

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



Efecto de la concentración de chía (*Salvia hispanica* L.), de zumo de maracuyá (*Passiflora edulis*) y de granadilla (*Passiflora ligularis*) en las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de una bebida de frutas

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ANA GRACE LIBERATO ASMAT

TRUJILLO, PERÚ

2020

La presente tesis ha sido aprobada por el siguiente Jurado:



Ing. Dr. Fernando Rodríguez Avalos

PRESIDENTE



Ing. Ms. Luis Márquez Villacorta

SECRETARIO



Ing. Ms. Carla Pretell Vásquez

VOCAL



Ing. Ms. Ana Cecilia Ferradas Horna

ASESOR

DEDICATORIA

A mi Padre Celestial, por permitirme llegar a este momento tan especial de mi vida, por guiarme y bendecirme.

A mi padre que, aunque no está a mi lado sé que guía mi camino; a mi madre por velar siempre por mi bienestar, por su amor y castigos; gracias a ti soy lo que ahora vez, te amo mamá.

A mi esposo y mis hijos a los que amo con todo mi corazón y a quienes les dedico todo mi esfuerzo y sacrificio invertido para culminar esta etapa de mi vida.

A mis maestros, que a lo largo de mi carrera influyeron con sus lecciones y experiencias para formarme como profesional, a cada uno de ellos les dedico con mucho cariño ésta tesis.

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecirme cada día, por protegerme y cuidarme a lo largo de mi vida y mi carrera, por haberme dado la fortaleza para seguir adelante en los momentos difíciles.

A mi madre, por motivarme a seguir luchando y retomar mis estudios, gracias por ayudarme a cuidar de mis hijos para darme el tiempo de terminar mi tesis y seguir trabajando, nadie mejor que tú para velar por ellos; a mi papá que desde el cielo siempre me cuida y me enseñó a ser trabajadora desde muy pequeña igual que él.

A mis hijos Sebastián y Joaquín, mis grandes amores, que han sido mi mayor motivación para nunca rendirme y ser un ejemplo en sus vidas.

A David Zevallos, por la paciencia, por el amor que me demuestra cada día, por ser mi apoyo, mi aliento, mi amigo y compañero de vida.

A mi asesora, la Ingeniera Ana Cecilia Ferradas Horna, por su apoyo incondicional y paciencia, por la confianza brindada y por sus aportaciones las cuales fueron de vital importancia para culminar la presente tesis.

A los miembros del jurado calificador, Dr. Fernando Rodríguez Avalos, Ms. Luis Márquez Villacorta y Ms. Carla Pretell Vásquez por sus observaciones y sugerencias objetivas.

Al Ing. Jesús Obregón Domínguez, por su apoyo en la parte estadística para la elaboración de ésta investigación, muchas gracias amigo.

Llevo un grato recuerdo de todos mis maestros, aprendí mucho de cada uno, gracias por formar parte de mi formación y mi vida, los llevaré siempre en mi corazón.

ÍNDICE GENERAL

CARATULA	i
APROBACIÓN POR PARTE DEL JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA	3
2.1. Chía	3
2.1.1. Reseña histórica	3
2.1.2. Taxonomía	4
2.1.3. Composición nutricional	5
2.1.4. Usos y aplicaciones	10
2.2. Granadilla	11
2.2.1. Generalidades	11
2.2.2. Taxonomía	12
2.2.3. Composición nutricional	13
2.3. Maracuyá	14
2.3.1. Generalidades	14
2.3.2. Taxonomía	15
2.3.3. Valor nutricional	16
2.3.4. Usos	17
2.4. Jugos de frutas	18
2.5. Bebidas funcionales	18
2.5. Metodología de superficie de respuesta	19
2.6.1. Experimentos con mezclas (diseño de mezclas)	22
2.6.2. Diseño símples con centroide	24

2.6.3. Optimización	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1. Lugar de ejecución	28
3.2. Materiales y equipos	28
3.2.1. Materia prima.....	28
3.2.2. Insumos	28
3.2.3. Instrumentos	28
3.2.4. Equipos.....	29
3.2.5. Otros.....	29
3.2.6. Reactivos.....	29
3.3. Esquema experimental	29
3.4. Diseño experimental	30
3.5. Procedimiento experimental	31
3.6. Método de análisis	34
3.6.1. pH	34
3.6.2. Acidez titulable	34
3.6.3. Sólidos solubles	34
3.6.4. Sedimentación	35
3.6.5. Aceptabilidad general	35
3.7. Método estadístico	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. Efecto de la concentración de chíá, zumo de maracuyá y de granadilla sobre el pH de una bebida de frutas	37
4.2. Efecto de la concentración de chíá, zumo de maracuyá y de granadilla sobre la acidez titulable de una bebida de frutas	41
4.3. Efecto de la concentración de chíá, zumo de maracuyá y de granadilla sobre los sólidos solubles de una bebida de frutas	43
4.4. Efecto de la concentración de chíá, zumo de maracuyá y de granadilla sobre la sedimentación de una bebida de frutas	45
4.5. Efecto de la concentración de chíá, zumo de maracuyá y de granadilla sobre la aceptabilidad general de una bebida de frutas	47

4.6. Optimización de la concentración de chía, zumo de maracuyá y de granadilla en una bebida de frutas	53
4.7. Validación	54
V. CONCLUSIONES	55
VI. RECOMENDACIONES	56
VII. BIBLIOGRAFIA	57
VIII. ANEXOS	64

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición proximal de la semilla de chía	5
Cuadro 2. Contenido de minerales y vitaminas en la chía	7
Cuadro 3. Composición nutricional de la granadilla	14
Cuadro 4. Composición nutricional del maracuyá	17
Cuadro 5. Combinaciones del diseño de mezclas simplex centroide ampliado	31
Cuadro 6. Formulación base de la bebida de frutas con las proporciones de chía, granadilla y maracuyá	33
Cuadro 7. Valores de pH en bebida de frutas	37
Cuadro 8. Análisis de varianza de modelos para pH en bebida de frutas	38
Cuadro 9. Coeficientes de la regresión del modelo lineal aplicado al pH de una bebida de frutas	38
Cuadro 10. Valores observados y predichos de pH en bebida de frutas	39
Cuadro 11. Valores de acidez titulable en bebida de frutas	41
Cuadro 12. Análisis de varianza de modelos para acidez titulable en bebida de frutas	43
Cuadro 13. Valores de sólidos solubles en bebida de frutas	44
Cuadro 14. Análisis de varianza de modelos para sólidos solubles en bebida de frutas	45
Cuadro 15. Valores de sedimentación en bebida de frutas	46
Cuadro 16. Análisis de varianza de modelos para sedimentación en bebida de frutas	47
Cuadro 17. Aceptabilidad general en bebida de frutas	48
Cuadro 18. Análisis de varianza de modelos para aceptabilidad general en bebida de frutas	49
Cuadro 19. Coeficientes de la regresión del modelo cúbico especial aplicado a la aceptabilidad general de una bebida de frutas	49
Cuadro 20. Valores observados y predichos de aceptabilidad general en bebida de frutas	51
Cuadro 21. Validación para pH y la aceptabilidad general en bebida de frutas	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Espacio de los factores restringidos para mezclas con a) $p=2$ componentes y b) $p=3$ componentes	23
Figura 2.	Sistema coordinado trilineal.	23
Figura 3.	Algunos diseños símplex reticulares para $p=3$ y $p=4$ componentes	24
Figura 4.	Diseños símplex con centroide, con a) $p=3$ componentes y b) $p=4$ componentes	25
Figura 5.	Esquema experimental para la evaluación de la bebida de frutas.....	30
Figura 6.	Diagrama de flujo para la obtención de bebida de frutas	32
Figura 7.	Superficie de contornos para pH en bebidas de frutas	40
Figura 8.	Superficie de contornos para aceptabilidad general en bebida de frutas	52
Figura 9.	Superposición de superficies de contornos para la optimización del pH y la aceptabilidad general en bebida de frutas.....	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados de pH, acidez titulable, sólidos solubles y sedimentación de una bebida de frutas	64
Anexo 2. Resultados de aceptabilidad general de una bebida de frutas	66
Anexo 3. Tarjeta de evaluación para la prueba de aceptabilidad general de bebidas de frutas para el primer bloque de evaluadores	67
Anexo 4. Tarjeta de evaluación para la prueba de aceptabilidad general de bebidas de frutas para el segundo bloque de evaluadores	68
Anexo 5. Tarjeta de evaluación para la prueba de aceptabilidad general de bebidas de frutas para el tercer bloque de evaluadores	69

RESUMEN

Se evaluó efecto de la concentración de chía (1.00 – 4.00%), de zumo de maracuyá (1.00 – 4.00%) y de granadilla (16.50 – 19.50%) sobre el pH, la acidez titulable, los sólidos solubles, la sedimentación y aceptabilidad general en una bebida de frutas. 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 óptima predicha de los factores que permita optimizar las respuestas. Existió efecto significativo ($p < 0.05$) de la concentración de chía, de zumo de maracuyá y de granadilla sobre el pH y la aceptabilidad general, caso contrario ocurrió para la acidez titulable, los sólidos solubles y la sedimentación. La concentración de chía al 2.02%, de zumo de maracuyá al 1.84% y de granadilla de 17.64%, permitió obtener mejor valor de pH (3.57) y la mayor aceptabilidad general de 7.53 (valor aproximado a 8 = calificación de “Me agrada mucho”) en bebida de frutas.

ABSTRACT

The effect of chia (1.00 - 4.00%), passion fruit juice (1.00 - 4.00%) and granadilla (16.50 - 19.50%) on pH, titratable acidity, soluble solids, sedimentation and general acceptability in a beverage of fruits was evaluated. An extended simplex centroid mix design was applied in order to obtain the appropriate mathematical model to represent the behavior of the variables under study and to establish the optimum predicted combination of the factors that allow to optimize the responses. There was a significant ($p < 0.05$) effect of chia, passion fruit juice and granadilla on pH and general acceptability, otherwise the titratable acidity, soluble solids and sedimentation variables occurred. The chia concentration at 2.02%, passion fruit juice at 1.84% and granadilla at 17.64% allowed the best pH value (3.57) and the greater general acceptability of 7.53 (approximate value at 8 = "I like it a lot ") on fruit drink.

I. INTRODUCCIÓN

Lyn, Daniel y Whistler. (1994), citado por Guiotto (2014) menciona que las semillas de chía se usan en las dietas con la finalidad de mejorar la salud humana, es reconocida por su alto contenido de proteínas (19-23%), antioxidantes, fibra dietética, vitaminas y minerales (calcio, potasio, magnesio, fósforo, selenio, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, sodio y zinc), sobre todo por su alto contenido de aceite omega 3, en comparación, con otras fuentes naturales conocidas hasta la fecha.

A inicios del 2005, la producción de chía era mínima; sin embargo, al aumentar el interés de los peruanos por consumir esta semilla ha generado el aumento en su producción; por lo mismo, Arequipa y Cusco concentran el 98.5% de la producción nacional, convirtiéndose en las principales regiones productoras; al cierre del 2018 se exportaron 3 906,163 t (Proexpansión, 2014; Dávalos, 2016; Agrodata 2018).

En el Perú, la granadilla se desarrolla a altitudes desde los 200 hasta los 3000 m.s.n.m., actualmente los centros de producción son la costa norte, sierra sur, selva central. Las áreas cultivadas a nivel nacional se estiman en 12000 ha, de ellas el 5% cuenta con orientación técnica. Las regiones productivas son Cajamarca, La Libertad, Lambayeque, Ayacucho, Huánuco, Lima, que aportan al mercado interno 1800 t, Oxapampa 3000 t; en total la producción nacional se estima en 6000 t/año (Rojas y Ricaldi, 2014; Beyer, 2018). Esta fruta posee alto contenido de vitamina C, fósforo y niacina (Herrera, 2011; Dávalos, 2016).

El maracuyá pertenece a la familia de las *pasifloráceas*, plantas trepadoras originarias de Centroamérica y crece principalmente en Brasil, Perú, Venezuela, Colombia y el resto de los países del trópico americano (Agencia Peruana de Noticias, 2014). La exportación de maracuyá alcanzó los S/. 16 974 197 hasta mayo del 2018, los precios promedio llegaron a los S/. 2.45 kg, siendo Holanda el país a donde más se exporta estos productos con 64% del total (Agrodataperu, 2018).

El crecimiento del consumo de néctares es impulsado principalmente por la demanda interna y por factores como la tendencia hacia el consumo de productos elaborados a base de ingredientes naturales, permiten preservar y mejorar la salud. La practicidad que ofrece el producto, ante consumidores jóvenes con menor disponibilidad de tiempo para elaborar sus propios jugos, y la prolongación del clima cálido, además se prevé que las exportaciones de jugos de frutas sumen S/. 981 millones. Este escenario estaría sustentado en la mayor demanda internacional de jugos para la elaboración de bebidas y en la mayor disponibilidad de uno de sus principales productos (Diario Gestión, 2015; PerúRetail, 2017).

Debido al notable crecimiento en el consumo de jugos y bebidas elaborados sobre la base de frutas, existe un gran potencial en el mercado de los productos alimenticios; la ventaja de contar en nuestro país con una gran variedad de frutas, esto sumado a que la tecnología que se requiere para la elaboración de este producto no representa una gran inversión, ni el uso de equipos sofisticados (Olarte, 2002; Ninaquispe y Revilla, 2010).

El problema planteado para la investigación fue:

¿Cuál será el efecto de la concentración de chíá (1 – 4%), de zumo de maracuyá (1– 4%) y de granadilla (16.5 – 19.5%) sobre el pH, acidez titulable, sólidos solubles, sedimentación y aceptabilidad general en una bebida de frutas?

Los objetivos planteados fueron:

Evaluar el efecto de la concentración de chíá, de zumo de maracuyá y de granadilla sobre el pH, la acidez titulable, los sólidos solubles, la sedimentación y aceptabilidad general en una bebida de frutas.

Determinar la concentración de chíá, de zumo de maracuyá y de granadilla la que permita obtener los mejores valores de pH, acidez titulable, sólidos solubles, menor sedimentación y la mayor aceptabilidad general en una bebida de frutas.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

2.1. Chía

2.1.1. Reseña histórica

El uso de la semilla de chía y sus subproductos se remonta a la época de los Mayas y los Aztecas, quienes la empleaban como alimento, medicina, ofrenda a los dioses y materia prima para producir un aceite que era empleado como base en pinturas decorativas y ungüentos cosméticos. La harina tostada, era utilizada en la elaboración de una popular bebida nutritiva denominada “chía fresca” (agua, limón, chía). Años después del descubrimiento de América, los cereales aportados por los españoles desplazaron su cultivo, el cual casi llegó a desaparecer. Su cultivo sobrevivió en las áreas montañosas de México y Guatemala y, a finales del siglo pasado, el interés por la chía resurgió por considerarla buena fuente de omega-3, fibra alimentaria, proteína y antioxidantes (Ayerza y Coates, 2006).

Muchos cultivos con preponderancia en las dietas precolombinas fueron prohibidos por los españoles, por su estrecha asociación con los cultos religiosos, siendo reemplazados por especies exóticas (trigo, cebada, arroz, entre otras) demandadas por los conquistadores. Sin embargo, esta especie logró sobrevivir debido a la conservación de algunas tradiciones precolombinas por parte de pequeños grupos de descendientes.

La información sobre la chía, fuente natural de ácidos grasos omega-3, antioxidantes y fibra dietética, acrecentó las expectativas en torno a su cultivo. En virtud de ello, su uso como alimento comenzó a expandirse fuera de México. La composición química y el valor nutricional asociado, le confieren un gran potencial para incorporarla en la industria alimentaria. A su vez, la información tecnológica disponible brinda una excelente oportunidad para el desarrollo de una industria agrícola capaz de ofrecer al mundo un “cultivo nuevo y antiguo a la vez”. Actualmente, la European

Food Safety Authority, emitió dictamen sobre la inocuidad de las semillas enteras y trituradas como ingredientes alimentarios. Además, dicho organismo autorizó su comercialización para ser utilizadas en productos de panadería con un contenido máximo del 5%. Posteriormente, a partir de 2013, la semilla de chía se introduce como ingrediente alimentario en diversos productos como cereales de desayuno, mezclas de frutas, frutos secos y semillas (Guiotto, 2014).

