Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Escuela Profesional de Ciencia de los Alimentos

Desarrollo de una bebida funcional a base de arándano (*Vaccinium corymbosum*), pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) e infusión de cáscara de piña (*Ananas comosus* L. Merr)

TESIS

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

AUTOR

Michael Andres BRACAMONTE ROMERO

ASESORES

Antonio Jose OBREGÓN LA ROSA
Gladys Constanza ARIAS ARROYO (Coasesor)

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Bracamonte M. Desarrollo de una bebida funcional a base de arándano (Vaccinium corymbosum), pitahaya roja (Hylocereus undatus) e infusión de cáscara de piña (Ananas comosus L. Merr) [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Ciencia de los Alimentos; 2023.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Michael Andres Bracamonte Romero
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	70281329
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-2664-1482
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Antonio Jose Obregón La Rosa
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08685618
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-1385-7682
Datos de coasesor	
Nombres y apellidos	Gladys Constanza Arias Arroyo
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06518454
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8674-4147
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Roberto Jhalver Vega Paulino
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	40556214
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Javier Saúl Córdova Ramos
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	43479904
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Nelson Bautista Cruz
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	10260086
Datos de investigación	
Línea de investigación	Alimentos funcionales y nutraceúticos

Grupo de investigación	Innovación, desarrollo y evaluación de productos funcionales (IDEPF)
Agencia de financiamiento	Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Vicerrectorado Académico de Investigación (VRI) Programa de Promoción de Tesis. A19040944
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Facultad de Farmacia y Bioquímica País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Calle: Jr. Puno N°1002 Latitud: -12.05572 Longitud: -77.02324
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2020 - 2023
URL de disciplinas OCDE	Alimentos y bebidas https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.11.01 Ingeniería de procesos https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.04.02

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Decanato

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del Jurado Examinador y Calificador de la Tesis titulada:

Desarrollo de una bebida funcional a base de Arándano (*Vaccinium corymbosum*), Pitahaya Roja (*Hylocereus undatus*) e infusión de cáscara de Piña (*Ananas comosus* L. Merr)

Que presenta el Bachiller en Ciencia y Tecnología de los Alimentos:

MICHAEL ANDRES BRACAMONTE ROMERO

Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado Evaluador, y practicada la votación han obtenido la siguiente calificación:

18 (DIECIOCHO) – APROBADO CON MENCIÓN HONROSA

en conformidad con el Art. 34.° del Reglamento para la obtención del Título Profesional de Licenciado (a) en Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Lima, 03 de agosto de 2023.

Dr. Roberto Jhalver Vega Paulino
Presidente

PHD. Javier Saúl Córdova Ramos
Miembro

MSc. Nelson Bautista Cruz
Miembro

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América

Vicerrectorado de Investigación y Posgrado
Dirección General de Biblioteca y Publicaciones

Dirección del Sistema de Bibliotecas y Biblioteca Central

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Dr. Antonio Obregón La Rosa en mi condición de asesor acreditado con la Resolución Decanal N° 00484-FFB-D-2019 de la tesis, cuyo título es: Desarrollo de una bebida funcional a base de Arándano (*Vaccinium corymbosum*), Pitahaya Roja (*Hylocereus undatus*) e infusión de cáscara de Piña (*Ananas comosus* L. Merr), presentado por el bachiller, Michael Andres Bracamonte Romero para optar el título profesional de Licenciado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos.

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 5 % de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado/ título/ especialidad correspondiente.



Firma del Asesor _____

DNI: 08685618

Nombres y Apellidos del Asesor: Antonio Obregón La Rosa

__25_____/___07_____/ ___23____
Fecha

DEDICATORIA

A mis padres, abuelos, familia

y a Eliza por su amor

incondicional, compresión

y apoyo en todo momento.

AGRADECIMIENTO

- A mis asesores el Dr. Antonio Obregón La Rosa y la Dra. Gladys Arias Arroyo, compartir sus conocimientos y aportes en el presente trabajo.
- A mis compañeros, amigos y docentes de la facultad de Farmacia y Bioquímica, por su apoyo y amistad.
- A todos los que fueron parte para la elaboración del presente trabajo.
- A los miembros del jurado por su ayuda en la mejora del presente trabajo.
- Al Vicerrectorado Académico de Investigación (VRI) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por el financiamiento para el desarrollo de este trabajo, con el apoyo del Fondo de trabajo de tesis de pregrado (Código: A19040944).

