con valores de coeficientes de determinación R^2 de 0.955, 0.917 y 0.912, respectivamente. El pH y cromas se ajustaron a un modelo cuadrático: $Y = \sum \beta_i X_i + \sum \sum \beta_{ij} X_i X_j$, con coeficientes de determinación R^2 de 0.991 y 0.956, respectivamente. Para fenoles totales y tono, ningún modelo pudo describir el fenómeno en estudio.

La proporción de zumo de piña: pulpa de manzana: extracto de zanahoria que optimizaron las variables pH, sólidos solubles, cromas, olor y sabor a partir de la superposición de contornos, fue de 83.62% de pulpa de manzana: 12.62% de zumo de piña: 3.70% de extracto de zanahoria, al obtener respuestas estimadas de pH: 3.54, sólidos solubles: 13.14 °Brix, cromas: 48.49%, olor: 7.14 y sabor: 7.01.

Se validaron los resultados estimados para las variables pH: 3.51, sólidos solubles: 13.37 °Brix, olor: 7.11 y sabor: 7.34, al presentar desviaciones menores a 5% entre los valores estimados y los experimentales. Los valores de cromas no fueron validados por presentar una desviación mayor al 10%.

VI. RECOMENDACIONES

Determinar la vida útil sensorial, microbiológica y fisicoquímica del batido funcional, almacenado a temperatura de refrigeración.

Investigar el efecto del tratamiento térmico, como método de conservación, sobre las características fisicoquímicas, olor y sabor del batido funcional.

Identificar y cuantificar los compuestos funcionales presentes en el batido.

Cuantificar la actividad antioxidante del batido funcional.

Realizar un estudio económico sobre batidos funcionales.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Almeida, P. y Zambrano, M. 2007. Elaboración de jugo, pasta y polvo de zanahoria. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agroindustrial. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. Recuperado: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2725>

AMPEX. 2006. Perfil del mercado de la piña. Recuperado: <https://es.slideshare.net/oscar17400/perfil-pina>

Anzaldúa-Morales, A. 2005. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Segunda edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

AOAC. 1997. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists International. 16^a Edition. Volume II, Maryland, USA.

Araya, H. y Lutz, M. 2003. Alimentos funcionales y saludables. Revista chilena de nutrición, 30(1): 8-14.

Arcscott, S. A. y Tanumihardjo, S. A. 2010. Carrots of many colors provide basic nutrition and bioavailable phytochemicals acting as a functional food. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9(2):223-239.

Balasundram, N., Sundram, K. y Samman, S. 2006. Phenolic compounds in plants and agroindustrial products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chemistry, 99:191-203.

Belviso, S., Scursatone, B., Re, G. y Zeppa, G. 2013. Novel data on the polyphenol composition of italian ancient apple cultivars. International Journal of Food Properties, 16:507-1515.

Betoret, E., Betoret, N., Vidal, D. y Fito, P. 2011. Functional foods development: Trends and technologies. *Trends in Food Science & Technology*, 22:498-508.

Boyer, J. y Liu, R. H. 2004. Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition Journal*, 3(1):5.

Boscarol, M. 2007. Introducción a la colorimetría. Recuperado: http://www.gusgsm.com/introduccion_colorimetria_boscarol

Cano-Lamadrid, M.; Hernández, F.; Nowicka, P.; Carbonell-Barrachina, A. A. y Wojdyło, A. 2018. Formulation and storage effects on pomegranate smoothie phenolic composition, antioxidant capacity and color. *LWT- Food Science and Technology*, 96:322-328.

Castillejo, N., Martínez-Hernández, G. B., Gomez, P. A., Artes, F. y Artes-Hernandez, F. 2016. Red fresh vegetables smoothies with extended shelf life as an innovative source of health-promoting compounds. *Journal of Food Science and Technology*, 53(3):1475-1486.

Codex Alimentario. 2002. Anteproyecto de la norma del codex revisada para zumos (jugos) de hortalizas. FAO Roma, Italia.

Cornell, J. 2011. Experiments with mixtures: designs, models, and the analysis of mixture data. Third edition John Wiley & Sons.

Da Silva, D. I.; Nogueira, G. D.; DuEzoni, A. G. y Barrozo, M. A. 2013. Changes of antioxidant constituents in pineapple (*Ananas comosus*) residue during drying process. *Industrial Crops and Products*, 50:557-562.

Dias, M. G.; Camões, F. y Oliveira, L. 2009. Carotenoids in traditional Portuguese fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 113:808–815.