2.1.2. Taxonomía

Según Ayerza y Wayne (2006), la chía pertenece a la familia de plantas aromáticas como la menta, el tomillo, el romero y el orégano. La jerarquía taxonómica de la chía es la siguiente:

Jerarquía	Descripción
Subreino	<i>Tracheobionta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	Magnoliopsida
Subclase	<i>Asteridae</i>
Orden	Lamiales
Familia	<i>Lamiaceae</i>
Género	<i>Salvia</i> L.
Especie	<i>Salvia hispanica</i> L.

A inicio del 2010, la semilla de chía (*Salvia hispánica* L.) ha sido redescubierta como una importante fuente de ácidos grasos omega-3, proteínas, fibra dietética y antioxidantes, a partir de la cual puede obtenerse aceite con una elevada proporción de ácidos grasos esenciales. Su incorporación en la dieta permite disminuir la incidencia de enfermedades coronarias, refuerza el sistema nervioso; la fibra dietaria es una valiosa alternativa para regular el tránsito intestinal, lo cual ayuda a

prevenir la obesidad, el cáncer de colon, así como los elevados niveles de colesterol y de glucosa en sangre (Guiotto, 2014).

2.1.3. Composición nutricional

La composición química y el valor nutricional confieren un gran potencial a la chía para usarla en los mercados alimentarios e industriales. Así, la información tecnológica ha dado una excelente oportunidad para crear una industria agrícola, capaz de ofrecer al mundo este cultivo (Guiotto, 2014). El Cuadro 1, se presenta la composición proximal de la semilla de chía.

Cuadro 1. Composición proximal de la semilla de chía

Componente	Contenido (en 100 g comestible)
Proteína (g)	19 – 23
Grasa (g)	30 – 35
Carbohidratos (g)	9 – 41
Fibra (g)	18 – 30
Cenizas (g)	4 - 6

Fuente: Guiotto (2014)

La semilla posee un 5% de fibra soluble que aparece como mucílago al colocarla en agua y es útil como fibra dietética. Por lo tanto, la chía no sólo es importante por su valor nutritivo, sino también por su “naturaleza espesante”, importante dentro de la industria de la cosmetología y otras aplicaciones. Aquí radica la importancia de estudiar las cualidades de la fibra presente en las semillas de chía, ya que, en conjunto con las bondades ofrecidas por la cantidad de ácidos grasos omega, la fibra presente es otro factor importante del porque el cultivo y uso de esta semilla (Guiotto, 2014).

2.1.3.1. Proteínas y aminoácidos

La semilla de chía posee 19 - 23% de proteína, concentración que compara favorablemente con otros granos nutricionales como el trigo (14%), maíz

(14%), arroz (8.5%) avena (15.3%), cebada (9.2%) y amaranto (14.8%). Sin embargo, a diferencia de otros granos, la proteína de chía no tiene aminoácidos limitantes en la dieta de las personas adultas (Ayerza y Coates, 2004).

La proteína de chía presenta un adecuado perfil de aminoácidos esenciales; entre ellos, lisina, metionina y cistina, cuyo contenido es mayor que los presentes en las proteínas de otras semillas oleaginosas (Pieretti, 2010). La chía se puede incorporar a la dieta diaria con otros granos para conseguir un balance equilibrado de proteínas (Ayerza y Coates, 2005).

Respecto al contenido de aminoácidos: la lisina, la cisteína y la metionina se pueden comparar favorablemente con otras semillas oleaginosas, lo cual significa que ésta puede ser incorporada en la dieta humana y ser mezclada con otros granos, a fin de producir una fuente equilibrada en proteínas (Ayerza y Coates, 2006).

2.1.3.2. Vitaminas y minerales

La semilla de chía es una buena fuente de minerales y vitaminas del complejo B, como la niacina, tiamina y ácido fólico, así como vitamina A. La comparación del contenido de vitaminas de la chía con respecto al de otros cultivos tradicionales muestra que el nivel de niacina es mayor que del maíz, soja, arroz y cártamo. Las concentraciones de tiamina y de riboflavina son similares a las del arroz y maíz, aunque menores que las de soja y cártamo (Ayerza y Coates, 2005).

La semilla de chía es una fuente excelente de calcio, fósforo, magnesio, potasio, hierro, zinc y cobre (Cuadro 2).

Dentro de los microelementos, se destaca los niveles de hierro encontrados en las semillas de chía y en la harina remanente después de extraer el aceite son altos y representan una cantidad inusual para la semilla que, comparada con otros productos tradicionales conocidos como fuentes ricas

de hierro, presenta cada 100 g de porción comestible 6, 1.8 y 2.4 veces más cantidad de hierro que la espinaca, las lentejas y el hígado vacuno, respectivamente (Jaramillo, 2013; Catay, 2015).

Cuadro 2. Contenido de minerales y vitaminas en la chía

Componente	Cantidad (en 100 g comestible)
Minerales	
Calcio (mg)	870
Magnesio (mg)	466
Fósforo (mg)	922
Potasio (mg)	890
Sodio (mg)	2.00
Zinc (mg)	7.40
Cobre (mg)	2.45
Manganeso (mg)	5.85
Vitaminas	
Tiamina (mg)	0.144
Riboflavina (mg)	0.213
Niacina (mg)	8.25
Vitamina A (UI)	4300

Fuente: Alvarado (2011)

2.1.3.3. Fibra

La chía es importante por el contenido de fibra (27%), sobre todo en forma de fibra soluble (mucílagos). Este tipo de fibra retarda el índice de glucosa en sangre y reduce la absorción de colesterol (Di Sapio y otros, 2014).

Los mucílagos son constituyentes normales de los vegetales, producto de su metabolismo y se acumulan en células especiales dentro de los tejidos. Se localizan como material de reserva hidrocarbonado, reserva de agua en plantas o bien como elementos estructurales en vegetales inferiores (algas), proporcionándoles elasticidad y suavidad. El mucílago de las semillas de chía es un polisacárido de alto peso molecular, se encuentra

en las tres capas exteriores de la cubierta de la semilla. Cuando la semilla entra en contacto con el agua, el mucílago emerge inmediatamente y en un corto periodo se forma un "cápsula mucilaginoso" transparente que rodea la semilla (Guiotto, 2014; Huarachi y Loza, 2016).

Los mucílagos no exudan de forma espontánea desde los vegetales; se debe recurrir en muchas ocasiones a la trituración o a la utilización de disolventes para su extracción (Reynoso-Cortés, 2002).

La información existente a sus propiedades funcionales indica que se trata de un polímero con acción espesante. También se destaca por sus propiedades gelificantes, control de la sinéresis, estabilización de emulsiones, etc. La mucha solubilidad y capacidad de retención de agua del mucílago de chía le confieren potencialidad como ingrediente funcional para ser utilizado en diferentes aplicaciones en la industria alimentaria (Guiotto, 2014; Huarachi y Loza, 2016).

2.1.3.4. Antioxidantes

Se ha demostrado que las semillas de chía poseen una alta actividad antioxidante. Estos antioxidantes hacen que la chía sea una fuente de ácidos grasos omega-3 estable. El ácido clorogénico y el ácido caféico son los antioxidantes más importantes en la semilla chía, aunque también se ha encontrado que contiene miricetina, quercetin y kaempferol flavonoles. Estos compuestos contribuyen a la alta actividad antioxidante de la chía (Jaramillo, 2013).

Algunas investigaciones han demostrado que la quercetina es un buen antioxidante que impide la oxidación de los lípidos, proteínas y DNA.

El ácido caféico y el ácido clorogénico, contenidos en la semilla de chía, tienen una alta actividad contra los radicales libres y los procesos oxidativos en general, inhibiendo la peroxidación de los lípidos. Estas propiedades antioxidantes son significativamente más fuertes que las del ácido ferúlico y las de los antioxidantes comunes como la vitamina C (ácido ascórbico) y la vitamina E (α -tocoferol). La chía cuya oxidación es mínima o no existe, ofrece un significativo potencial dentro de la industria alimentaria, dado que

las otras fuentes de EPA (ácido eicosapentanoico) y DHA (ácido eicosahexanoico) como los productos marinos y de ácido α -linolénico como el lino, exhiben una descomposición rápida debido a la ausencia de antioxidantes adecuados (Jaramillo, 2013).

2.1.3.5. Ácidos grasos esenciales

Existe un grupo de ácidos grasos poliinsaturados que se denominan ácidos grasos esenciales (AGE), los cuales son muy importantes para la nutrición humana pero no pueden sintetizarse en el organismo humano y son incorporados a partir de la dieta. Los AGE para el hombre son: los ácidos grasos omega-3 (ácido- linolénico y sus derivados de cadena larga) y los ácidos grasos omega-6, cuyo precursor es el ácido linoleico. Las cantidades necesarias de ácidos grasos omega-3 dependen del ciclo de vida de cada persona y de su estado fisiológico o patológico que pueden llevar a un aumento en las necesidades de ácidos grasos. Se estima en promedio que es necesaria una ingesta del 1% de la energía total de ácidos grasos omega-3 y un 4% de la energía total para los omega-6. El problema radica en que el contenido de ácidos grasos omega-3 en nuestra alimentación es muy baja, por lo que el consumo diario no alcanza a superar el 0.5 % de la energía total (Di Sapiro y otros, 2014; Dávalos, 2016).

De todas las fuentes de ácido grasos omega-3, sólo el lino (*Linum usitatissimum* L.) y la chía tienen su origen en cultivos agrícolas. Ambas son especies vegetales con la mayor concentración de ácido graso-linolénico conocida hasta la fecha (Dávalos, 2016). Estas semillas, fuentes de omega-3, a menudo se utilizan molidas como ingrediente alimenticio, o en forma natural como suplemento dietético. Las otras dos fuentes disponibles son de origen marino: las algas y el aceite de pescado (Di Sapiro y otros, 2014).

Si bien la moderna investigación de la chía se basa en su gran aporte de ácidos grasos esenciales, se considera como excelente integrador alimentario, debido a su riqueza en componentes nutricionales. Las semillas de chía representan la fuente vegetal con mucha concentración de omega-3. Poseen un 33% de aceite, del cual el ácido linolénico representa

el 62% y el linoleico el 20%. La chía es el cultivo con mayor porcentaje de ácidos grasos esenciales al tener el 82% de sus lípidos con dicha característica (Di Sapio y otros, 2014).

2.1.4. Usos y aplicaciones

2.1.4.1. Aceite

La chía puede utilizarse a través del aceite de sus semillas, cultivadas en forma orgánica, prensadas en frío y sin proceso de refinado. Por su alto contenido de omega-3, bastaría con ingerir apenas una cucharadita de aceite crudo, para cubrir las necesidades diarias de ácido linolénico. Dada la poca proporción de omega-6 en su composición, la mezcla con aceite de girasol permite obtener un equilibrado suplemento de ácidos grasos esenciales, con la relación ideal entre los omegas 6 y 3 de 4 a 1. Esta mezcla de aceites se consume en frío y sin proceso alguno de cocción, a fin de preservar sus principios nutricionales. El aceite obtenido de la semilla de chía no tiene ni produce olor a pescado por lo que el consumo de los productos obtenidos o realizados con la semilla de chía no necesitan un empaque y condiciones de almacenamiento especiales para prevenir incluso, los menores cambios ocasionados por el medio ambiente haciendo que los antioxidantes naturales sustituyan el uso de estabilizadores artificiales; haciendo de éste, un cultivo sustentable y convierte a la semilla o cualquiera de sus derivados en materia prima ideal para enriquecer muchos productos, gracias a su composición química y su valor nutricional, confiriéndole un gran potencial para usarla dentro de la industria alimentaria (Di Sapio y otros, 2014).

2.1.4.2. Harina

La chía en forma de harina es técnicamente llamada semilla parcialmente desgrasada. La riqueza nutricional de la chía, la convierte en ingrediente ideal para adicionar a productos de panificación y muchas preparaciones culinarias y bebidas. Se utiliza como ingrediente para hacer pan, barras energéticas, suplementos dietéticos, en dietas de aves para producción de huevos, carne y en dietas de vacas lecheras, entre otros. En el caso de

consumir la semilla entera, conviene ingerirla molida (harina) o muy bien masticada, para permitir su correcta metabolización (Di Sapia y otros, 2014, Dávalos, 2016).

2.1.5. Propiedades funcionales

Las semillas de chía producen los siguientes efectos: antioxidante, antiagregante, plaquetario, antiinflamatorio, antimutagénico, anticarcinogénico, antiviral, laxante, hipotensor, hipocolesterolemizante, hipoglucemiante, inmunoestimulante, tónico cardíaco y nervioso, y alimento mineralizante, vitamínico y proteico. El consumo de chía resulta útil en cosas de celiaquía, depresión, estrés, diabetes, obesidad, problemas gastrointestinales, tumores, artritis, asma, afecciones cardiovasculares y pulmonares, soriasis, arteriosclerosis, anemias, embarazo, lactancia, crecimiento, convalecencias y debilidad inmunológica (Pieretti, 2010).

La ingesta de mucílago de chía, solo o en combinación con la semilla, ha demostrado tener influencia en el metabolismo de lípidos, mediante la disminución de la absorción intestinal de ácidos grasos, colesterol y el arrastre de sales biliares, aumentando la pérdida de colesterol a través de las heces, además de inhibir la síntesis endógena de colesterol y la desaceleración de la digestión y la absorción de nutrientes. Además, como constituyente de la fibra dietética soluble, origina geles de mucha viscosidad que retardan el vaciado gástrico y brinda sensación de saciedad (Guiotto, 2014).

2.2. Granadilla

2.2.1. Generalidades

La granadilla (*Pasiflora ligularis*) es originaria de América tropical y se halla dispersa desde Centroamérica hasta Sudamérica, el clima más adecuado para su cultivo es templado (temperaturas entre 14 y 24 °C), no tropical pues es intolerante a las altas temperaturas; necesita de suelos profundos y fértiles con buena aireación; en el Perú los pisos altitudinales ideales se encuentran entre los 900 y 2700 m.s.n.m. (Tello, 2011).

El origen de la granadilla, se remonta a los 1200 años a.C. es considerada como uno de los cultivos olvidados de los incas; su importancia alimenticia y cualidades medicinales son los últimos resultados de una larga tarea de investigación (Rojas y Ricaldi, 2014). Las flores vistosas de la granadilla llamaron la atención de los primeros misioneros españoles quienes vieron en ellas la representación de los elementos de la pasión de Jesús, de donde deriva la denominación de fruta de la pasión (Herrera, 2011).

La granadilla se consume principalmente fresca, es una fruta ideal para "snack" por la facilidad de comerla y de llevarla. El procesamiento de la granadilla permite consumirla en mermeladas, jaleas, concentrado, pulpa, jugo congelado. Se reconoce al jugo de granadilla como una excelente opción para iniciar a los bebés en el consumo de frutas. El jugo, muy apreciado por su sabor y aroma, se elabora sobre la base de la pulpa refinada, extraída luego de refrigerar la fruta, para obtener una bebida que retiene el sabor natural y aroma de la fruta fresca (Tello, 2011).

El fruto es una cápsula ovoide o elíptica, sostenida con un pedúnculo largo que tiene dos brácteas y mide de 6 a 12 cm de largo, la cáscara es dura, amarilla con puntos blancos con seis líneas del ápice a la base, de color variable de acuerdo al grado de madurez.

2.2.2. Taxonomía

La granadilla es la especie más importante de las tierras altas de América tropical arriba de los 1000 m.s.n.m., de México hasta Bolivia, cultivada y a menudo espontánea. Es una trepadora de tallos cilíndricos y de hojas acorazonadas, de 8 - 16 cm de largo, verde oscuro a casi azulado en el lado superior (Tello, 2011).