ÍNDICE GENERAL

i

ii

iii

v

vi

ABREVIATURASvii

viii

ABSTRACTx

I. INTRODUCCIÓN1

1.1 Planteamiento del problema1

1.2 Objetivos3

II. REVISIÓN DE LITERATURA4

2.1 Antecedentes4

2.2 Marco teórico5

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES24

3.1 Hipótesis general24

3.2 Variables24

IV. MATERIALES Y MÉTODOS25

4.1 Área de estudio25

4.2 Diseño de Investigación25

4.3 Población y muestra25

4.4 Métodos de análisis26

4.5 Esquema experimental35

4.6 Diseño experimental44

4.7 Procesamiento y análisis de datos (procesamiento estadístico)44

V. RESULTADOS45

5.1 Evaluación de las materias primas45

5.2 Formulación47

5.3 Evaluación de las formulaciones48

5.4 Optimización y confirmación de la formulación óptima57

5.5 Evaluación de la formulación óptima60

VI. DISCUSIÓN61

6.1 Evaluación de materias primas61

6.2 Formulación y evaluación de las formulaciones67

6.3 Optimización y confirmación de la formulación óptima67

6.4 Evaluación de la formulación óptima69

VII. CONCLUSIONES72

VIII. RECOMENDACIONES74

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS75

X. ANEXOS:95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de algunas bebidas energéticas presentes en el mercado peruano, información obtenida de etiquetas, Julio 2023.9
Tabla 2. Escala hedónica de 7 puntos20
Tabla 3. Restricciones en componentes de las formulaciones37
Tabla 4. Componentes minoritarios de las formulaciones38
Tabla 5. Resultados del peso y dimensiones de las materias primas45
Tabla 6. Rendimientos de pulpa y cáscara las materias primas45
Tabla 7. Rendimiento de los zumos45
Tabla 8. Resultados de la evaluación químico-bromatológica de las materias primas46
Tabla 9. Contenido en mg de betalaínas en pitahaya roja47
Tabla 10. Antocianinas de arándano47
Tabla 11. Capacidad antioxidante de materias prima (DPPH)47
Tabla 12. Componentes de las formulaciones48
Tabla 13. Puntuaciones sensoriales de las formulaciones48
Tabla 14. Capacidad antioxidante de las formulaciones57
Tabla 15. Formulaciones óptimas de bebida funcional59
Tabla 16. Confirmación de la formulación óptima59
Tabla 17. Rangos de validación de variables respuesta de formulación óptima60
Tabla 18. Evaluación químico-bromatológica y compuestos funcionales de la formulación óptima.60
Tabla 19. Verificación de homogeneidad mediante la prueba de Levene para color, olor, sabor, consistencia, satisfacción global y aceptación global.105
Tabla 20. Verificación de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk para color, olor, sabor, consistencia, satisfacción global y aceptación global.105
Tabla 21. Verificación de autocorrelación de errores mediante la prueba de Dubin-Watson para color, olor, sabor, consistencia, satisfacción global y aceptación global.106
Tabla 22. ANOVA de modelos de regresión para variables respuesta107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Categorías de las bebidas refrescantes.6
Figura 2. Volumen de ventas de bebidas energéticas a nivel mundial.10
Figura 3. Métodos de evaluación sensorial.19
Figura 4. Esquema experimental de la investigación.36
Figura 5. Formulaciones del diseño simplex con centroide aumentado.38
Figura 6. Flujo para la obtención de la bebida funcional.39
Figura 7. Diagrama radial de las puntuaciones sensorial de las formulaciones.49
Figura 8. Superficie de respuesta para el color en función a la infusión de piña, zumo de arándano y zumo de pitahaya51
Figura 9. Grafica de valores predichos vs calculados para color.52
Figura 10. Superficie de respuesta para el olor en función a la infusión de piña, zumo de arándano y zumo de pitahaya.53
Figura 11. Grafica de valores predichos vs calculados para el olor.54
Figura 12. Superficie de respuesta para la satisfacción global en función a la infusión de piña, zumo de arándano y zumo de pitahaya55
Figura 13. Grafica de valores predichos vs calculados para satisfacción global.56
Figura 14.Colecta de arándano 101
Figura 15. Colecta de pitahaya roja. 101
Figura 16. Flores de (Vaccinium corymbsum) cultivar arándano Biloxi 102
Figura 17. Frutos en diferentes estados de madurez de (Vaccinium corymbsum) cultivar arándano Biloxi. 102
Figura 18. Flor de Hylocereus undatus (Britton & Rose) pitahaya roja cultivar American beauty. 102
Figura 19. Frutos pintones de Hylocereus undatus (Britton & Rose) pitahaya roja cultivar American beauty. 102
Figura 20. Materias primas de bebidas. 103
Figura 21. Formulaciones 104
Figura 22. Análisis sensorial 104
Figura 23. Distribución normal respuesta color109
Figura 24. Distribución normal respuesta olor109
Figura 25. Distribución normal respuesta satisfacción general110