Espino-Díaz, M.; Sepúlveda, D.; González-Aguilar, G. y Olivas, G. 2016. Biochemistry of apple aroma: A Review. *Food Technology and Biotechnology*, 54(4):375-394.

Fu, L.; Xu, B. y Xu, X. 2011. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. *Food Chemistry*, 129:345–350.

Fundación Española de Nutrición. 2016. Recuperado: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/manzana.pdf>.

Hossain, M. A. y Rahman, S. M. 2011. Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of tropical fruit pineapple. *Food Research International*, 44(3):672-676.

Ignat, I.; Volf, I. y Popa, V. I. 2011. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 126:1821-1835.

Kalinowska, M.; Bielawska, A.; Lewandowska-Siwkiewicz, H.; Priebe, W. y Lewandowski, W. 2014. Apples: content of phenolic compounds vs. variety, part of apple and cultivation model, extraction of phenolic compounds, biological properties. *Plant Physiology and Biochemistry*, 84:169-188.

Keenan, D. F.; Rößle, C.; Gormley, R.; Butler, F. y Brunton, N. P. 2012. Effect of high hydrostatic pressure and thermal processing on the nutritional quality and enzyme activity of fruit smoothies. *LWT-Food Science and Technology*, 45(1):50-57.

Kjeldsen, F.; Christensen, L. y Edelenbos, M. 2001. Quantitative analysis of aroma compounds in carrot (*Daucus carota* L.) Cultivars by capillary gas chromatography using large-volume injection technique. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 49:4342-4348.

Koley, T. K.; Singh, S.; Khemariya, P.; Sarkar, A.; Kaur, C.; Chaurasia, S. y Naik, P. S. 2014. Evaluation of bioactive properties of Indian carrot (*Daucus carota* L.): A chemometric approach. *Food Research International*, 60:76-85.

Kuskoski, M.; Asuero, A.; Troncoso, A. M.; Mancini-Filho, J. y Fett, R. 2005. Aplicação de diversos métodos químicos para determinar atividade antioxidante em polpa de frutas. *Food Science and Technology*, 25(4):726-732.

Leon, K., Mery, D., Pedreschi, F. y Leon, J. 2006. Color measurement in L*, a*, b* units from RGB digital images. *Food Research International*, 39(10):1084-1091.

Mancera Apolinar, J. A. 2010. Diseño de una pulpa funcional de frutas y hortalizas con propiedades antioxidantes y probióticas. Tesis para obtener al grado de M.Sc. en Ingeniería Química. Área de Bioprocesos. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado: <http://bdigital.unal.edu.co/3138/>. [Último acceso: 18 noviembre 2017].

Medina, M. B. 2011. Determination of the total phenolics in juices and superfruits by a novel chemical method. *Journal of Functional Foods*, 3:79-87.

Mejía, R. 2015. Impregnación al vacío de fructooligosacáridos de yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poepp & Endl.) en manzana. Tesis para obtener el título de Ingeniero de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima. Recuperado: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2177>.

Miller, V.; Mente, A.; Dehghan, M.; Rangarajan, S.; Zhang, X.; Swaminathan, S. y Bangdiwala, S. I. 2017. Fruit, vegetable, and legume intake, and cardiovascular disease and deaths in 18 countries (PURE): a prospective cohort study. *The Lancet*, 390:2037-2049.

Montero-Calderón, M., Rojas-Graü, M. A. y Martín-Belloso, O. 2010. Mechanical and chemical properties of Gold cultivar pineapple flesh

(*Ananas comosus*). European Food Research and Technology, 230(4):675-686.

Montgomery, D. 2011. Diseño y análisis de experimentos. 2 Ed. Mexico: Limusa.

Nowicka, P.; Wojdyło, A. y Samoticha, J. 2016a. Evaluation of phytochemicals, antioxidant capacity, and antidiabetic activity of novel smoothies from selected Prunus fruits. Journal of Functional Foods, 25:397-407.

Nowicka, P.; Wojdyło, A.; Teleszko, M. y Samoticha, J. 2016b. Sensory attributes and changes of physicochemical properties during storage of smoothies prepared from selected fruit. LWT - Food Science and Technology, 71:102-109.

Oey, I.; Van der Plancken, I.; Van Loey, A. y Hendrickx, M. 2008. Does high pressure processing influence nutritional aspects of plant based food systems? Trends in Food Science & Technology, 19(6):300-308.

Ouedrhiri, W.; Balouiri, M.; Bouhdid, S.; Moja, S.; Chahdi, F. O.; Taleb, M. y Greche, H. 2016. Mixture design of *Origanum compactum*, *Origanum majorana* and *Thymus serpyllum* essential oils: optimization of their antibacterial effect. Industrial Crops and Products, 89:1-9.