Según Herrera (2011), la jerarquía taxonómica de la granadilla es la siguiente:

Jerarquía	Descripción
División	<i>Angiospermae</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Dilleniidae</i>
Orden	<i>Violales</i>
Familia	<i>Passifloraceae</i>
Género	<i>Passiflora</i>
Especie	<i>Passiflora ligularis</i>

Este cultivo se ubica preferentemente en los valles interandinos y en las estribaciones de la cordillera de los Andes (Tobalina y otros, 2009). La granadilla en el Perú se desarrolla en condiciones de costa, sierra, selva central y temperaturas favorables en su desarrollo de 15 a 22 °C; con precipitación media desde 600 a 1000 mm/año. Los valles interandinos de Lima; sierra central y sur, además de las regiones andino amazónicas como Cajamarca, Amazonas, Ayacucho son regiones muy ricas en suelo y climas (Herrera, 2011).

2.2.3. Composición nutricional

Su fruto posee una cáscara frágil y numerosas semillas comestibles, aromáticas y de agradable sabor, rica en vitamina C, potasio, fósforo, hierro y calcio (Tobalina y otros, 2009). En el Cuadro 3, se presenta la composición nutricional de la granadilla.

Cuadro 3. Composición nutricional de la granadilla

Componente	Cantidad (en 100 g comestible)
Agua (g)	64.4
Proteína (g)	2.4
Grasa (g)	2.8
Carbohidratos (g)	17.3
Fibra (g)	11.9
Cenizas (g)	1.2
Magnesio (mg)	29
Sodio (mg)	28
Potasio (mg)	348
Calcio (mg)	10
Fósforo (mg)	64
Hierro (mg)	0.9
Vitamina C (mg)	20
Ácido fólico (mg)	20
Vitamina B ₆ (mg)	0.06
Vitamina B ₃ (mg)	1.6

Fuente: Tobalina y otros, 2009

2.3. Maracuyá

2.3.1. Generalidades

El maracuyá (*Passiflora edulis*) es una planta de origen tropical, los frutos presentan un sabor particular intenso y ácido, muy apreciado en los países norteamericanos, europeos y asiáticos que lo demandan con gran interés. El maracuyá es importante por las cualidades gustativas de sus frutos y por las cualidades nutracéuticas y alimenticias de su jugo, cáscara y semillas. Esta fruta es conocida como la “fruta de la pasión” (passion fruit), es considerada una fruta exótica y altamente apreciada para la elaboración de zumos y jugos (Murga, 2011; Tello, 2011).

El maracuyá se considera originario de la región amazónica, aunque crece de forma silvestre en un área que abarca desde el sur de Colombia hasta el norte de Argentina y Uruguay; en Paraguay, donde es considerada como flor nacional, las distintas variedades están adaptadas a regímenes más o menos tropicales. A lo largo del siglo XIX, las variedades de utilidad gastronómica se introdujeron con éxito en Hawaii, Australia y otras islas del Pacífico sur (Agrodata, 2018).

La explotación comercial no tuvo verdadero impulso hasta mediados del siglo XX, la planta era frecuente en estado silvestre desde hacía décadas. El éxito comercial de la producción de maracuyá, así como, el valor ornamental de las flores, incitó a Kenia y Uganda a intentar su cultivo en los años 1950; aproximadamente al mismo tiempo se introdujo la plantación comercial a Sudáfrica. No es seguro si fueron estas variedades o las cultivadas en Australia las que se introdujeron en la India a través de Sri Lanka, donde hoy se cultiva de manera predominantemente doméstica (Castro y otros, 2010).

2.3.2. Taxonomía

El maracuyá es una planta trepadora, vigorosa, leñosa, perenne, con ramas hasta de 20 m de largo, tallos verdes, acanalados en la parte superior, zarcillos axilares más largos que las hojas enrolladas en forma espiral. Las hojas son de color verde lustroso con pecíolos glabros acanalados en la parte superior; posee dos nectarios redondos en la base del folíolo, la lámina foliar es palmeada y generalmente con tres lóbulos (Tello, 2011).

Según Castro y otros (2010), la clasificación botánica del maracuyá es la siguiente:

Jerarquía	Descripción
División	<i>Espermatofita</i>
Subdivisión	<i>Angiosperma</i>
Clase	<i>Dicotiledonea</i>
Subclase	<i>Arquiclamidea</i>
Orden	<i>Perietales</i>
Suborden	<i>Flacourtiinae</i>
Familia	<i>Plassifloraceae</i>
Género	<i>Passiflora</i>
Especie	<i>Edulis</i>
Variedad	Purpúrea y Flavicarpa

2.3.3. Valor nutricional

El agua es su principal componente, contiene una alta cantidad de hidratos de carbono por lo que su valor calórico es muy elevado. Cabe destacar su contenido de provitamina A, vitamina C y respecto a los minerales, su aporte de fósforo y magnesio. La variedad amarilla es más rica en minerales y en provitamina A que la morada. Además, contiene una cantidad elevada de fibra (Tello, 2011). En el Cuadro 4 se presenta la composición nutricional del maracuyá.

Al igual que el resto de las partes de la planta, presenta propiedades tranquilizantes y desintoxicantes, no solo por su contenido en vitamina C y por el niacina, también por el contenido de vitamina A, que se convierte en β -caroteno y riboflavinas. Todos estos elementos le confieren propiedades anticancerígenas (Castro y otros, 2010).

Cuadro 4. Composición nutricional del maracuyá

Componente	Cantidad (en 100 g comestible)
Agua (g)	84.90
Proteína (g)	0.67
Grasa (g)	0.05
Carbohidratos (g)	13.72
Fibra (g)	0.17
Cenizas (g)	0.49
Calcio (mg)	3.8
Fósforo (mg)	24.60
Hierro (mg)	0.36
Vitamina C (mg)	20.00
Vitamina A (mg)	2410.00
Vitamina B ₂ (mg)	0.10
Vitamina B ₆ (mg)	3.24

Fuente: Tello (2011).

2.3.4. Usos

El maracuyá es comestible, la pulpa se usa domésticamente por la dilución en agua, que posteriormente, se convierte en licores, refrescos, helados, salsas y otros más. Se puede emplear para la fabricación de jabones, tintas y barnices a través del aceite que se extrae de las semillas. Tiene, además un uso medicinal; con el zumo, la pulpa y la infusión de las hojas de maracuyá ayuda a que la persona se relaje, en algunos casos como un calmante para dolores musculares. Sus hojas son utilizadas para combatir inflamaciones y fiebres. Combate la diabetes pues la harina de maracuyá controla los niveles de azúcar en la sangre. La cáscara del maracuyá que normalmente es desechada, es rica en pectina que es una fracción de fibra soluble. En nuestro organismo forma un gel. En el caso de la diabetes, dificulta la absorción de glucosa. Resultados de investigación con este

subproducto realizado en la Universidad Federal de Rio de Janeiro Brasil, confirma estas evidencias con buenos resultados (Castro y otros, 2010).

2.4. Jugos de frutas

Según el Codex Alimentarius Stan 247 (2005), por zumo (jugo) de fruta es un líquido sin fermentar, pero fermentable, que se obtiene de la parte comestible de frutas en buen estado, maduras y frescas o frutas que se han mantenido en buen estado por procedimientos adecuados, inclusive por tratamientos de superficie aplicados después de la cosecha. Algunos zumos (jugos) podrán elaborarse junto con sus semillas y cáscaras, que normalmente no se incorporan al zumo (jugo), aunque serán aceptables algunas partes o componentes de semillas y cáscaras que no puedan eliminarse mediante las buenas prácticas de fabricación. Los zumos (jugos) se preparan mediante procedimientos adecuados que mantienen las características físicas, químicas, organolépticas y nutricionales esenciales de la fruta de la que proceden. Pueden ser turbios o claros y contener componentes restablecidos de sustancias aromáticas y aromatizantes volátiles, elementos todos ellos que deberán obtenerse por procedimientos físicos adecuados y que deberán proceder del mismo tipo de fruta. Pueden añadirse pulpa y células obtenidas por procedimientos físicos adecuados del mismo tipo de fruta. Un zumo (jugo) de un solo tipo es el que se obtiene de un solo tipo de fruta. Un zumo (jugo) mixto es el que se obtiene mezclando dos o más zumos (jugos), y purés de diferentes frutas (Catay, 2015; Dávalos, 2016).

Por otro lado, las bebidas mixtas de frutas presentan una serie de ventajas, como la posibilidad de combinación de diferentes aromas, sabores y componentes nutricionales (López, 2010).

2.5. Bebidas funcionales

Son Bebidas hechas con un propósito específico para el beneficio de su consumidor, son bebidas no alcohólicas las cuales incluyen en sus

ingredientes hierbas, vitaminas, minerales, aminoácidos, frutas y verduras naturales. Las bebidas funcionales se han convertido en una parte integral de la vida de muchas personas, especialmente aquellos que llevan un estilo de vida activo y saludable (Gil, 2010).

Los alimentos y bebidas más deseables son aquellos que son frescos, naturales y mínimamente procesados como néctares, infusiones entre otros. Los alimentos y bebidas con todos los ingredientes naturales y aquellos sin organismos genéticamente modificados (OGM) son considerados muy importantes, alimentos hechos de verduras/frutas son considerados alimentos funcionales que proporcionan beneficios como reducción del riesgo de enfermedades y/o promoción de una buena salud en general (Nielsen, 2015).

2.6. Metodología de superficie de respuesta

La metodología de superficie de respuesta (MSR) es una colección de técnicas matemáticas y estadísticas útiles en el modelado y el análisis de problemas en los que una respuesta de interés recibe la influencia de diversas variables y donde el objetivo es optimizar esta respuesta (Montgomery, 2011, mencionado por Navarro, 2016).

La superficie de respuesta se define como la representación geométrica de la función objetivo (relación entre la variable dependiente y las independientes consideradas en la investigación) o más propiamente dicho del modelo matemático obtenido (Montgomery, 2011 mencionado por Navarro, 2016).

La MSR tiene varias ventajas comparada con los experimentos clásicos y métodos de optimización, ya que nos permite obtener una gran cantidad de información a partir de un número pequeño de experimentos. Con el uso de los métodos clásicos, se consume mayor cantidad de tiempo y son necesarios mayor número de experimentos para explicar el comportamiento del sistema (Montgomery, 2011 mencionado por Navarro, 2016).

Además, se puede observar el efecto de la interacción de los parámetros que podrían ser más críticos, así como: el sinergismo, antagonismo y

adición. La ecuación del modelo fácilmente aclara estos efectos por combinación binaria de las variables independientes; además, el modelo empírico que relaciona la respuesta de variables independientes, es usado para obtener la información del proceso (Bas y Boyaci, 2007, mencionado por Navarro, 2016).

El aporte teórico de la MSR se describe en coherencia con Montgomery (2011), mencionado por Navarro (2016).

Por ejemplo, suponga que un ingeniero en industrias alimentarias quiere encontrar los niveles de temperatura (χ_1) y presión (χ_2) que maximicen el rendimiento (y) de un proceso. El rendimiento del proceso es una función de los niveles de temperatura y la presión, por ejemplo:

$$y = f(\chi_1, \chi_2) + \varepsilon$$

Donde ε representa el ruido o error observado en la respuesta “ y ”. Si la respuesta esperada se denota por $E(y) = f(\chi_1, \chi_2) = \eta$, entonces a la superficie representada por $\eta = f(\chi_1, \chi_2)$ se le llama superficie de respuesta (Montgomery, 2011).

Para ayudar a visualizar la forma de una superficie de respuesta, con frecuencia se grafican los contornos de la superficie. En la gráfica de contornos se trazan las líneas de respuesta constante en el plano χ_1, χ_2 . Cada contorno corresponde a una altura particular de la superficie de respuesta (Montgomery, 2011).

En la mayoría de los problemas de MSR, la forma de la relación entre la respuesta y las variables independientes es desconocida. Por lo tanto, el primer paso de la MSR es encontrar una aproximación adecuada de la verdadera relación funcional entre “ y ” y el conjunto de variables independientes. Por lo general, se emplea un polinomio de orden inferior en alguna región de las variables independientes. Si la respuesta está bien modelada por una función lineal de las variables independientes, entonces

la función de aproximación es el modelo de primer orden (Montgomery, 2011, mencionado por Navarro, 2016):

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon$$

Si hay curvatura en el sistema, entonces debe usarse un polinomio de orden superior, tal como el modelo de segundo orden:

$$y = \beta_0 + \sum \beta_i x_i + \sum_{ii} \beta_{ii} x_i^2 + \sum \sum \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon$$

En casi todos los problemas MSR se usa uno de estos modelos o ambos. Es probable que un modelo polinomial sea una aproximación razonable de la verdadera relación funcional en el espacio completo de las variables independientes, pero para una región relativamente pequeña suelen funcionar bastante bien (Montgomery, 2011).

El método de mínimos cuadrados, se usa para estimar los parámetros de los polinomios de aproximación. Después, se realiza el análisis de la superficie de respuesta utilizando la superficie ajustada. Si la superficie ajustada es una aproximación adecuada de la verdadera función de la respuesta, entonces el análisis de la superficie ajustada será un equivalente aproximado del análisis del sistema real (Montgomery, 2011).

Los parámetros del modelo pueden estimarse más eficientemente cuando se emplean los diseños experimentales apropiados para recolectar los datos; a éstos se le denominan diseños de superficie de respuesta. Cuando se selecciona un diseño de superficie de respuesta, algunas de las características deseables en el diseño son las siguientes (Montgomery, 2011):

- Proporciona una distribución razonable de los puntos de los datos (y en consecuencia información) en toda la región de interés.
- Permite que se investigue la adecuación del modelo, incluyendo la falta de ajuste.
- Permite que los experimentos se realicen en bloques.
- Permite que los diseños de orden superior se construyan secuencialmente.

- Proporciona una estimación interna del error.
- Proporciona estimaciones precisas de los coeficientes del modelo.
- Proporciona un buen perfil de la varianza de predicción en toda la región experimental.
- Proporciona una robustez razonable contra los puntos atípicos o los valores faltantes.
- No requiere un gran número de corridas.
- No requiere demasiados niveles de las variables independientes.
- Asegura la simplicidad del cálculo de los parámetros del modelo.

Estas características entran en conflicto en ocasiones, por lo que con frecuencia debe aplicarse la discrecionalidad al seleccionar un diseño.

2.6.1. Experimentos con mezclas (diseño de mezclas)

Es un diseño experimental que se utiliza cuando los factores son los componentes o ingredientes de una mezcla, y por consiguiente, sus niveles no son independientes. Por ejemplo, si $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_p$ denota las proporciones de p componentes de una mezcla, entonces:

$$0 \leq \chi_i \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, p$$

$$\chi_1 + \chi_2 + \dots + \chi_p = 1 \quad (\text{es decir, } 100\%)$$

Estas restricciones se ilustran en la Figura 1 para $p=2$ y $p=3$ componentes. Para dos componentes, el espacio de los factores del diseño incluye los valores que están sobre el segmento de la recta $\chi_1 + \chi_2 = 1$, cada componente acotado por 0 y 1. Con tres componentes, el espacio de la mezcla es un triángulo con vértices correspondientes a las formulaciones que son mezclas puras (100% de un solo componente), (Montgomery, 2011, mencionado por Navarro, 2016).