ABREVIATURAS

ORAC: captación de radicales oxigeno

ABTS: captación de radicales (Ácido 2,2'- azino-bis-(3-etiltiazolina-bencenosulfónico-6)

FRAP: actividad reductora de hierro férrico

DPPH: captación de radicales (1,1-difenil-2-picrilhidrazilo)

TE: Trolox equivalente

AA: acido ascórbico

EAG: equivalente de ácido gálico

MSR: metodología de superficie de respuesta

TCAC: tasa de desarrollo anual compuesto

FOB: puesto a bordo

R^2: coeficiente de determinación

R^2: ajustado: Coeficiente de determinación ajustado

DCA: diseño completamente al azar

ANOVA: análisis de varianza

nm: nanómetros

kcal: kilocaloría

°Brix: grados Brix

BET: betalaínas totales

BC: betacianinas

BX: betaxantinas

NTP: Norma Técnica Peruana

RESUMEN

El sector de las bebidas es altamente dinámico en la industria alimentaria, destacando las bebidas funcionales, estas no solo hidratan, sino que también proporcionan compuestos nutritivos y estimulantes. El objetivo de este estudio fue desarrollar una bebida funcional estimulante a base de arándano (*Vaccinium corymbosum*), pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) e infusión de cáscara de piña (*Ananas comosus* L. Merr) de buena aceptabilidad sensorial y capacidad antioxidante. Para la generación de las formulaciones se utilizó diseño de mezclas simplex centroide aumentado con los tres componentes principales; zumo de arándano, pitahaya e infusión de cáscara piña (10 a 80%), se evaluó su capacidad antioxidante mediante el método DPPH y el grado de satisfacción del color, olor, sabor, textura y satisfacción global mediante una escala hedónica de 7 punto en un panel consumidor conformado por 32 personas, los resultados obtenidos fueron ajustados a modelos matemáticos usando la metodología de superficie de respuesta (MSR), haciendo factible la obtención de la formulación óptima que maximiza los puntajes de las variables respuesta mediante la función deseabilidad, realizándose la confirmación de las respuestas y su evaluación física, químico – bromatológica, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante. Se realizó la evaluación física, químico – bromatológica, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de las materias primas (pitahaya roja, arándano y piña). La aplicación de diseño de mezclas generó 12 formulaciones, siendo significativo el modelo especial cuartico para describir las variables color, olor y satisfacción global. La formulación óptima estaba compuesta por 50,85% de infusión de cáscara de piña, 10% de zumo de arándano y 39,15% de zumo de pitahaya. El grado de satisfacción fue de "me gusta ligeramente". Esta presentó; 10,28 ± 0,06 (g%) de solidos totales, 83,72 ± 0,06 (g%) de humedad, 0,55 ± 0,15 (g%) de proteína total, 0,25 ± 0,02 (g%) de grasa, 0,26 ± 0,01 (g%) de cenizas, 0,42± 0,03 (g%) de fibra cruda, 9.22 ± 0.18 (g%) de carbohidratos totales. Asimismo, 41,29 ± 0,30 kcal/100 g de energía total, 4,16 ± 0,02 de pH, 8,22 ± 0,12 °Brix, 0,38 ± 0,10 g% de acidez (ácido cítrico), 200 ppm de cafeína, 2,94 ± 0,03 mg/100 g de betalaínas totales, 1,85 ± 0,02 mg/100 g de betacianinas, 1,09 ± 0,01 mg/100 g de betaxantinas, 11,48 ± 0,19 mg/100 g de antocianinas monoméricas totales y capacidad antioxidante de 8,37 ± 0,15 µmol TE/g (DPPH).

Palabras clave: bebidas funcionales, estimulantes, metodología de superficie de respuesta, atributos sensoriales, capacidad antioxidante.