Panzella, L.; Petriccione, M.; Rega, P.; Scortichini, M. y Napolitano, A. 2013. A reappraisal of traditional apple cultivars from Southern Italy as a rich source of phenols with superior antioxidant activity. Food Chemistry, 140:672-679.

Padrón, C.; Padrón, G.; Montes, A. y Oropeza, R. 2012. Determinación de color en epicarpio de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con sistema de visión computarizada durante la maduración. Agronomía Costarricense, 36(1):97-111.

Peng, Y. y Lu, R. 2007. Prediction of apple fruit firmness and soluble solids content using characteristics of multispectral scattering images. *Journal of Food Engineering*, 82:142-152.

Piñales centroamericanos GX. 2014. Norma Técnica piña Golden. [En línea]. Recuperado: <http://www.pinalesgx.com/index.php/productos/pina-md2>

Pulido, H. G.; De La Vara Salazar, R.; González, P. G.; Martínez, C. T. y Pérez, M. 2012. *Análisis y diseño de experimentos*. McGraw-Hill.

Ramsaroop, R. y Saulo, A. 2007. Comparative consumer physicochemical analysis of del Monte Hawaii Gold and Smooth Cayenne Pineapple cultivars. *Journal of Food Quality* 30:135-159.

Roberfroid, M. 2007. Concepts and strategy of functional food science: the European perspective. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71:1660-1664.

Safefood, 2009. Smoothies. Recuperado: http://www.safefood.eu/SafeFood/media/SafeFoodLibrary/Documents/Publications/Research%20Reports/9354-Smoothies-AW_web-FINAL-030309.pdf

SEACE, 2016. OSCE. Recuperado: <https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=19&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjorNLDiavSAhVF5SYKHfBCA1g4ChAWCFwwCA&url=https%3A%2F%2Fzonasegura.seace.gob.pe%2Fpaac%2Fdocumentos%2Fdocumentos%2FFichaSubInv%2F99753028radC543D.doc&usg=AFQjCNFN>

Seipel, M.; Pirovani, M. E.; Güemes, D. R.; Gariglio, N. F. y Piagentini, A. 2009. Características fisicoquímicas de los frutos de tres variedades de

manzanas cultivadas en la región centro-este de la provincia de Santa Fe. FAVE Sección Ciencias Agrarias, 8(1):27-36.

Shah, N. 2007. Functional cultures and health benefits. International Dairy Journal, 17:1262-1277.

Simmonds, M. y Howes, M.J., 2016. Profile of Compounds in Different Cultivars of Apple (*Malus x domestica*). En: Nutricional composition of fruit cultivars. San Diego, CA.

Sun, Q.; Zhang, B.; Yan, Q. J. y Jiang, Z. Q. 2016. Comparative analysis on the distribution of protease activities among fruits and vegetable resources. Food Chemistry, 213:708-713.

Ureña, P., D'Arrigo, H. y Girón, M. 2000. Evaluación sensorial de los alimentos. Editorial Agraria. Lima.

Ventrera, N. B.; Vignoni, L.; Alessandro, M. S.; Césari, M.; Césari, R.; Guinle, V., y Tapia, O. 2013. Caracterización por contenido de β -carotenos de ocho cultivares de zanahoria (*Daucus carota* L.) y su relación con el color. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, 45(2):211-218.

Walkling-Ribeiro, M.; Noci, F.; Cronin, D. A.; Lyng, J. G. y Morgan, D. 2010. Shelf life and sensory attributes of a fruit smoothie-type beverage processed with moderate heat and pulsed electric fields. LWT-Food Science and Technology, 43(7):1067-1073.

Wardy, W.; Saalia, F. K.,; Steiner-Asiedu, M.; Budu, A. S. y Sefa-Dedeh, S. 2009. A comparison of some physical, chemical and sensory attributes of three pineapple (*Ananas comosus*) varieties grown in Ghana. African Journal of Food Science, 3(4):94-99.