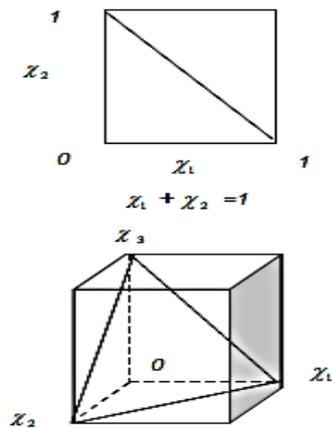


Figura 1. Espacio de los factores restringidos para mezclas con a) $p=2$ componentes y b) $p=3$ componentes

Fuente: Montgomery (2011)

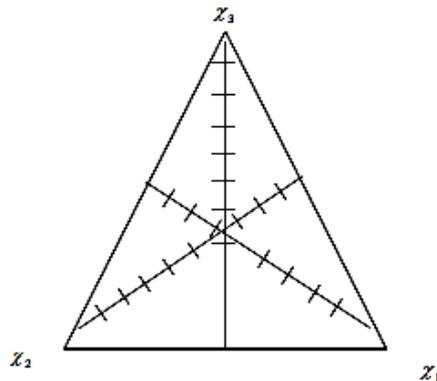


Figura 2. Sistema coordenado trilineal

Fuente: Montgomery (2011)

Cuando hay tres componentes en la mezcla, la región experimental restringida puede representarse convenientemente en papel milimétrico lineal, como se muestra en la Figura 2. Cada uno de los tres lados de la gráfica representa una mezcla que no contiene nada de alguno de los tres componentes (el componente indicado en el vértice opuesto). Las nueve líneas de graduación en cada dirección marcan incrementos de 10% en el componente respectivo (Montgomery, 2011, mencionado por Navarro, 2016).

2.6.2. Diseño símplex con centroide

Dentro de éstos diseños de mezclas se encuentran los diseños símplex, que se usan para estudiar los efectos de los componentes de una mezcla sobre la variable de respuesta. Un diseño símplex reticular (p, m) para p componentes consta de los puntos definidos por los siguientes arreglos de las coordenadas: las proporciones asumidas por cada componente toman los $m + 1$ valores que están separados por una distancia igual de 0 a 1 (Montgomery, 2011)

$$i = 1, 2, \dots, p; \chi_i = 0, \frac{1}{m}, \frac{2}{m}, \dots, 1$$

y se usan todas las combinaciones posibles (mezclas) de las proporciones. Así, sea $p=3$ y $m=2$; entonces:

$$i = 1, 2, 3; \chi_i = 0, \frac{1}{2}, 1$$

y el diseño símplex reticular consta de las seis corridas siguientes:

$(\chi_1, \chi_2, \chi_3) = (1, 0, 0); (0, 1, 0); (0, 0, 1); (1/2, 1/2, 0); (1/2, 0, 1/2)$ y $(0, 1/2, 1/2)$.

En la Figura 3 se ilustra este diseño, entre otros.

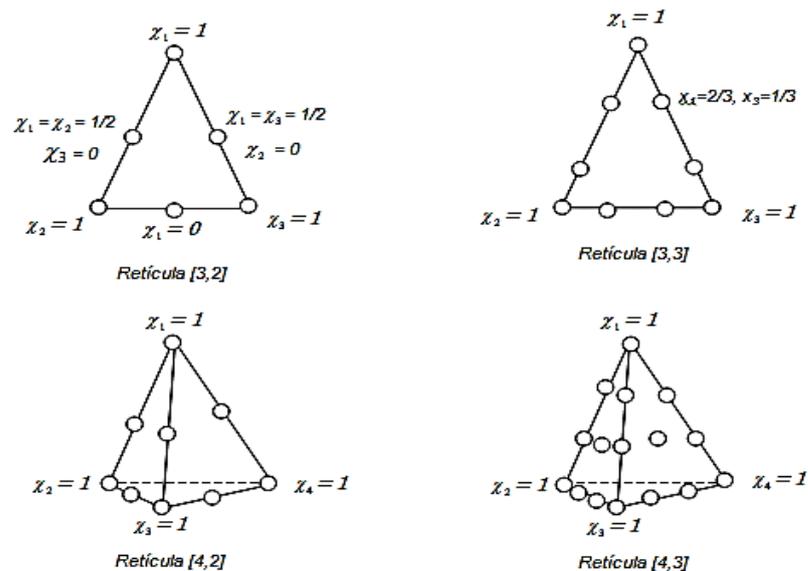


Figura 3. Algunos diseños símplex reticulares para $p=3$ y $p=4$ componentes.

Fuente: Montgomery (2011).

Los tres vértices $(1, 0, 0)$, $(0, 1, 0)$ y $(0, 0, 1)$ son las mezclas puras, mientras que los puntos $(1/2, 1/2, 0)$, $(1/2, 0, 1/2)$ y $(0, 1/2, 1/2)$ son mezclas binarias o mezclas de dos componentes localizadas en los puntos medios de los tres lados del triángulo. En la Figura 3 se muestran también los diseños simplex reticulares $(3,3)$; $(4,2)$ y $(4,3)$ (Montgomery, 2011).

En general, el número de puntos en un diseño simplex reticular (p,m) es:

$$N = \frac{(p + m - 1)!}{m!(p - 1)!}$$

Una alternativa del diseño simplex reticular es el diseño simplex de centroide. En un diseño simplex de centroide con p componentes hay 2^{p-1} puntos, que corresponden a las p permutaciones de $(1, 0, 0, \dots, 0)$, las $(p/2)$ permutaciones $(1/2, 1/2, 0, \dots, 0)$, las $(p/3)$ permutaciones de $(1/3, 1/3, 1/3, 0, \dots, 0)$, ... y el centroide global $(1/p, 1/p, \dots, 1/p)$. En la Figura 4 se muestran algunos diseños simplex con centroide.

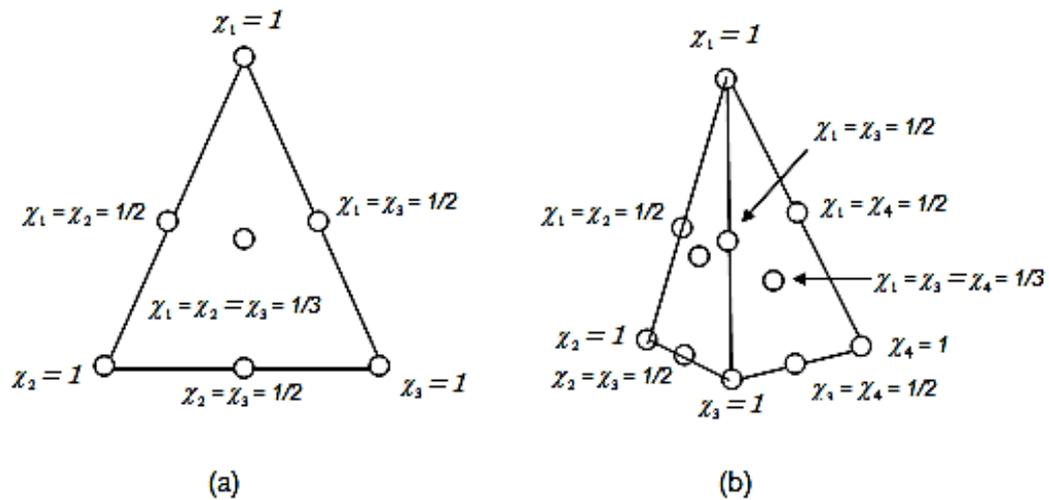


Figura 4. Diseños simplex con centroide, con a) $p=3$ componentes y b) $p=4$ componentes

Fuente: Montgomery (2011)

Una crítica a los diseños simplex descritos antes es que la mayoría de las corridas ocurren en la frontera de la región y, por consiguiente, incluyen solo

$p-1$ de los p componentes. Suele ser deseable aumentar el diseño simplex reticular o de centroide con puntos adicionales en el interior de la región donde las mezclas estarán formadas por la totalidad de los p componentes. Los modelos para mezclas difieren de los polinomios usuales empleados en los diseños de superficie de respuesta debido a la restricción ($\sum \chi_i = 1$).

Las ecuaciones de los modelos para mezclas que se usan ampliamente son:

Lineal:
$$E(y) = \sum \beta_i \chi_i$$

Cuadrático:
$$E(y) = \sum \beta_i \chi_i + \sum \sum \beta_{ij} \chi_i \chi_j$$

Cúbico completo:

$$E(y) = \sum \beta_i \chi_i + \sum \sum \beta_{ij} \chi_i \chi_j + \sum \sum \delta_{ij} \chi_i \chi_j (\chi_i - \chi_j) \\ + \sum \sum \sum \beta_{ijk} \chi_i \chi_j \chi_k$$

Cúbico especial:

$$E(y) = \sum \beta_i \chi_i + \sum \sum \beta_{ij} \chi_i \chi_j + \sum \sum \sum \beta_{ijk} \chi_i \chi_j \chi_k$$

Los términos de estos modelos tienen interpretaciones relativamente simples. En todas las ecuaciones, el parámetro β_i representa la respuesta esperada para un solo componente $\chi_i = 1$ y $\chi_j = 0$ cuando $j \neq i$. A la porción $\sum \beta_i \chi_i$ se le llama porción de mezcla lineal. Cuando hay una curvatura derivada de una mezcla no lineal entre pares de componentes, los parámetros β_{ij} representan una mezcla sinérgica o bien antagónica.

Los términos de órdenes superiores suelen ser necesarios en los modelos para mezclas porque 1) los fenómenos estudiados pueden ser complejos y 2) la región experimental con frecuencia es la región de operabilidad completa y, en consecuencia, es grande y requiere un modelo elaborado (Montgomery, 2011).

2.6.3. Optimización

Los diseños de experimentos factoriales y fraccionales sirven para seleccionar de factores más relevantes que afectan el desempeño del proceso (Montgomery, 2011, mencionado por Navarro, 2016).

El paso siguiente es la optimización del proceso, o la búsqueda de las condiciones de operación para las variables del proceso que lo optimicen. Muchos problemas de superficies de respuesta incluyen el análisis de varias respuestas (Montgomery, 2011, mencionado por Navarro, 2016).

La consideración simultánea de las respuestas múltiples requiere construir primero un modelo de superficie de respuesta adecuado para cada una y después encontrar un conjunto de condiciones de operación que optimice en cierto sentido todas las respuestas o que al menos las mantenga en los rangos deseados (target) (Montgomery, 2011, mencionado por Navarro, 2016).

Un enfoque relativamente directo para optimizar varias respuestas que funciona bien cuando solo hay pocas variables en el proceso es la superposición de gráficas de contorno de cada respuesta (Montgomery, 2011, mencionado por Navarro, 2016).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales, análisis fisicoquímicos y análisis sensoriales se realizaron en el Laboratorio de Ciencias de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Privada Antenor Orrego.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materia prima

Semillas de chía, frutos de granadilla y de maracuyá, procedentes de Chepén, Tingo María y Virú; respectivamente, acopiadas por la empresa Frutas Selectas de la ciudad de Trujillo, región La Libertad.

3.2.2. Insumos

- Azúcar blanca (Cartavio)
- Carboximetilcelulosa (GELYCEL F1-4000)
- Ácido cítrico (Fratello)
- Envases de vidrio de 250 mL, fabricados por Soluciones del empaque SAC
- Tapas plásticas, fabricados por Soluciones del empaque SAC
- Agua potable

3.2.3. Instrumentos

- Termómetro digital. Marca WT-1
- pH-metro marca Memmert. Rango 0 – 14.
- Refractómetro portátil marca Link modelo RHB-32ATC. Rango 32–60 °Brix, aprox. $\pm 0.2\%$.

- Balanza analítica. Marca Mettler Toledo. Modelo AB204. Capacidad 210 g, aprox. 0.0001 g.
- Balanza electrónica marca Sartorius Ag Gottingen capacidad 3100 g.

3.2.4. Equipos

- Cocina semiindustrial marca Surge
- Pulpeadora. Marca Siemens, velocidad 1100 rpm, capacidad 300 kg.

3.2.5. Otros

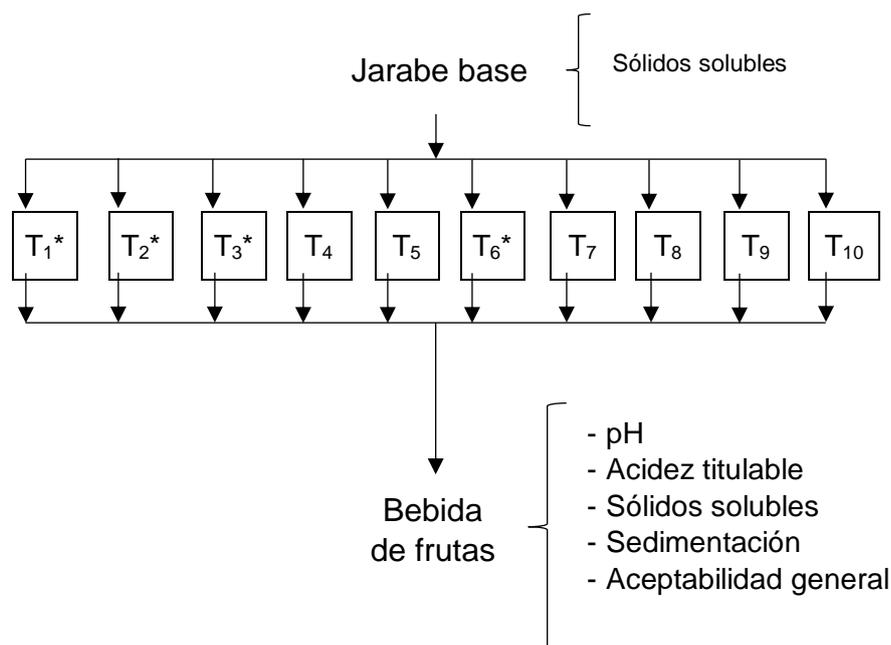
- Vasos de precipitación
- Pipetas
- Cuchillos
- Ollas
- Coladores
- Jarras
- Tina de enfriamiento

3.2.6. Reactivos

- Agua destilada
- Hidróxido de sodio 0.1 N.
- Fenolftaleína solución alcohólica 1%.

3.3. Esquema experimental

En la Figura 5, se muestra el esquema experimental, que tiene como variables independientes a la concentración de semillas de chía, zumos de granadilla y de maracuyá, y como variables dependientes: pH, acidez titulable, sólidos solubles, sedimentación y aceptabilidad general.



Donde:

- T₁*: 1.00% de chíá, 19.50% de granadilla, 1.00% de maracuyá
 T₂*: 1.00% de chíá, 16.50% de granadilla, 4.00% de maracuyá
 T₃*: 4.00% de chíá, 16.50% de granadilla, 1.00% de maracuyá
 T₄: 1.00% de chíá, 18.00% de granadilla, 2.50% de maracuyá
 T₅: 2.50% de chíá, 18.00% de granadilla, 1.00% de maracuyá
 T₆*: 2.50% de chíá, 16.50% de granadilla, 2.50% de maracuyá
 T₇: 2.00% de chíá, 17.50% de granadilla, 2.00% de maracuyá
 T₈: 1.50% de chíá, 18.50% de granadilla, 1.50% de maracuyá
 T₉: 1.50% de chíá, 17.00% de granadilla, 3.00% de maracuyá
 T₁₀: 3.00% de chíá, 17.00% de granadilla, 1.50% de maracuyá
 *Replicas dentro de diseño

Figura 5. Esquema experimental para la evaluación de la bebida de frutas

3.4. Diseño experimental

Se generó un diseño de mezclas simplex centroide ampliado con restricciones para la combinación de chíá (1 – 4%), jugo de maracuyá (1 – 4%) y de granadilla (16.5 – 19.5%), del cual se obtuvieron las 10 combinaciones o tratamientos más 4 réplicas dentro de diseño (Cuadro 5).

Cuadro 5. Combinaciones del diseño de mezclas simplex centroide ampliado

Tratamiento	Chía (%)	Granadilla (%)	Maracuyá (%)
1	1.00	19.50	1.00
2	1.00	16.50	4.00
3	4.00	16.50	1.00
4	1.00	18.00	2.50
5	2.50	18.00	1.00
6	2.50	16.50	2.50
7	2.00	17.50	2.00
8	1.50	18.50	1.50
9	1.50	17.00	3.00
10	3.00	17.00	1.50
*11	4.00	16.50	1.00
*12	2.50	16.50	2.50
*13	1.00	19.50	1.00
*14	1.00	16.50	4.00

*Replicas dentro de diseño

3.5. Procedimiento experimental

En la Figura 6, se observa el flujo de proceso para la obtención de la bebida de frutas cuyas operaciones se describen a continuación.

Selección

Se seleccionó la fruta sana sin daños físicos, químicos o microbiológicos; para la chía la selección consistió en separar los granos enteros de los rotos, piedras y pajilla.