ABSTRACT

The beverage sector is highly dynamic in the food industry, highlighting functional beverages, which not only hydrate, but also provide nutritional and stimulating compounds. The objective of this study was to develop a stimulant functional beverage based on blueberry (Vaccinium corymbosum), red pitahaya (Hylocereus undatus) and pineapple peel infusion (Ananas comosus L. Merr) with good sensory acceptability and antioxidant capacity. For the generation of the formulations, an augmented centroid simplex mixture design was used with the three main components; The antioxidant capacity was determined using the DPPH method and the degree of satisfaction of color, odor, flavor, texture and overall satisfaction was determined using a 7-point hedonic scale in a consumer panel of 32 people, the results obtained were adjusted to mathematical models using the response surface methodology (MSR), making it feasible to obtain the optimal formulation that maximizes the scores of the response variables by means of the desirability function, confirming the responses and their physical, chemical-bromatological, bioactive compounds and antioxidant capacity evaluation. The physical, chemical-bromatological, bioactive compounds and antioxidant capacity of the raw materials (red pitahaya, blueberry and pineapple) were evaluated. The application of mixture design generated 12 formulations, being significant the special quartic model to describe the variables color, odor and global satisfaction. The optimal formulation was composed of 50.85% pineapple peel infusion, 10% cranberry juice and 39.15% pitahaya juice. The degree of satisfaction was "slightly liked". It presented; 10.28 ± 0.06 (g%) total solids, 83.72 ± 0.06 (g%) moisture, 0.55 ± 0.15 (g%) total protein, 0.25 ± 0.02 (g%) fat, 0.26 ± 0.01 (g%) ash, 0.42± 0.03 (g%) crude fiber, 9.22 ± 0.18 (g%) total carbohydrates. Also, 41.29 ± 0.30 kcal/100 g total energy, 4.16 ± 0.02 pH, 8.22 ± 0.12 °Brix, 0.38 ± 0.10 g% acidity (citric acid), 200 ppm caffeine, 2.94 ± 0.03 mg/100 g total betalains, 1.85 ± 0.02 mg/100 g betacyanins, 1.09 ± 0.01 mg/100 g betaxanthins, 11.48 ± 0.19 mg/100 g total monomeric anthocyanins and antioxidant capacity of 8.37 ± 0.15 µmol TE/g (DPPH).

Key words: functional beverages, stimulants, response surface methodology, sensory attributes, antioxidant capacity.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

1.1.1 Enunciado del problema

En el mercado de bebidas funcionales, se destaca la categoría de las bebidas energéticas. Recientemente, la demanda de este tipo de bebidas cafeínadas ha aumentado en el mercado interno, lo que indica una creciente demanda en los próximos años [1,2].

En la actualidad, los consumidores han optado cada vez más por las bebidas funcionales en lugar de las bebidas gasificadas, que contienen altos niveles de azúcar y aditivos. Este cambio de preferencias motivado por el cuidado en la alimentación, ha impulsado el mercado de las bebidas funcionales, llevando a las empresas a buscar nuevas opciones para competir en este sector [3]. Se ha observado que algunas bebidas energéticas pueden considerarse como bebidas nutracéuticas debido a la inclusión de compuestos bioactivos, minerales, vitaminas y antioxidantes en su formulación. Estos componentes adicionales buscan ofrecer beneficios para la salud además de la hidratación. Como resultado, las bebidas energéticas han ganado popularidad entre los consumidores conscientes de su bienestar, ya que añaden un valor adicional a su elección de bebidas [4].

En el Perú, existen materias primas con alto contenido de antioxidantes y compuestos bioactivos ideales para crear bebidas funcionales energéticas. El arándano, una fruta destacada en la agroexportación peruana, se produce para consumo interno y exportación, generando un descarte que representa el 3% de la producción [5]. La pitahaya, otra fruta prometedora, cuenta con propiedades nutricionales y funcionales que la hacen atractiva en el mercado [6]. Por otro lado, la piña, es una de las frutas de clima cálido más cultivada y exportada mundialmente [7]. Su cáscara, que representa un porcentaje considerable de la fruta (37%), puede ser aprovechada [8]. Estas frutas ofrecen propiedades atractivas, para su transformación en productos con mayor vida útil y valor agregado [9].

El desarrollo de esta bebida funcional estimulante utilizando arándano (*Vaccinium corymbosum*), pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) e infusión de cáscara de piña (*Ananas comosus* L. Merr) representa una alternativa a las bebidas energéticas

tradicionales existentes en el mercado, además de aportar compuestos benéficos de estas materias primas.

1.1.2 Formulación del problema

¿Será factible desarrollar una bebida funcional estimulante a base de zumo de arándano (*Vaccinium corymbosum*), zumo de pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) e infusión de cáscara de piña (*Ananas comosus* L. Merr) que presente buena aceptabilidad sensoriales y capacidad antioxidante?