Zapata, S., Piedrahita, A. y Rojano, B. 2014. Capacidad atrapadora de radicales oxígeno (ORAC) y fenoles totales de frutas y hortalizas de Colombia. Perspectivas en nutrición humana, 16(1):25-36.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Resultados de pH en el batido funcional

Tratamientos	pH			Promedio
	Repeticiones			
	R1	R2	R3	
T ₁	3.48	3.52	3.46	3.49
T ₂	3.37	3.39	3.33	3.36
T ₃	5.94	6.10	6.00	6.01
T ₄	3.78	3.54	3.38	3.57
T ₅	4.06	4.23	4.07	4.12
T ₆	3.97	4.12	3.91	4.00
T ₇	3.82	3.76	3.81	3.80
T ₈	3.53	3.60	3.60	3.58
T ₉	3.67	3.78	3.58	3.68
T ₁₀	4.30	4.55	4.34	4.40

Anexo 2. Resultados de sólidos solubles en el batido funcional

Tratamientos	Sólidos solubles (°Brix)			Promedio
	Repeticiones			
	R1	R2	R3	
T ₁	13.00	13.40	13.80	13.40
T ₂	12.00	12.80	12.80	12.53
T ₃	5.80	5.90	6.80	6.17
T ₄	12.50	13.00	13.80	13.10
T ₅	9.40	12.50	10.00	10.63
T ₆	10.80	11.10	10.30	10.73
T ₇	10.60	11.00	11.20	10.93
T ₈	11.80	12.50	11.80	12.03
T ₉	12.00	12.40	12.00	12.13
T ₁₀	9.00	10.00	9.20	9.40

Anexo 3. Resultados de tono en el batido funcional

Tratamientos	Tono			
	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
T ₁	90.83	87.64	85.80	88.09
T ₂	90.98	89.13	90.16	90.09
T ₃	52.39	51.49	50.86	51.58
T ₄	90.69	90.32	90.40	90.47
T ₅	53.99	56.47	52.29	54.25
T ₆	53.15	55.20	52.27	53.54
T ₇	54.89	56.14	52.99	54.67
T ₈	58.72	59.12	56.38	58.07
T ₉	55.79	55.67	55.08	55.51
T ₁₀	51.99	53.88	51.35	52.41

Anexo 4. Resultados de croma en el batido funcional

Tratamientos	Croma			
	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
T ₁	49.37	52.09	48.76	50.07
T ₂	27.97	30.88	28.15	29.00
T ₃	54.95	53.97	50.30	53.07
T ₄	35.36	35.10	35.77	35.41
T ₅	53.50	66.19	53.74	57.81
T ₆	56.65	62.97	53.62	57.75
T ₇	55.82	61.29	52.96	56.69
T ₈	54.54	55.15	50.41	53.37
T ₉	47.15	55.54	45.74	49.48
T ₁₀	57.88	62.33	53.59	57.93

Anexo 5. Resultados del contenido de fenoles totales en el batido funcional

Tratamientos	Fenoles Totales (mg AGE/100 g de batido)			
	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
T ₁	2.36	2.24	2.12	2.24
T ₂	8.19	8.31	8.24	8.25
T ₃	0.76	0.69	0.70	0.72
T ₄	8.78	8.98	9.15	8.97
T ₅	2.16	2.30	2.25	2.24
T ₆	6.43	6.68	6.83	6.65
T ₇	2.09	1.89	1.95	1.98
T ₈	6.18	6.01	5.96	6.05
T ₉	4.94	5.36	4.91	5.07
T ₁₀	1.31	1.12	1.09	1.17

Anexo 6. Resultados apreciación en olor del batido funcional

	Apreciación del Olor			
	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
T ₁ (345)	7.92	7.22	7.62	7.59
T ₂ (189)	5.97	6.37	6.88	6.41
T ₃ (477)	4.38	4.41	4.43	4.41
T ₄ (908)	7.16	6.97	6.88	7.00
T ₅ (251)	5.13	5.34	5.09	5.19
T ₆ (632)	5.53	5.60	5.88	5.67
T ₇ (176)	5.86	6.05	5.75	5.89
T ₈ (432)	6.56	6.88	7.10	6.85
T ₉ (542)	6.17	6.19	5.86	6.07
T ₁₀ (323)	5.14	5.62	5.23	5.33

Anexo 7. Resultados apreciación en sabor del batido funcional

	Apreciación del Sabor			Promedio
	R1	R2	R3	
T ₁ (345)	6.85	7.86	7.29	7.33
T ₂ (189)	6.85	6.30	5.64	6.26
T ₃ (477)	3.84	3.60	2.68	3.37
T ₄ (908)	6.62	7.22	7.28	7.04
T ₅ (251)	5.74	4.81	4.77	5.11
T ₆ (632)	5.19	5.83	5.20	5.41
T ₇ (176)	5.07	4.92	5.46	5.15
T ₈ (432)	6.28	6.14	7.26	6.56
T ₉ (542)	6.58	7.12	7.09	6.93
T ₁₀ (323)	4.60	4.44	4.85	4.63

Anexo 8. Curva de Calibración de ácido gálico