Pesado

Se cuantificó la materia prima que entró al proceso.

Lavado

Se realizó con agua potable para eliminar residuos que quedaron después de la cosecha; para el maracuyá y granadilla se utilizó agua con hipoclorito de sodio a 50 ppm por 10 minutos.

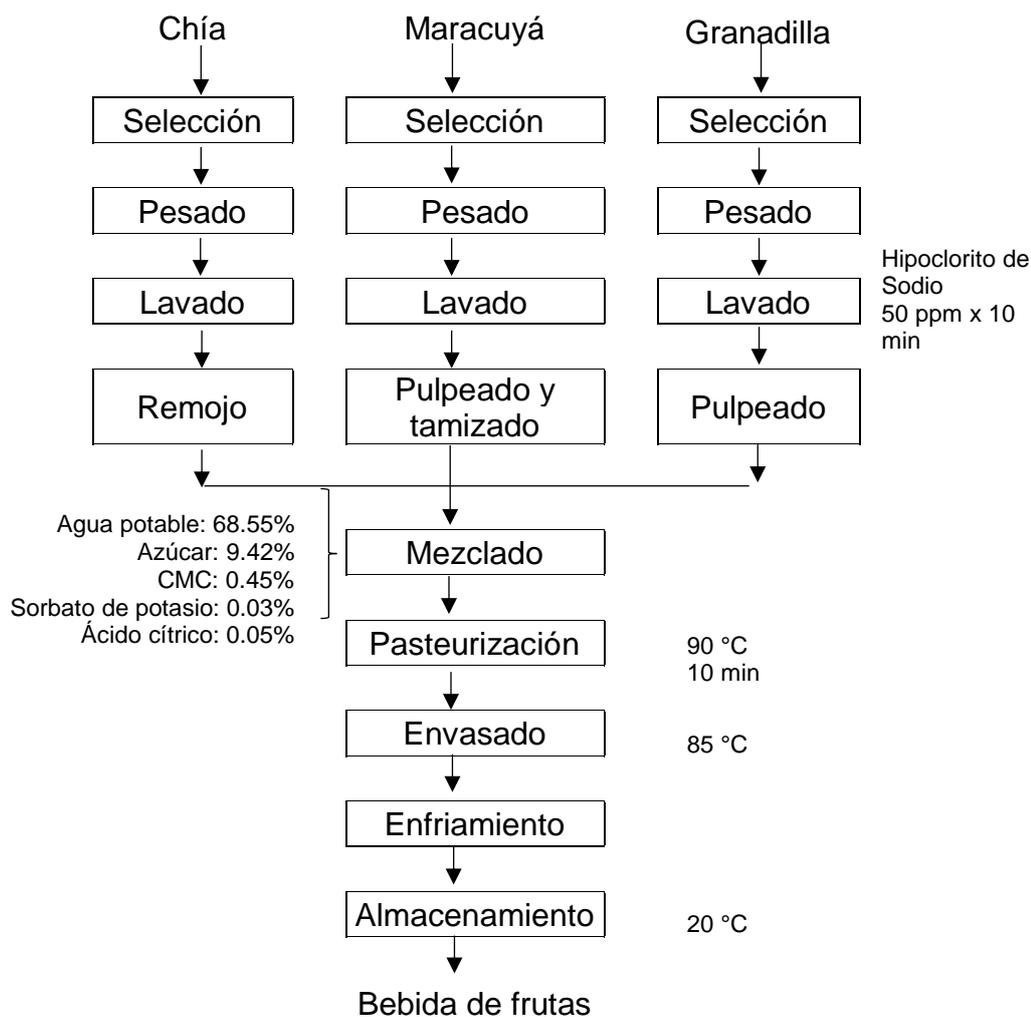


Figura 6. Diagrama de flujo para la obtención de bebida de frutas

Remojo

Las semillas de chía fueron remojadas en agua potable (1 chía: 3 agua) durante 1 h con la finalidad de que se hidraten y absorban agua (Huezo, 2008).

Pulpeado y tamizado

Se cortaron las frutas de maracuyá y granadilla por la mitad, para separar la pulpa con semillas de la cáscara. La pulpeadora tuvo un tamiz de malla N° 8 (2.36 mm), con la finalidad de separar el zumo de las semillas.

Mezclado

Se mezcló los ingredientes según la formulación (Cuadro 6), donde varió la proporción de chía, maracuyá y granadilla según el diseño de mezclas

conformando un total de 21.5% del total de la formulación de la bebida de frutas.

Cuadro 6. Formulación base de la bebida de frutas con las proporciones de chía, granadilla y maracuyá

Ingrediente	Cantidad (%)
Agua	68.55
Azúcar	9.42
Carboximetilcelulosa	0.45
Sorbato de potasio	0.03
Ácido cítrico	0.05
Total mezcla base	78.50
Mezcla chía, granadilla y maracuyá	21.50
Total	100.00

Fuente: López (2010) y Castillo (2012), modificado por el autor.

Pasteurización

Se realizó a 90 °C por 10 min con la finalidad de disminuir la carga microbiana e inactivar enzimas.

Envasado

El envasado se realizó en caliente a 85 °C, el llenado de la bebida de frutas fue hasta el 90% de la capacidad de la botella, con la finalidad de generar vacío. Inmediatamente se colocó la tapa en forma manual.

Enfriamiento

Las botellas con la bebida de frutas fueron sumergidas con rapidez en agua fría para generar el shock térmico.

Almacenamiento

Las bebidas de frutas fueron almacenadas a 20 °C hasta su evaluación, por un periodo de 7 días.

3.6. Método de análisis

3.6.1. pH

Se empleó 10 mL de muestra por cada tratamiento, se utilizó el pH-metro digital para la obtención de la información. Por cada procedimiento se reportaron tres lecturas y se obtuvo el promedio (Rojas, 2013).

3.6.2. Acidez titulable

Se utilizó el procedimiento recomendado por la A.O.A.C (1995), se midió 10 mL de muestra, se agregó a un fiola de 100 mL y se aforó con agua destilada, luego se filtró y se tomó una alícuota de 50 mL, se agregó 4 gotas de fenolftaleína para, luego, titular con NaOH 0.1 N, hasta la aparición del color rosado-grosella. Se anotó el volumen consumido de NaOH 0.1 N. Se determinó la acidez titulable expresada en porcentaje de ácido cítrico.

$$\% \text{ Acidez titulable} = \frac{Vg * N * Me}{Vi} \times 100$$

Dónde:

Vg: volumen del gasto de NaOH (mL).

Vi: volumen de la muestra (mL).

N: normalidad del NaOH, 0.1 N.

Me: miliequivalentes de ácido cítrico (0.064).

3.6.3. Sólidos solubles

Se utilizó un refractómetro y se procedió de acuerdo a lo recomendado por la A.O.A.C. (1997), se limpió y calibró el refractómetro con agua destilada; luego, se agitó la muestra, y se colocó una gota de muestra en el lente del refractómetro, observándose la lectura en el visor ocular, se anotó la lectura la cual se realizó a 20 °C.

3.6.4. Sedimentación

Se utilizó el método de la estufa (Castillo, 2012), midiendo los sólidos en el sedimento a través de la extracción con una pipeta, a una distancia de la base de 3 cm. Se extrajo una muestra de 2 mL, luego se colocó en una placa petri e ingresó a la estufa de 100 °C por 4 h, luego se colocó en un desecador, se determinó por diferencia de peso acumulado en el sedimento, expresado en g/mL.

3.6.5. Aceptabilidad general

Se usó una escala hedónica de 9 puntos para determinar la bebida de frutas con mayor grado de aceptación general. Los tratamientos a evaluar fueron presentados en tres bloques (5, 5 y 4 tratamientos elegidos al azar), sometidos a un panel sensorial conformado por 30 jueces por bloque (Ureña y otros, 1999; Anzaldúa - Morales, 2005).

Las muestras fueron colocadas en vasos de plástico de 3 oz debidamente codificados con 3 dígitos (fueron servidos a 20 °C); a los panelistas se les entregó las tarjetas de evaluación (Anexos 1, 2 y 3). Cada panelista asignó la calificación correspondiente de acuerdo con su grado de satisfacción, siendo el valor de más alto puntaje el de “me gusta muchísimo” (9 puntos) y el de menor puntaje el de “me disgusta muchísimo” (1 punto), con un valor intermedio de “ni me gusta ni me disgusta” (5 puntos) (Anzaldúa - Morales, 2005).

3.7. Método estadístico

Se efectuó un análisis de varianza para determinar el modelo (lineal, cuadrático o cúbico especial) significativo ($p < 0.05$), además, se determinó el coeficiente de determinación R^2 y R^2 -ajustado, estos debieron ser iguales o superiores al 85 y 75%, respectivamente, para validar el modelo matemático que representó el comportamiento del fenómeno en estudio (Montgomery, 2004).

Para encontrar la combinación óptima predicha que brindó los mejores resultados fisicoquímicos y de aceptación general, se realizó una superposición de contornos y se halló la zona óptima de operación (para las

variables respuesta que pudieron ser modeladas), que optimizó el proceso de obtención de bebida de frutas. La generación del diseño de mezclas y el desarrollo estadístico se realizó con el paquete estadístico Desing-Expert® versión 7.0.

Validación

Con los valores de la combinación óptima predicha se realizó tres corridas experimentales (réplicas), cuyos resultados estuvieron por debajo del 10% de desviación de las respuestas predichas, con lo que el modelo matemático quedó validado para realizar estimaciones.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de la concentración de chía, zumo de maracuyá y de granadilla sobre el pH de una bebida de frutas

En el Cuadro 7, se presenta los valores de pH en bebida de frutas con la concentración de chía, de zumo de maracuyá y de granadilla. En el Anexo 4, se muestran los resultados de pH de la bebida de frutas.

Cuadro 7. Valores de pH en bebida de frutas

Tratamientos	Granadilla (%)	Maracuyá (%)	Chía (%)	pH
T ₁	19.50	1.00	1.00	3.58
T ₂	16.50	4.00	1.00	3.43
T ₃	16.50	1.00	4.00	3.65
T ₄	18.00	2.50	1.00	3.50
T ₅	18.00	1.00	2.50	3.65
T ₆	16.50	2.50	2.50	3.57
T ₇	17.50	2.00	2.00	3.55
T ₈	18.50	1.50	1.50	3.51
T ₉	17.00	3.00	1.50	3.51
T ₁₀	17.00	1.50	3.00	3.66
*T ₁₁	16.50	1.00	4.00	3.66
*T ₁₂	16.50	2.50	2.50	3.58
*T ₁₃	19.50	1.00	1.00	3.58
*T ₁₄	16.50	4.00	1.00	3.43

*Réplicas dentro de diseño

En el Cuadro 7, se observa que el menor valor de pH (3.43) fue para la mezcla de: granadilla al 16.50%, maracuyá al 4.00% y chía al 1.00%; y el mayor valor (3.66) fue para la réplica de la mezcla de: granadilla al 16.50%, maracuyá al 1.00% y chía al 4.00% y granadilla al 17.00%, maracuyá al 1.50% y chía al 3.00%.

En el Cuadro 8, se muestra el análisis de varianza para determinar el modelo adecuado para describir el efecto de la concentración de chía, de zumo de maracuyá y de granadilla sobre el pH de la bebida de frutas, donde, el modelo lineal fue significativo ($p < 0.05$), además, los coeficientes de determinación R^2 (0.900) y R^2 -ajustado (0.882) fueron altos, superiores al 0.85 y 0.75, respectivamente, por lo que este modelo matemático fue válido para representar el comportamiento del fenómeno en estudio (Montgomery, 2011).

Cuadro 8. Análisis de varianza de modelos para pH en bebida de frutas

Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p	R^2	R^2 -ajustado
Media	177.359	1	177.359				
Lineal	0.074	2	0.037	49.467	0.000	0.900	0.882
Cuadrático	0.003	3	0.001	1.171	0.380	0.931	0.887
Cúbico especial	0.001	1	0.001	0.798	0.401	0.938	0.884
Residual	0.000	5	0.000				
Total	177.441	14	12.674				

En el Cuadro 9, se presenta los coeficientes de la regresión del modelo lineal aplicado al pH de una bebida de frutas con la concentración de chía, de zumo de maracuyá y de granadilla, donde existió significancia ($p < 0.05$) de todos los coeficientes de la regresión.

Cuadro 9. Coeficientes de la regresión del modelo lineal aplicado al pH de una bebida de frutas

Componente	Coefficiente estimado	Error estándar	t(11)	p
A-Granadilla	0.166	0.0013	123.9012	0.0000
B-Maracuyá	0.122	0.0069	17.7054	0.0000
C-Chía	0.203	0.0069	29.4455	0.0000

Modelado matemáticamente, la regresión del modelo lineal para la variable respuesta pH fue la siguiente:

$$\text{pH} = 0.166 * \text{granadilla} + 0.122 * \text{maracuyá} + 0.203 * \text{chía} \text{ (Ec. 1)}$$

En el Cuadro 10 se muestran los valores observados y predichos para el pH en bebida de frutas, donde los valores observados son aquellos obtenidos experimentalmente; mientras, que los valores predichos fueron calculados aplicando la ecuación matemática correspondiente al modelo lineal, además, se observa que la desviación entre los valores observados y predichos fueron menores al 10%, según Gutiérrez y de la Vara (2009) valores de desviación inferiores al 10% son considerados como excelentes, ya que la desviación entre los observados y predichos es pequeña y garantiza una buena predicción del modelo matemático para el fenómeno en estudio.

Cuadro 10. Valores observados y predichos de pH en bebida de frutas

Componentes			pH			
Granadilla (%)	Maracuyá (%)	Chía (%)	Observado	Predicho	Residual	Desviación (%)
19.50	1.00	1.00	3.58	3.57	0.01	0.37
16.50	4.00	1.00	3.43	3.43	0.00	0.13
16.50	1.00	4.00	3.65	3.68	-0.03	0.75
18.00	2.50	1.00	3.50	3.50	-0.01	0.16
18.00	1.00	2.50	3.65	3.62	0.02	0.63
16.50	2.50	2.50	3.57	3.56	0.01	0.39
17.50	2.00	2.00	3.55	3.56	-0.01	0.41
18.50	1.50	1.50	3.51	3.56	-0.06	1.66
17.00	3.00	1.50	3.51	3.50	0.01	0.23
17.00	1.50	3.00	3.66	3.62	0.04	1.13
16.50	1.00	4.00	3.66	3.68	-0.02	0.48
16.50	2.50	2.50	3.58	3.56	0.02	0.67
19.50	1.00	1.00	3.58	3.57	0.01	0.37
16.50	4.00	1.00	3.43	3.43	-0.01	0.28

El modelo lineal fue usado para generar la superficie de contornos (Figura 7) en el pH de bebida de frutas. Donde se observa que al aumentar la

concentración de maracuyá de 1 a 4% en la mezcla, el pH disminuyó de aproximadamente 3.64 a 3.47; al aumentar la concentración de chíá de 1 a 4% en la mezcla el pH aumentó de aproximadamente 3.52 a 3.64, con respecto a la granadilla al aumentar la concentración en la mezcla de 16.5 a 19.5% los valores de pH se mantuvieron aproximadamente en 3.56.