1.1.3 Justificación del problema

Esta investigación pretende describir la composición nutricional y funcional de los frutos del arándano, pitahaya roja y piña, y su uso en la elaboración de una bebida funcional estimulante que presente buena aceptabilidad sensoriales y capacidad antioxidante.

Se evidencia que en el Perú, no existe oferta de bebidas energéticas a base de frutas como el arándano, pitahaya e infusión de cascara de piña. Esta bebida será una alternativa saludable a las bebidas energéticas tradicionales, contribuyendo al consumo de antioxidantes y sustancias bioactivas importantes en salud pública, en un producto que cada vez tiene mayor popularidad.

De igual forma, el trabajo puede servir como base para agregar valor mediante la producción de bebidas energéticas utilizando arándanos, pitahayas rojas y residuos como cáscaras de piña, como principales materias primas. El uso de pitahaya roja y arándanos pretende fomentar su cultivo, consumo y puesta en valor. Estos son una opción para la agricultura en áreas de escasez de hídrica y otras condiciones geográficas limitantes. Del mismo modo, se busca aprovechar los subproductos industriales, como las cáscaras de piña, que de otra manera se descartarían.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar una bebida funcional a base de zumo arándano (*Vaccinium corymbosum*), zumo de pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) e infusión de cáscara de piña (*Ananas comosus* L. Merr) de buena aceptabilidad sensoriales y capacidad antioxidante.

1.2.2 Objeticos específicos

- Evaluar las características físicas, químico-bromatológicas, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de arándano (*Vaccinium corymbosum*), pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) y piña (*Ananas comosus* L. Merr).
- Formular y optimizar una bebida funcional a base de arándano, pitahaya roja, piña de buena aceptabilidad sensoriales y capacidad antioxidante.
- Realizar la evaluación químico-bromatológica, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de la formulación óptima.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes

Vega (2021) [10] , desarrolló una bebida funcional a base de guaraná (*Paullinia cupana*), coca (*Erytrhroxylum coca*) y arándanos (*Vaccinium corybosum)*. Se establecieron 3 formulaciones las cuales se evaluaron sensorialmente (escala de Likert), capacidad antioxidante (ORAC Y ABTS) y polifenoles totales (Folin – Ciocalteu). La mejor formulación presentó mayor aceptabilidad sensorial, capacidad antioxidante y polifenoles, estando conformada por una extracción de arándanos (1:4), 10% de azúcar, 2% de coca y 0,045% de guaraná. Presentando capacidad antioxidante de 2017,1 µmol TE/100 mL (ORAC), 2921,9 µmol TE/100 mL (ABTS) y polifenoles totales de 219,0 mg EAG/100 mL.

Nieto y Suarez (2020) [11], desarrollaron una bebida con propiedades energéticas, usando maracuyá, cristales de aloe vera, panela en solución acuosas al 5%, cafeína y ácido ascórbico. Se usó diseño de mezclas (simplex centroide) y se buscó maximizar la capacidad antioxidante (DPPH), polifenoles totales (Folin-Ciocalteu) y vitamina C (cromatografía). Se realizó la evaluación sensorial (escala hedónica de 9 puntos), evaluándose el sabor, textura en boca, color y aceptabilidad global. La formulación elegida presentó mayor aceptabilidad global, contenido de antioxidantes y vitamina C fue la conformada por: 35,3% solución acuosa de panela, 37,7% de zumo de maracuyá y 27% de cristales de aloe vera. Presentó 280 mg/L de cafeína, 419 ± 1 µg eq. AA/mL de capacidad antioxidante, 15,75 ± 0.03 µg/mL de vitamina C, 7,6 ± 2 mg EAG/mL de compuestos fenólicos.

Maryati *et al.* (2019) [12], optimizaron los parámetros de una bebida a base de las hojas de Katuk (*Sauropus androgynus*). Se maximizó la actividad antioxidante (DPPH y FRAP) variando los parámetros de fermentación como: porcentaje de cultivo de Kombucha, nivel de sacarosa y tiempo de fermentación, usando un diseño Box-Behnken y usando MSR para la optimizacion. Las condiciones óptimas fueron de 13,75% cultivo, 20% (p/v) de sacarosa y un tiempo de fermentación de 5,66 días. La capacidad antioxidante fue de 80,27% (DPPH), 217,78 mg de ácido ascórbico/mL (FRAP), 4,57 de pH, 1,31 mg EAG/mL de polifenoles totales y 20,78 mg/mL. de azúcares reductores

Gil y Deaza (2019) [13] , desarrollaron una bebida refrescante con capacidad antioxidante a base de café verde (*Coffea arábica*) y gualupa (*Passiflora edulis* Sims). Realizó 5 formulaciones a las cuales se les evaluó fisicoquímicamente, capacidad antioxidante (FRAP y DPPH) y evaluación sensorial. La formulación elegida presentó mayor aceptación sensorial, estaba compuesta por 8% de pulpa de gualupa, 46% de infusión de café verde y 46% de agua. Se reportó 59,0 ± 1,0 mg TE /mL (DPPH) y 60,0 ± 4,0 mgTE /mL (FRAP) de capacidad antioxidante y 0,52 mg/mL de cafeína (espectrofotometría).