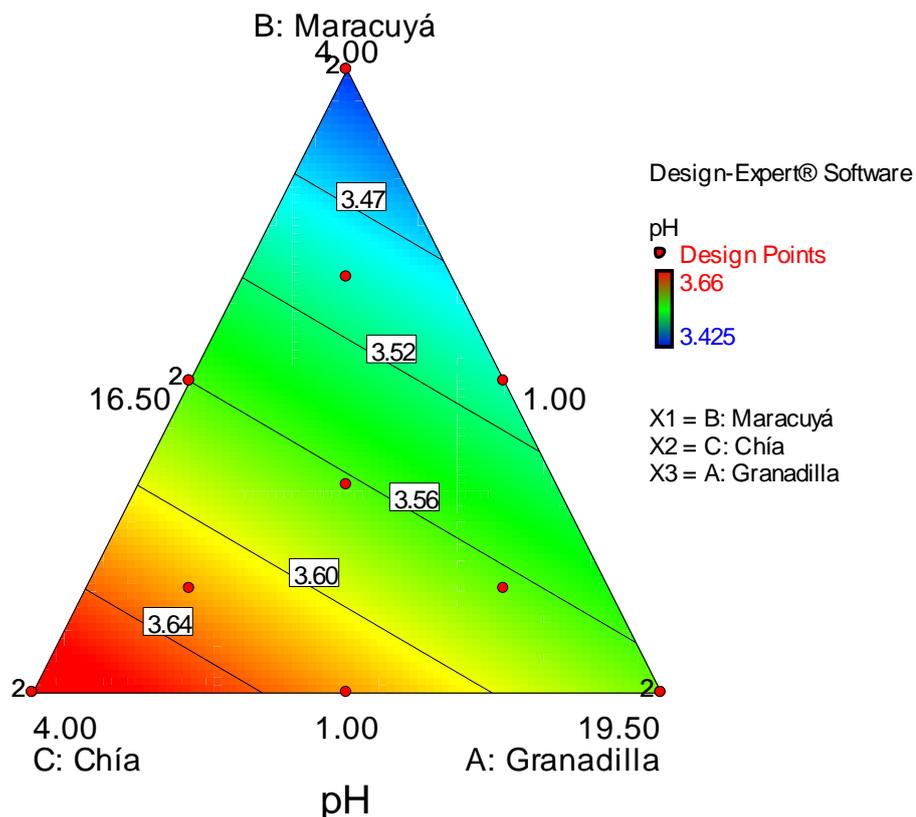


Figura 7. Superficie de contornos para pH en bebida de frutas

Mantilla (2014) evaluó el efecto de la proporción de quinua (*Chenopodium quinua*) y jugo de maracuyá (*Passiflora edulis*) en el pH de una bebida nutritiva, para lo cual empleó la metodología de superficie de respuesta con diseño central compuesto rotacional (DCCR); donde observó que a medida que aumentó la concentración de maracuyá en la mezcla de 8.22 a 23.78% los valores de pH disminuyeron de 3.28 a 2.98; y a medida que aumentó la concentración de quinua en la mezcla de 0.50 a 1.38% los valores de pH aumentaron de 3.22 a 3.28.

Huezo (2008) observó en una bebida a base de maracuyá que al aumentar la concentración de semillas de chía (*Salvia hispánica* L.) de 0.0 a 1.5%, los valores de pH aumentaron de 3.22 a 3.26.

Según la Norma Técnica Peruana 203.110 para jugos, néctares y bebidas de fruta (Indecopi, 2009), el pH debe ser inferior a 4.5. Todos los tratamientos cumplen con la NTP al presentar valores de pH entre 3.43 a 3.66.

4.2. Efecto de la concentración de chía, zumo de maracuyá y de granadilla sobre la acidez titulable de una bebida de frutas

En el Cuadro 11, se presenta los valores de acidez titulable en bebida de frutas con la concentración de chía, de zumo de maracuyá y de granadilla. En el Anexo 4 se muestran los resultados de acidez titulable de una bebida de frutas.

Cuadro 11. Valores de acidez titulable en bebida de frutas

Tratamientos	Granadilla (%)	Maracuyá (%)	Chía (%)	Acidez titulable (ác. cítrico %)
T ₁	19.50	1.00	1.00	0.49
T ₂	16.50	4.00	1.00	0.51
T ₃	16.50	1.00	4.00	0.59
T ₄	18.00	2.50	1.00	0.51
T ₅	18.00	1.00	2.50	0.51
T ₆	16.50	2.50	2.50	0.55
T ₇	17.50	2.00	2.00	0.67
T ₈	18.50	1.50	1.50	0.68
T ₉	17.00	3.00	1.50	0.50
T ₁₀	17.00	1.50	3.00	0.47
*T ₁₁	16.50	1.00	4.00	0.41
*T ₁₂	16.50	2.50	2.50	0.53
*T ₁₃	19.50	1.00	1.00	0.59
*T ₁₄	16.50	4.00	1.00	0.71

*Réplicas dentro de diseño

En el Cuadro 11, se observa que el menor valor de acidez titulable (0.41%) fue para la réplica de la mezcla de granadilla al 16.50%, maracuyá al 1.00% y chía al 4.00%; y el mayor valor (0.71%) fue para la réplica de la mezcla de: granadilla al 16.50%, maracuyá al 4.00% y chía al 1.00%.

Según la Norma Técnica Peruana 203.110 para jugos, néctares y bebidas de fruta (Indecopi, 2009), la acidez titulable debe ser como mínimo 0.40% (ác. cítrico), por lo que las bebidas de frutas de esta investigación están dentro de lo recomendado.

Grández (2008) determinó en néctar de mango y maracuyá a proporciones en el rango de 1:1 a 1:5, valores de acidez titulable de 0.33 a 0.55%.

Cañizares y otros (2009) determinaron acidez titulable en néctares sobre la base de papaya, mango, maracuyá y lima, donde los valores se encontraron en el rango de 0.078 a 0.313% de ácido cítrico, siendo estos valores cercanos a los reportados en esta investigación.

Coto y Flores (2011) determinaron en bebidas de fresa y maracuyá sobre la base de lactosuero valores de acidez titulable de 0.13 a 0.30%, respectivamente.

En el Cuadro 12, se muestra el análisis de varianza para determinar el modelo adecuado para describir el efecto de la concentración de chía, de zumo de maracuyá y de granadilla sobre la acidez titulable de una bebida de frutas, donde, ningún modelo fue significativo ($p > 0.05$), además, los coeficientes de determinación R^2 y R^2 -ajustado fueron bajos, inferiores al 0.85 y 0.75, respectivamente, por lo que ningún modelo matemático fue válido para representar el comportamiento del fenómeno en estudio (Montgomery, 2011).

Cuadro 12. Análisis de varianza de modelos para acidez titulable en bebida de frutas

Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p	R ²	R ² -ajustado
Media	4.267	1	4.267				
Lineal	0.013	2	0.006	0.824	0.464	0.130	-0.028
Cuadrático	0.003	3	0.001	0.096	0.960	0.161	-0.364
Cúbico especial	0.011	1	0.011	1.082	0.333	0.273	-0.350
Residual	0.045	5	0.009				
Total	4.366	14	0.312				

4.3. Efecto de la concentración de chía, zumo de maracuyá y de granadilla sobre los sólidos solubles de una bebida de frutas

En el Cuadro 13, se presenta los valores de sólidos solubles en bebida de frutas con la concentración de chía, de zumo de maracuyá y de granadilla. En el Anexo 4 se muestran los resultados de sólidos solubles de una bebida de frutas.

En el Cuadro 13, se observa que el menor valor de sólidos solubles (12.00%) fue para las mezclas de: granadilla al 19.50%, maracuyá al 1.00% y chía al 1.00% y granadilla al 18.00%, maracuyá al 2.50% y chía al 1.00%; y el mayor valor (13.60%) fue para las réplicas de las mezclas de: granadilla al 16.50%, maracuyá al 1.00% y chía al 4.00% y granadilla al 19.50%, maracuyá al 1.00% y chía al 1.00%.

Según la Norma Técnica Peruana 203.110 para jugos, néctares y bebidas de frutas (INDECOPI, 2009), las concentraciones de sólidos solubles de las bebidas de fruta deben ser mayor al 10%, se puede observar que todos los tratamientos de esta investigación cumplen con lo recomendado por esta norma.

Cuadro 13. Valores de sólidos solubles en bebida de frutas

Tratamientos	Granadilla (%)	Maracuyá (%)	Chía (%)	Sólidos solubles (%)
T ₁	19.50	1.00	1.00	12.00
T ₂	16.50	4.00	1.00	12.80
T ₃	16.50	1.00	4.00	13.40
T ₄	18.00	2.50	1.00	12.00
T ₅	18.00	1.00	2.50	13.20
T ₆	16.50	2.50	2.50	12.80
T ₇	17.50	2.00	2.00	12.80
T ₈	18.50	1.50	1.50	13.00
T ₉	17.00	3.00	1.50	13.20
T ₁₀	17.00	1.50	3.00	12.80
*T ₁₁	16.50	1.00	4.00	13.60
*T ₁₂	16.50	2.50	2.50	13.00
*T ₁₃	19.50	1.00	1.00	13.60
*T ₁₄	16.50	4.00	1.00	13.00

*Réplicas dentro de diseño

Grández (2008) determinó en néctar de mango y maracuyá a proporciones en el rango de 1:1 a 1:5, valores de sólidos solubles de 10.63 a 16.28%.

En el Cuadro 14, se muestra el análisis de varianza para determinar el modelo adecuado para describir el comportamiento de la variable respuesta sólidos solubles en la bebida de frutas con la concentración de chía, de zumo de maracuyá y de granadilla, donde, ningún modelo fue significativo ($p > 0.05$), además, los coeficientes de determinación R^2 y R^2 -ajustado fueron bajos, inferiores al 0.85 y 0.75, respectivamente, por lo que ningún modelo matemático fue válido para representar el comportamiento del fenómeno en estudio (Montgomery, 2011).

Cuadro 14. Análisis de varianza de modelos para sólidos solubles en bebida de frutas

Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p	R ²	R ² -ajustado
Media	2345.246	1	2345.246				
Lineal	0.729	2	0.364	1.708	0.226	0.237	0.098
Cuadrático	0.404	3	0.135	0.554	0.660	0.368	-0.026
Cúbico especial	0.085	1	0.085	0.321	0.589	0.396	-0.122
Residual	1.398	5	0.280				
Total	2348.320	14	167.737				

4.4. Efecto de la concentración de chía, zumo de maracuyá y de granadilla sobre la sedimentación de una bebida de frutas

En el Cuadro 15, se presenta los valores de sedimentación en bebida de frutas con las concentraciones de chía, de zumo de maracuyá y de granadilla. En el Anexo 4, se muestran los resultados de sedimentación de la bebida de frutas.

Se observa que el menor valor de sedimentación (1.52 g) fue para la mezcla de: granadilla al 18.00%, maracuyá al 2.50% y chía al 1.00% (debido a menor contenido de chía en la formulación); y el mayor valor (1.85 g) fue para la mezcla de: granadilla al 16.50%, maracuyá al 1.00% y chía al 4.00% (debido a mayor contenido de chía en la formulación).

Castillo (2012), evaluó el efecto de la dilución de la pulpa (0.16 a 0.50) y concentración de carboximetilcelulosa sódica (0.01 a 0.07%) en la sedimentación de néctar de membrillo, donde los valores fueron de 0.123 a 0.387 g.

Cuadro 15. Valores de sedimentación en la bebida de frutas

Tratamientos	Granadilla (%)	Maracuyá (%)	Chía (%)	Sedimentación (g/mL)
T ₁	19.50	1.00	1.00	1.67
T ₂	16.50	4.00	1.00	1.68
T ₃	16.50	1.00	4.00	1.85
T ₄	18.00	2.50	1.00	1.52
T ₅	18.00	1.00	2.50	1.70
T ₆	16.50	2.50	2.50	1.57
T ₇	17.50	2.00	2.00	1.68
T ₈	18.50	1.50	1.50	1.70
T ₉	17.00	3.00	1.50	1.66
T ₁₀	17.00	1.50	3.00	1.67
*T ₁₁	16.50	1.00	4.00	1.65
*T ₁₂	16.50	2.50	2.50	1.65
*T ₁₃	19.50	1.00	1.00	1.68
*T ₁₄	16.50	4.00	1.00	1.59

*Réplicas dentro de diseño

En el Cuadro 16, se muestra el análisis de varianza para determinar el modelo adecuado para describir el efecto de la concentración de chía, de zumo de maracuyá y de granadilla sobre la sedimentación de una bebida de frutas, donde, ningún modelo fue significativo ($p > 0.05$), además, los coeficientes de determinación R^2 y R^2 -ajustado fueron bajos, inferiores al 0.85 y 0.75, respectivamente, por lo que ningún modelo matemático fue válido para representar el comportamiento del fenómeno en estudio (Montgomery, 2011).

Cuadro 16. Análisis de varianza de modelos para sedimentación en bebida de frutas

Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p	R ²	R ² -ajustado
Media	38.725	1	38.725				
Lineal	0.021	2	0.010	2.162	0.162	0.282	0.152
Cuadrático	0.013	3	0.004	0.836	0.511	0.453	0.112
Cúbico especial	0.009	1	0.009	1.995	0.201	0.575	0.210
Residual	0.027	5	0.005				
Total	38.799	14	2.771				

4.5. Efecto de la concentración de chía, zumo de maracuyá y de granadilla sobre la aceptabilidad general de una bebida de frutas

En el Cuadro 17, se presenta la aceptabilidad general en bebida de frutas con la concentración de chía, de zumo de maracuyá y de granadilla. En el Anexo 5 se muestran los resultados de aceptabilidad general de una bebida de frutas.

Se observa que el menor valor de aceptabilidad general (6.53) fue para la mezcla de: granadilla al 16.50%, maracuyá al 2.50% y chía al 2.50% y la réplica de la mezcla de: granadilla al 16.50%, maracuyá al 4.00% y chía al 1.00%; y el mayor valor (7.60) fue para la réplica de la mezcla de: granadilla al 19.50%, maracuyá al 1.00% y chía al 1.00% (los panelistas indicaron que las bebidas eran más agradables cuando tenían mayor sabor a granadilla).

Cuadro 17. Aceptabilidad general en bebida de frutas

Tratamientos	Granadilla (%)	Maracuyá (%)	Chía (%)	Aceptabilidad general
T ₁	19.50	1.00	1.00	7.27
T ₂	16.50	4.00	1.00	6.70
T ₃	16.50	1.00	4.00	6.57
T ₄	18.00	2.50	1.00	6.47
T ₅	18.00	1.00	2.50	6.93
T ₆	16.50	2.50	2.50	6.53
T ₇	17.50	2.00	2.00	7.43
T ₈	18.50	1.50	1.50	7.50
T ₉	17.00	3.00	1.50	7.17
T ₁₀	17.00	1.50	3.00	6.93
*T ₁₁	16.50	1.00	4.00	6.83
*T ₁₂	16.50	2.50	2.50	6.77
*T ₁₃	19.50	1.00	1.00	7.60
*T ₁₄	16.50	4.00	1.00	6.53

*Réplicas dentro de diseño

En el Cuadro 18, se muestra el análisis de varianza para determinar el modelo adecuado para describir el comportamiento de la variable respuesta aceptabilidad general en bebida de frutas con la concentración de chía, de zumo de maracuyá y de granadilla, donde, el modelo cúbico especial fue significativo ($p < 0.05$), además, los coeficientes de determinación R^2 (0.876) y R^2 -ajustado (0.770) fueron altos, superiores al 0.85 y 0.75, respectivamente, por lo que este modelo matemático fue válido para representar el comportamiento del fenómeno en estudio (Montgomery, 2011).

Cuadro 18. Análisis de varianza de modelos para aceptabilidad general en bebida de frutas

Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p	R ²	R ² -ajustado
Media	675.309	1	675.309				
Lineal	0.969	2	0.484	5.464	0.023	0.498	0.407
Cuadrático	0.118	3	0.039	0.369	0.778	0.559	0.284
Cúbico especial	0.615	1	0.615	17.863	0.004	0.876	0.770
Residual	0.149	5	0.030				
Total	677.252	14	48.375				

En el Cuadro 19, se presenta los coeficientes de la regresión del modelo cúbico especial aplicado a la aceptabilidad general de una bebida de frutas con la concentración de chía, de zumo de maracuyá y de granadilla, donde existió significancia ($p < 0.05$) de todos los coeficientes de la regresión.