Fernández (2018) [14], formuló una bebida funcional de beterraga (*Beta vulgaris* L.) y cola de caballo (*Equisetum arvense* L.*)* saborizada con infusión de cáscara de piña con adición de stevia. Se planteó 3 formulaciones a las cuales se evaluó sensorialmente (escala hedónica de 9 puntos), capacidad antioxidante (DPPH) y l polifenoles totales (Folin – Ciocalteu). La mejor formulación presentó 304,8 ±0,41 mg EAG/100g de fenoles totales y 2406,20 ±62,35 µmol TE/100 g de capacidad antioxidante.

Torres *et al.* (2015) [15], desarrollaron una bebida energética de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) con adición de azúcares, cafeína, ginseng, guaraná, taurina, vitaminas B y C. Se establecieron siete formulaciones, escogiéndose las 2 con mejor puntaje sensorial. Este se realizó mediante la prueba CATA (check all that apply) usando una hedónica no estructurada de 9 puntos. La formulación elegida por su mayor aceptabilidad contenía 59,4 % de agua, 21,3 % de pulpa de tomate, 10,2% de sacarosa, 4,3% de isomaltulosa, 2% de limón, 2,3% de premezcla vitamínica, 0,5% de ginseng. Presentando 100,51 ± 3,78 mg EAG/100 mL de polifenoles totales (Folin – Ciocalteu) y 60,93. ± 0,01 µmol TE/mL de capacidad antioxidante (ABTS).

2.2 Marco teórico

2.2.1 Bebidas funcionales

Los alimentos funcionales son aquellos que no solo aportan nutrientes, sino que también tienen efectos beneficiosos a nivel fisiológico. Siendo de igual manera para las bebidas funcionales, además estas contribuyen a la hidratación del consumidor

y pueden ser utilizadas en otras situaciones fisiológicas (control de peso, mejora de rendimiento deportivo, mejora del tránsito intestinal, control de azúcar, reducción del colesterol en sangre, etc.) [16].

El sector de las bebidas refrescantes es altamente dinámico en la industria alimentaria, ya que busca satisfacer las expectativas de los consumidores. Estas bebidas no solo hidratan, sino que también proporcionan compuestos nutritivos y estimulantes que las hacen refrescantes y saludables .Existen diversas subcategorías en continuo desarrollo y crecimiento, entre ellas se incluyen las bebidas isotónicas, energéticas, los refrescos de té listos para beber y el agua funcional (ver figura 1) [17].