Cuadro 19. Coeficientes de la regresión del modelo cúbico especial aplicado a la aceptabilidad general de una bebida de frutas

Componente	Coefficiente estimado	Error estándar	t(11)	p
A-Granadilla	0.643	0.074	8.726	0.000
B-Maracuyá	17.357	4.115	4.218	0.004
C-Chía	14.903	4.115	3.622	0.008
AB	-1.100	0.262	-4.200	0.004
AC	-0.951	0.262	-3.630	0.008
BC	-14.578	3.470	-4.201	0.004
ABC	0.883	0.209	4.226	0.004

Se puede observar los coeficientes estimados de las mezclas puras, binarias y terciarias (Cuadro 19) en la aceptabilidad general de una bebida de frutas. Individualmente, el efecto de la concentración de maracuyá fue mayor (17.357), seguido de granadilla (14.903) y en menor cuantía la concentración de granadilla (0.643); para las combinaciones binarias el efecto que destaca entre ellos fue la interacción maracuyá-chía (14.578 en valor absoluto), adicionalmente en la combinación terciaria el efecto fue menor (0.883).

Modelado matemáticamente, la regresión del modelo cúbico especial para la variable respuesta aceptabilidad general fue la siguiente:

$$\text{Aceptabilidad general} = 0.643 \cdot \text{Granadilla} + 17.357 \cdot \text{Maracuyá} + 14.903 \cdot \text{Chía} - 1.100 \cdot \text{Granadilla} \cdot \text{Maracuyá} - 0.951 \cdot \text{Granadilla} \cdot \text{Chía} - 14.578 \cdot \text{Maracuyá} \cdot \text{Chía} + 0.883 \cdot \text{Granadilla} \cdot \text{Maracuyá} \cdot \text{Chía} \quad (\text{Ec.2})$$

En el Cuadro 20 se muestran los valores observados y predichos para la aceptabilidad general en bebida de frutas, donde los valores observados son aquellos obtenidos experimentalmente; mientras, que los valores predichos fueron calculados aplicando la ecuación matemática correspondiente al modelo cúbico especial, además, se observa que la desviación entre los valores observados y predichos fueron menores al 10%, según Gutiérrez y de la Vara (2009) valores de desviación inferiores al 10% son considerados como excelentes, ya que la desviación entre los observados y predichos es pequeña y garantiza una buena predicción del modelo matemático para el fenómeno en estudio.

Cuadro 20. Valores observados y predichos de aceptabilidad general en bebida de frutas

Componentes			Aceptabilidad general			
Granadilla (%)	Maracuyá (%)	Chía (%)	Observado	Predicho	Residual	Desviación (%)
19.50	1.00	1.00	7.27	7.45	-0.19	2.59
16.50	4.00	1.00	6.70	6.64	0.06	0.86
16.50	1.00	4.00	6.57	6.67	-0.10	1.52
18.00	2.50	1.00	6.47	6.56	-0.09	1.46
18.00	1.00	2.50	6.93	6.91	0.02	0.35
16.50	2.50	2.50	6.53	6.64	-0.11	1.67
17.50	2.00	2.00	7.43	7.51	-0.08	1.10
18.50	1.50	1.50	7.50	7.34	0.16	2.08
17.00	3.00	1.50	7.17	6.98	0.18	2.54
17.00	1.50	3.00	6.93	7.11	-0.17	2.52
16.50	1.00	4.00	6.83	6.67	0.17	2.44
16.50	2.50	2.50	6.77	6.64	0.12	1.84
19.50	1.00	1.00	7.60	7.45	0.15	1.91
16.50	4.00	1.00	6.53	6.64	-0.11	1.67

El modelo cúbico especial fue usado para generar la superficie de contornos (Figura 8) en la aceptabilidad general de bebida de frutas. Donde en la superficie de contornos (Figura 8) se observa que al aumentar la concentración de maracuyá de 1 a 2% en la mezcla, la aceptabilidad general aumentó de aproximadamente 6.83 a 7.47, a mayor concentración de maracuyá hasta el 4% la aceptabilidad disminuyó aproximadamente a 6.65. Con respecto a la chía al aumentar la concentración de 1 a 2% en la mezcla la aceptabilidad aumentó de aproximadamente 6.65 a 7.47, para luego a mayor concentración de este componente (hasta 4%) disminuir a aproximadamente 6.65. Para la concentración de granadilla al aumentar de 16.5 a 17.5% los valores de aceptabilidad pasaron de aproximadamente 6.65 a 7.47, para posteriormente disminuir a puntuaciones de aceptabilidad de aproximadamente 7.36 a concentraciones de granadilla al 19.5%.

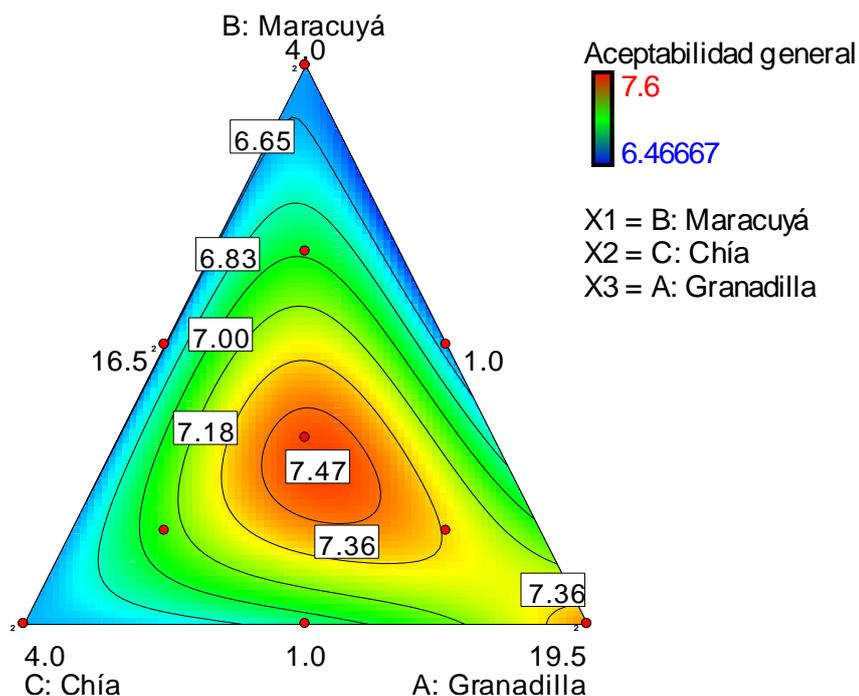


Figura 8. Superficie de contornos para aceptabilidad general en bebida de frutas

Mantilla (2014) evaluó el efecto de la proporción de quinua (*Chenopodium quinua*) y jugo de maracuyá (*Passiflora edulis*) en la aceptabilidad general de una bebida nutritiva, para lo cual empleó la metodología de superficie de respuesta con diseño central compuesto rotacional (DCCR); donde observó que a medida que aumentó la concentración de maracuyá en la mezcla de 8.22 a 23.78% los valores de aceptabilidad general disminuyeron de 7.21 a 5.9; y a medida que aumentó la concentración de quinua en la mezcla de 0.50 a 1.38% los valores de aceptabilidad general disminuyeron de 7.10 a 6.70.

Se trabajó con una técnica paramétrica (datos numéricos) los datos de procedencia cualitativa, con la finalidad de encontrar una combinación o mezcla de ingredientes que brinde mayor aceptación del producto, aun no siendo una técnica correcta para este tipo de datos (Gutiérrez y de la Vara, 2008).

4.6. Optimización de la concentración de chía, zumo de maracuyá y de granadilla en una bebida de frutas

En la Figura 9, se presenta la superposición de superficies de contornos para la optimización del pH y la aceptabilidad general (resultaron ser significativas y descritas por el modelo lineal y cúbico especial, respectivamente) en bebida de frutas con la concentración de chía, de zumo de maracuyá y de granadilla. Donde la optimización de la aceptabilidad general consistió en maximizar las calificaciones (siendo esta la variable consideración) y que el pH este dentro de un valor objetivo o target.

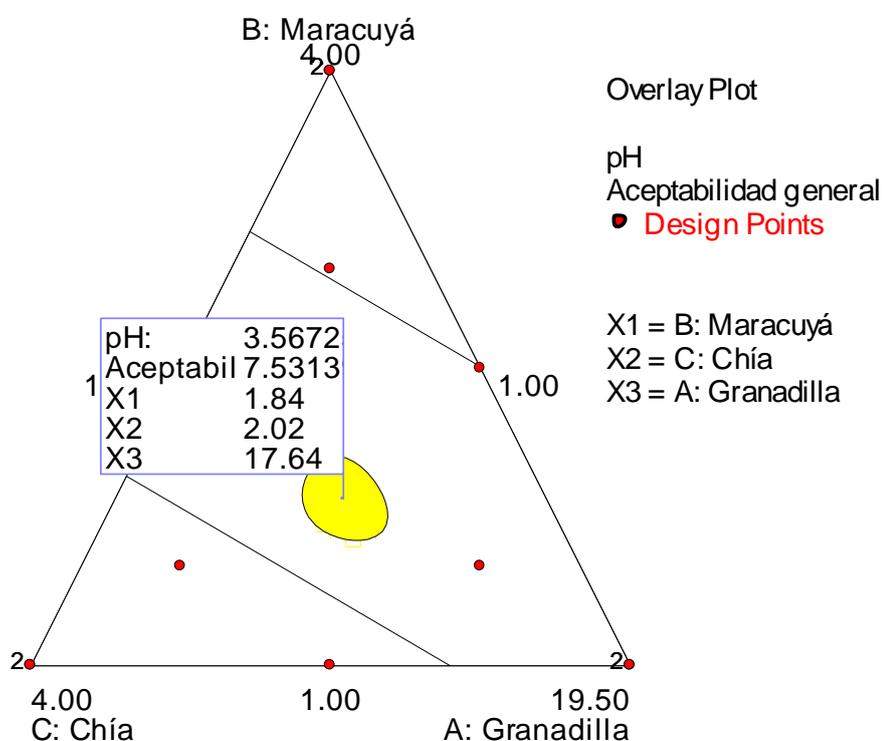


Figura 9. Superposición de superficies de contornos para la optimización del pH y la aceptabilidad general en bebida de frutas

La combinación óptima predicha (Figura 10) para tener mayor aceptabilidad general de 7.53 (valor aproximado a 8 = calificación de “Me agrada mucho”) y pH de 3.57, se obtuvo con la mezcla de chía al 2.02%, de zumo de maracuyá al 1.84% y de granadilla de 17.64%.

4.7. Validación

En el Cuadro 21, se presenta los resultados de la validación para pH y la aceptabilidad general en bebida de frutas, donde los valores de la desviación (1.40 y 4.84%, respectivamente) fueron inferiores al 10%, según Gutiérrez y de la Vara (2009) valores de desviación inferiores al 10% son considerados como excelentes, ya que la desviación entre los observados y predichos es pequeña y garantiza una buena predicción del modelo matemático para el fenómeno en estudio.

Cuadro 21. Validación para pH y la aceptabilidad general en bebida de frutas

Respuesta	Predicción	Observado	Desviación (%)	Validación
pH	3.57	3.52	1.401	Excelente
Aceptabilidad general	7.531	7.167	4.843	Excelente

Des<10%: excelente, 10%<Des<20%: aceptable, 20%<Des<30%: marginalmente aceptable, Des>30%: Inaceptable

V. CONCLUSIONES

Existió efecto significativo de la concentración de chía, de zumo de maracuyá y de granadilla sobre el pH y aceptabilidad general en una bebida de frutas, caso contrario ocurrió para las variables acidez titulable, sólidos solubles y sedimentación.

La concentración de chía al 2.0%, de zumo de maracuyá al 1.8% y de granadilla de 17.6%, permitió obtener el mejor valor de pH (3.57) y la mayor aceptabilidad general de 7.53 (valor aproximado a 8 = calificación de "Me agrada mucho") en la bebida de frutas.

VI. RECOMENDACIONES

Determinar el tiempo de vida útil en la bebida de frutas con la base de chía, de zumo de maracuyá y de granadilla.

Ampliar el diseño de mezclas a un reticular simplex grado 3 (mayor cantidad de unidades experimentales, con 3 combinaciones adicionales, a comparación del diseño simplex grado 2, utilizado en esta investigación).

Elaborar una bebida de frutas con la base de chía, y otras opciones de frutas, tales como arándano, aguaymanto, uva, entre otros.

VII. BIBLIOGRAFIA

Agencia Peruana de Noticias. 2014. Exportación de maracuyá peruano registra récord en primer cuatrimestre del año. Lima, Perú. En <http://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/exportacion-de-maracuya-peruano-registra-record-en-primer-cuatrimestre-del-ano>

Agrodataperu, 2018. Maracuyá Jugo Perú Exportación 2018 mayo. Lima, Perú. Recuperado de: <https://www.agrodataperu.com/2018/06/maracuya-jugo-peru-exportacion-2018-mayo.html>.

Agrodataperu, 2018. Semilla chía, jojoba, castaña: Perú exportación 2018 agosto. Lima, Perú. Recuperado de: <https://www.agrodataperu.com/2018/09/semilla-chia-jojoba-castana-peru-exportacion-2018-agosto.html>.

Alvarado, D. 2011. Caracterización de la semilla de chía (*Salvia hispánica* L.) y diseño de un producto funcional que la contiene como ingrediente. Revista de la Universidad Del Valle de Guatemala, 23:43– 49.

Anzaldúa-Morales, A. 2005. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia. 2da edición. Zaragoza.

Ayerza, R. y Coates, W. 2004. Semillas de chía, nueva fuente natural de ácidos grasos omega-3, antioxidantes y fibra dietética. Southwest Center for Natural Products Research & Commercialization, Office of Arid Lands Studies, The University of Arizona. Recuperado de:
<http://eatchia.crosswinds.net/chiasourcesp.htm>.

Ayerza, R. y Coates, W. 2005. Influence of chia on total fat, cholesterol, and fatty acid profile of Holstein cow's milk. Association for the Advancement of Industrial Crops Meeting. Saskatoon, Saskatchewan, Canada.

Ayerza, R. y Coates, W. 2006. Chía, redescubriendo un olvidado alimento de los aztecas (1 ed.). Buenos Aires. Mencionado por Jaramillo, Y. 2013. La chía (*Salvia hispánica* L.), una fuente de nutrientes para el desarrollo de alimentos saludables. Tesis para optar el Título Profesional de Especialista en Alimentación y Nutrición. Corporación Universitaria Lasallista. Antioquia, Colombia.

Bas, D. y Boyaci, H. 2007. Modelling and optimization II: Comparison of estimation capabilities of response surface methodology with artificial neural networks in a biochemical reaction. *Journal of Food Engineering*, 78, 846-854. Recuperado de: <http://scialert.net/fulltext/?doi=ja.2011.99.104&org=11>.

Beyer, A. 2018. Adopción del emparrado en *Passiflora ligularis* (Juss.) y su contribución al desarrollo local de Oxapampa, Perú. Tesis para obtener el Grado de Maestro en Innovación Agraria. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Recuperado de:

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3314/beyer-arteaga-alfredo-alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Cañizares, A., Bonafine, O., Laverde, D., Rodríguez, R. y Méndez, J. 2009. Caracterización química y organoléptica de néctares a base de frutas de lechosa, mango, parchita y lima. *UDO Agrícola* 9(1): 74-79.

Catay, C. 2015. Semilla de chía (*Salvia hispánica* L.) en el control de diabetes mellitus inducida por aloxano en ratas albinas. Tesis para optar el Título Profesional de Médico veterinario. Universidad Hermilio Valdizán. Huánuco, Perú.

Castillo, W. 2012. Efecto de la dilución y concentración de carboximetilcelulosa sódica en la estabilidad y aceptación general de néctar de membrillo (*Cydonia oblonga* L.). Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.

Castro, J., Paredes, C. y Muñoz, D. 2010. Cultivo de maracuyá. Gerencia Regional Agraria La Libertad. Trujillo, Perú.

Cayas, J., Zevallos, K., Rosales, D. y Sánchez, A, 2014. Obtención de una bebida funcional a partir de la semilla de chía y llantén. Universidad Nacional Hermilio Valdizan. *Revista Investigación Agroindustrial*, 1(1). Huánuco, Perú.

Chávez, C. 2014. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento a 6 °C sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Cesar Vallejo. Trujillo, Perú.

Codex Alimentarius Stan 247. 2005. Norma general del Codex para zumos (jugos) y néctares de frutas. Pág. 21.

Coto, L. y Flores, M. 2011. Propuesta de preformulación de una bebida a base de lactosuero y frutos naturales (fresa y maracuyá). Tesis para obtener el Grado de Licenciatura en Química y Farmacia. Universidad de El Salvador. El Salvador.

Di Sapio, O., Bueno, M., Busilacchi, H. y Severín, C. 2014. Chía importante antioxidante vegetal. Revista: Agromensajes, 1(1):12-16. Argentina.

Diario Gestión. 2015. Producción de jugos y refrescos diversos. Lima, Perú. Recuperado de: <http://gestion.pe/economia/produccion-jugos-y-refrescos-diversos-crecera-83-al-cierre-2014-segun-maximixe-2102726#comentarios>.

Gil, H. 2010. Tratado de nutrición: composición y calidad nutritiva de los alimentos, volumen 2. Editorial Médica Panamericana.

Gómez, F. 2011. Evaluación por el método de superficie de respuesta del efecto de la proporción papaya/maracuyá y porcentaje de pectina en consistencia y aceptabilidad general de la mermelada obtenida a partir de papaya (*Carica papaya*) y maracuyá (*Passiflora edulis*). Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.

Gordillo, C., Guerrero, N., Izáziga, N., Brenda, L., Lázaro, M. y Rojas, J. 2012. Efecto de la proporción de naranja (*Citrus sinensis*), papaya (*Carica papaya*) y piña (*Ananas comosus*) en la aceptabilidad sensorial de un néctar mixto. Revista Agroindustrial Science 2(1). Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.

Guiotto, E. 2013. Moisture-dependent engineering properties of chia (*Salvia hispánica* L.) seeds. Food Industry Intech, 381-397. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas vol. 8 núm. 7 Setiembre-noviembre 2017. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México, México.

Guiotto, E. 2014. Aplicación de subproductos de chía (*Salvia hispánica* L.) y girasol (*Helianthus annuus* L.) en alimentos. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de la Plata. La Plata, Argentina.

Gutiérrez, H. y de la Vara, R. 2008. Diseño de experimentos. Segunda Edición. Editorial Mc Graw Hill Educación. México, D.F.

Gutiérrez, H. y de la Vara, R. 2009. Control estadístico de la calidad y seis sigma. Segunda Edición. Editorial Mc Graw Hill Educación. México, D.F.

Grández, G. 2008. Evaluación sensorial y físico-química de néctares mixtos de frutas a diferentes proporciones. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura. Piura, Perú.

Herrera, M. 2011. Guía técnica del curso taller "Post cosecha de granadilla". Agrobanco y Universidad Nacional Agraria La Molina. Oxapampa, Perú.

Huezo, A. 2008. Evaluación física y sensorial de un prototipo de bebida de maracuyá con semillas de chía (*Salvia hispánica* L.) y análisis químico de la semilla de chía. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria. Universidad de Zamorano. Zamorano, Honduras.

Huarachi, F. y Loza, M. 2016. Determinación de los parámetros tecnológicos para la obtención de néctar concentrado de mango (*Mangifera indica* L.), con adición de chía (*Salvia hispánica* L.) diseño y construcción de 02 marmitas volcables semi - automatizadas, de acero inoxidable, para pasteurización de néctares. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú.

Indecopi. 2009. Norma Técnica Peruana 203.110: jugos, néctares y bebidas de fruta. Lima, Perú.

Lin K Y, Daniel J R, Whistler R L. 1994. Structure of chia seed polysaccharide exudate. Carbohydrate Polymers, 23(1): 13–18. Mencionado por Guiotto, E. 2014.

López, E. 2010. Optimización de la aceptación general y el costo del néctar mixto de maracuyá (*Passiflora edulis*), zumo de pepino dulce (*Solanum muricatum*) agua y sacarosa utilizando la metodología de superficie respuesta y la programación

lineal. Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.

Mantilla, F. 2014. Efecto de la proporción de (*Chenopodium quinoa*) quinua y jugo de (*Passiflora edulis*) maracuyá en las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de una bebida nutritiva. Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Cesar Vallejo. Trujillo, Perú.

Melina, D. 2016. Desarrollo de Nuggets de Bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*) bajos en calorías y con la adición de chía (*Salvia hispánica*) como antioxidante. Tesis de grado. Universidad Nacional de San Agustín. Facultad de Ciencias Biológicas. Arequipa, Perú.

Murga, J. 2011. Manejo agronómico de *Passiflora edulis* Var. Flavicarpa (maracuyá amarilla) en Virú - La Libertad. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.

Montgomery, D. 2011. Diseño y análisis de experimentos (2^{da} ed.). México. Limusa. Pág.: 427 – 485.

Navarro, C. 2016. Efecto de la mezcla de grasa, albedo de maracuyá (*Passiflora edulis*.) var. flavicarpa y aceite de girasol (*Helianthus annuus*) sobre la capacidad de retención de agua, color, textura y aceptabilidad general de hamburguesas de carne de vacuno (*Bos taurus*). Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

Nielsen, S. 2015. Medicina Milagrosa. El té verde. España. Editorial Sirio.

Ninaquispe, Z. y Revilla, P. 2010. Efecto de la proporción de papaya (*Carica papaya*) y carambola (*Averrhoa carambola*) y la dilución en el sabor y apariencia del néctar mixto utilizando el método de superficie de respuesta. Revista Agroindustrial Science. Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.

PeruRetail, 2017. Mercado de jugos y néctares es liderado por AJE en Perú. Recuperado de:

<https://www.peru-retail.com/mercado-jugos-y-nectares-liderado-por-aje-peru>.

Olarte, G. 2002. Procesamiento y conservación de frutas. Ed. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Revista Agroindustrial Science Vol. 1. Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.

Pieretti, P. 2010. Características de ensilabilidad de chíá (*Salvia hispánica* L.) durante el ciclo de crecimiento y patrón de fermentación en sus ensilajes afectados por los niveles de marchitez. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 44(1):33–36.

Reynoso-Cortés L B. 2002. Extracción, separación y caracterización reológica del mucilage de la semilla de chíá (*Salvia* spp.). Tesis de grado. Universidad Simón Bolívar (México). Citado por Guiotto, E.2014.

Rojas, M. 2013. Efecto de la dosis de irradiación UV-C, y tiempo de almacenamiento a 6 °C sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras en *Ananas comosus* var. Cayena lisa (piña), mínimamente procesada. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniera Agroindustrial. Universidad cesar Vallejo. Trujillo, Perú.

Rojas, C. 2014. Efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico en la actividad antioxidante y el contenido de ácido ascórbico en pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.). Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad cesar Vallejo. Trujillo, Perú.

Rojas, T. y Ricaldi, A. 2014. Evaluación del grado de aceptabilidad del néctar de fruta con diferentes porcentajes a partir de la granadilla (*Passiflora ligularis*) y aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). Tesis de grado. Universidad Nacional del Centro del Perú. Junín, Perú.

Tello, R. 2011. Desarrollo de la tecnología para una bebida alcohólica carbonatada a partir de granadilla (*Passiflora ligularis*) y maracuyá (*Passiflora edulis*), con aplicación de enzimas para obtener mayor extracción de mosto. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.

Tobalina, C., Alcoser, E., Tenemaza, B. y Soria, A. 2009. Proyecto de producción y comercialización de jugo de granadilla para los niños de 6 meses a 2 años de edad en el Cantón Guayaquil. Repositorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.

La chía, semilla milagrosa. Revista: Proexpansión. Lima, Perú. 07 de agosto del 2014, Recuperado de:

<http://proexpansion.com/pt/articles?tag=exportaciones+de+chia>.

Ureña, M., D'arrigo, M. y Girón, O. 1999. Evaluación sensorial de los alimentos. Editorial Agraria. 1ra Edición. Lima, Perú.

Zegarra, M. 2014. Efecto de la concentración de CMC, goma guar y goma xantana sobre las características reológicas y consistencia sensorial de una salsa de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniera en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Resultados de pH, acidez titulable, sólidos solubles y sedimentación de una bebida de frutas

Tratamientos	Repetición	pH	Acidez titulable (ác. cítrico %)	°Brix	Sedimentación (g)
1	1	3.58	0.19	11.98	1.68
	2	3.58	0.20	12.00	1.67
	3	3.58	0.18	12.05	1.66
	Promedio	3.58	0.19	12.00	1.67
2	1	3.42	0.22	12.81	1.67
	2	3.43	0.19	12.81	1.68
	3	3.44	0.21	12.79	1.69
	Promedio	3.43	0.21	12.80	1.68
3	1	3.66	0.30	13.41	1.84
	2	3.66	0.28	13.84	1.85
	3	3.64	0.28	12.95	1.86
	Promedio	3.65	0.29	13.40	1.85
4	1	3.50	0.22	12.00	1.53
	2	3.50	0.20	12.00	1.54
	3	3.50	0.21	12.00	1.50
	Promedio	3.50	0.21	12.00	1.52
5	1	3.63	0.21	13.25	1.70
	2	3.62	0.21	12.98	1.68
	3	3.69	0.21	13.38	1.73
	Promedio	3.65	0.21	13.20	1.70
6	1	3.60	0.25	12.80	1.67
	2	3.60	0.24	12.80	1.47
	3	3.52	0.26	12.80	1.57
	Promedio	3.57	0.25	12.80	1.57
7	1	3.55	0.35	12.80	1.65
	2	3.55	0.38	12.80	1.69
	3	3.55	0.37	12.80	1.70
	Promedio	3.55	0.37	12.80	1.68

Anexo 1. Resultados de pH, acidez titulable, sólidos solubles y sedimentación de una bebida de frutas (continuación)

Tratamientos	Repetición	pH	Acidez titulable (ác. cítrico %)	°Brix	Sedimentación (g)
8	1	3.51	0.39	13.00	1.79
	2	3.51	0.36	13.00	1.54
	3	3.51	0.38	13.00	1.78
	Promedio	3.51	0.38	13.00	1.70
9	1	3.49	0.20	13.20	1.66
	2	3.53	0.20	13.40	1.67
	3	3.51	0.20	13.00	1.66
	Promedio	3.51	0.20	13.20	1.66
10	1	3.66	0.17	12.85	1.67
	2	3.64	0.17	12.79	1.67
	3	3.68	0.18	12.76	1.67
	Promedio	3.66	0.17	12.80	1.67
11	1	3.66	0.10	13.60	1.65
	2	3.66	0.12	13.69	1.66
	3	3.66	0.10	13.50	1.64
	Promedio	3.66	0.11	13.60	1.65
12	1	3.57	0.23	13.00	1.65
	2	3.57	0.23	12.00	1.65
	3	3.59	0.23	14.00	1.65
	Promedio	3.58	0.23	13.00	1.65
13	1	3.58	0.28	13.59	1.68
	2	3.58	0.30	13.61	1.68
	3	3.58	0.29	13.60	1.69
	Promedio	3.58	0.29	13.60	1.68
14	1	3.43	0.41	13.00	1.59
	2	3.43	0.41	12.00	1.59
	3	3.43	0.40	14.00	1.59
	Promedio	3.43	0.41	13.00	1.59

Anexo 2. Resultados de aceptabilidad general de una bebida de frutas

Panelistas	Primer bloque							Segundo bloque						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
1	8	7	8	8	9	3	6	9	9	8	9	7	5	5
2	9	6	5	7	6	7	9	7	7	5	8	8	9	6
3	8	1	4	9	7	9	5	6	7	3	7	9	8	3
4	7	3	3	4	3	8	8	6	8	3	5	6	9	3
5	8	4	7	7	5	6	7	6	6	6	4	7	9	5
6	8	8	8	8	7	6	7	6	8	9	7	4	7	5
7	9	6	8	5	8	4	9	7	8	9	6	9	6	8
8	7	9	7	4	6	6	9	8	5	8	5	8	9	9
9	9	8	4	9	6	8	7	8	8	4	9	8	9	7
10	5	5	7	8	7	4	6	6	7	8	6	6	6	7
11	8	8	7	6	7	8	9	6	7	7	6	7	7	9
12	6	9	9	5	8	7	8	8	7	9	6	6	8	7
13	6	4	8	5	8	6	7	9	9	8	8	7	8	5
14	8	7	8	9	7	8	7	9	7	6	8	6	8	5
15	4	7	5	7	6	8	7	7	7	7	8	5	9	6
16	8	5	6	6	7	7	9	8	7	9	6	8	8	6
17	9	4	5	4	8	6	7	9	8	7	7	6	8	6
18	9	9	8	4	6	9	9	9	6	4	7	6	9	8
19	8	8	8	6	8	5	7	7	7	8	6	8	7	9
20	9	9	6	5	8	6	8	7	6	6	8	3	8	7
21	8	5	7	7	8	9	7	8	8	8	7	8	8	7
22	8	8	6	5	7	9	6	8	7	7	6	9	7	8
23	4	8	8	6	8	7	9	7	5	9	9	2	8	9
24	6	9	8	9	7	8	9	8	8	8	7	9	8	9
25	7	7	7	7	6	3	6	7	8	9	8	9	5	5
26	7	3	6	4	7	6	4	8	6	6	4	6	8	3
27	8	9	6	7	8	7	9	8	7	8	7	7	8	8
28	4	8	7	8	6	4	6	9	9	6	8	6	5	6
29	5	8	5	8	7	5	7	5	6	7	7	6	6	6
30	8	9	6	7	7	7	9	9	7	6	6	7	8	9
Promedio	7.27	6.70	6.57	6.47	6.93	6.53	7.43	7.50	7.17	6.93	6.83	6.77	7.60	6.53

Anexo 3: Tarjeta de evaluación para la prueba de aceptabilidad general de bebidas de frutas para el primer bloque de evaluadores

Prueba de aceptabilidad general

Nombre del producto: bebida de frutas

Instrucciones: pruebe de una en una las muestras de bebidas de frutas que se le han proporcionado y califique según la escala que se presenta, marcando con una (X) en el casillero correspondiente de acuerdo al nivel de agrado o desagrado que se le produzca.

ESCALA	MUESTRAS				
	721	987	389	485	164
Me agrada muchísimo					
Me agrada mucho					
Me agrada moderadamente					
Me agrada poco					
No me agrada ni me desagradada					
Me desagradada poco					
Me desagradada moderadamente					
Me desagradada mucho					
Me desagradada muchísimo					

Comentario: _____

Gracias 

Anexo 4: Tarjeta de evaluación para la prueba de aceptabilidad general de bebidas de frutas para el segundo bloque de evaluadores

Prueba de aceptabilidad general

Nombre del producto: bebida de frutas

Instrucciones: pruebe de una en una las muestras de bebidas de frutas que se le han proporcionado y califique según la escala que se presenta, marcando con una (X) en el casillero correspondiente de acuerdo al nivel de agrado o desagrado que se le produzca.

ESCALA	MUESTRAS				
	523	804	617	976	456
Me agrada muchísimo					
Me agrada mucho					
Me agrada moderadamente					
Me agrada poco					
No me agrada ni me desagrada					
Me desagrada poco					
Me desagrada moderadamente					
Me desagrada mucho					
Me desagrada muchísimo					

Comentario: _____

Gracias 

Anexo 5: Tarjeta de evaluación para la prueba de aceptabilidad general de bebidas de frutas para el tercer bloque de evaluadores

Prueba de aceptabilidad general

Nombre del producto: bebida de frutas

Instrucciones: pruebe de una en una las muestras de bebidas de frutas que se le han proporcionado y califique según la escala que se presenta, marcando con una (X) en el casillero correspondiente de acuerdo al nivel de agrado o desagrado que se le produzca.

ESCALA	MUESTRAS			
	208	157	928	489
Me agrada muchísimo				
Me agrada mucho				
Me agrada moderadamente				
Me agrada poco				
No me agrada ni me desagrada				
Me desagrada poco				
Me desagrada moderadamente				
Me desagrada mucho				
Me desagrada muchísimo				

Comentario: _____

Gracias ... 