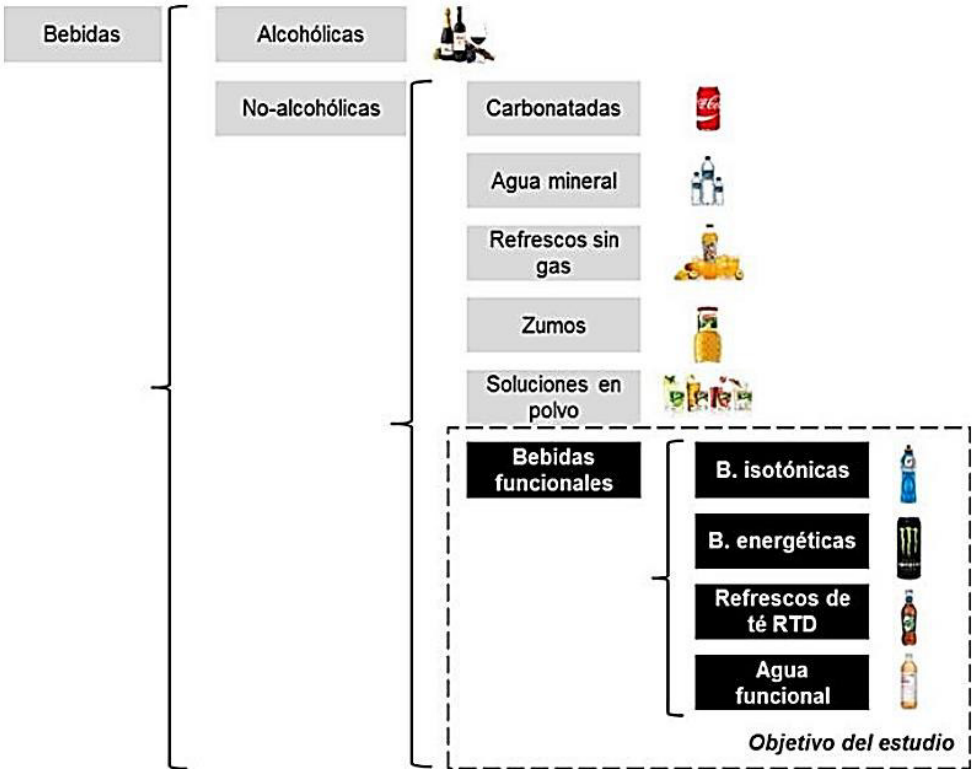


Figura 1. Categorías de las bebidas refrescantes.

Fuente: Jiménez (2017) [17]

2.2.2 Bebidas energéticas

Las bebidas energéticas se caracterizan por su alto contenido de cafeína. Según el Codex Alimentarius algunas de las bebidas etiquetadas como "energéticas" se clasifican dentro de las bebidas sin gas aromatizadas, incluidos ponches de fruta, limonadas y bebidas similares (apartado 14.1.4.2) [18].

Este tipo de bebidas son promocionadas para mitigar la fatiga, suprimir el sueño, mejorar el rendimiento físico y respuesta ante situaciones de estrés. Sus mayores consumidores son los adolescentes y adultos jóvenes[19]. Estos son artículos de reciente ingreso en el mercado nacional, siendo algunos importados y otros producidos localmente, se comercializan ampliamente y son accesibles sin restricciones para quien pueda costearlas [20].

2.2.2.1 Composición de bebidas energéticas

Los ingredientes principales de éstas son las metilxantinas (cafeína, teofilina y teobromina), hidratos de carbono (sacarosa, glucosa), taurina, vitaminas del complejo B, vitamina C, extractos ginseng o guaraná, además de inositol, carnitina, glucoronolactona y ácido cítrico de menores proporciones. La mayoría de los efectos estimulantes se deben a elevadas cantidades de metilxantinas como la cafeína [20]. El detalle de estos componentes principales se detalla a continuación:

- Cafeína

La cafeína (1,3,7- trimetilxantina) es la sustancia psicoactiva más empleada a nivel global. Se encuentra en hojas, semillas y frutos, donde actúa como pesticida natural. Fuentes comunes son el café, té, chocolate, yoco, cacao, guaraná, preparaciones herbales, bebidas deportivas refrescantes, energéticas, suplementos para pérdida de peso y fármacos [21,22].

En promedio las bebidas energéticas pueden contener de 75 a 200 miligramos de cafeína por presentación[17]. Se estima que para población adulta sana, el consumo de hasta 400 mg/día no se vincula con efectos desfavorables, considerándose éste como el límite [23].

- Carbohidratos

Las bebidas energéticas contienen entre 20 - 30 g de carbohidratos por presentación, compuestos casi en su totalidad por azúcares simples. Siendo utilizados para hacer las bebidas más apetecibles y mejorar su conservación [24]. Los azúcares comúnmente presentes en este tipo de bebidas son la glucosa, fructosa, sacarosa y glucoronolactona [25].

- Taurina

Según el Codex Alimentarius (2001) la presencia de taurina y carnitina no tiene justificación nutricional este tipo de bebidas, dado que no son esenciales para el hombre. Aunque se ha descrito que estas sustancias pueden facilitar la absorción de ácidos grasos, lo cual no suponen un aporte extra de energía. En realidad, la energía no es proporcionada por la bebida en sí, sino por la acción de transporte de los ácidos grasos a nivel celular [26]. Es así que para la formulación de la bebida no son consideradas el uso de carnitina o taurina.

En la tabla 1 se detalló la información nutrimental descrita en el rotulado de algunas bebidas energéticas presentes en el mercado peruano.

Tabla *1*. Composición de algunas bebidas energéticas presentes en el mercado peruano, información obtenida de etiquetas, Julio 2023.

Características	Red bull	Red bull sin Azúcar	Monster	Volt	220V
					
Volumen de Presentación (mL)	250	250	473	300	450
Aporte calórico (kcal/100 mL)	45,6	2,8	45,8	36,7	0
Azúcares (g/100 mL)	10,8	0	10,8	9,2	0
Cafeína (mg/100 mL)	32,	32,	19,6	32,0	No indica
Taurina (mg/100 mL)	400	400	No especifica	4,5	30,0
Glucuronolactona (mg/100 mL)	No indica	No indica	No especifica	60,0	No indica
Vitaminas	B3, B5, B6, B12	B3, B5, B6, B12	B2, B3, B6, B12	B2, B3, B5, B6, B12	B2, B3, B6
Contiene extractos naturales	No indica	No indica	Extracto de semilla de guaraná	Extracto Natural de Ginseng	No indica

2.2.2.2 Bebidas energéticas en el mercado internacional y nacional

Actualmente hay más de 1000 marcas de bebidas energéticas que se comercializan a nivel global [27]. Así pues, la demanda mundial muestra cifras de crecimiento constante en el volumen de ventas (ver figura 2) [25].



Figura 2. Volumen de ventas de bebidas energéticas a nivel mundial.

Fuente: Adaptado de Yacelga (2017) [25]

En el mercado peruano se ha venido incrementando el consumo de bebidas energéticas, según diversos estudios se proyecta el aumento sostenido de la demanda [1,2]. Estas bebidas deben adaptarse a las exigencias de los consumidores; ser bajo en calorías, contener vitaminas, ser hidratante y que no contener azúcar [3].

2.2.2.3 Denominación: bebidas energéticas, estimulantes

Un problema respecto a las declaraciones de las propiedades de este tipo de bebidas es que no corresponde con el concepto aceptado desde la perspectiva nutricional (según las directrices sobre etiquetado nutricional). Por ejemplo: el término “energía” utilizado en la denominación del producto se refiere a sustancias farmacológicamente activas, más no, al aporte calórico. Lo cual puede generar confusión en los consumidores [26]. Es así que estas bebidas por su alto contenido de cafeína deberían ser llamadas estimulantes [28,29].

2.2.2.4 Bebidas energéticas y salud

Aunque diversas investigaciones han resaltado los potenciales peligros a la salud vinculados al consumo de este tipo de bebidas con alto contenido de cafeína y azúcares, es importante tener en cuenta que un consumo moderado de cafeína presenta beneficios para la salud como mejorara del estado de alerta, aumento de

la sensación de energía, incrementar el rendimiento cognitivo y promover la vigilancia, entre otros aspectos positivos [30]. Vale la pena destacar que no existe evidencia sólida que relacione el consumo de cafeína con perjuicios a la salud. [23].

2.2.3 Arándanos

El arándano o blueberry, perteneciente al grupo de los berries se caracteriza por su sabor acidulado y corto tiempo de conservación poscosecha [31].

El arándano perteneciente al género *Vaccinum*, de la familia Ericeae, es un frutal menor originario de Norteamérica [32].

2.2.3.1 Arándanos a nivel nacional e internacional

La temporada de cosecha en el hemisferio norte es de mayo a septiembre. En el hemisferio sur, Chile, Australia, Argentina y Zimbabwe producen de noviembre a mayo, excepto Argentina (enero-febrero) y Nueva Zelanda (desde septiembre). Australia y Zimbabwe exportan principalmente a Europa, mientras que Argentina, Chile y Nueva Zelanda abastecen a Estados Unidos y Canadá. Estos mercados experimentan escasez de oferta y precios favorables para los productores en las temporadas de noviembre-diciembre y marzo-abril. [33].

El cultivo de arándano en Perú ha experimentado un aumento notable causado por su buena rentabilidad y a una ventana comercial oportuna para la exportación con escasa competencia. En Perú, debido a su diversidad climática, es posible cultivar arándanos durante todo el año, aunque la mayor parte de producción se centra de septiembre a noviembre. A pesar de ser un cultivo relativamente nuevo en el país, se ha observado un notable aumento en la cantidad de hectáreas destinadas a su cultivo [35]. En la campaña 2019/2020, Perú fue en el primer proveedor de arándanos frescos a nivel mundial. Los envíos alcanzaron un total de 117 toneladas, con un valor de US$ 760 millones. Esto representa un crecimiento del 43% en volumen y del 30% en valor en comparación con la campaña anterior [36].

2.2.3.2 Especies y variedades de arándanos

Existen 3 especies de arándanos con importancia económica; *V. angustifolium* Alton*, V. ashei* Reade *y V. corymbosum* L [37].

La variedad o cultivar dominante en el mercado peruano es la Biloxi (*Vaccinium corymbosum* L.), siendo la más productiva en zonas baja altitud y clima desértico de la costa (80% a 90% de la superficie productiva) [38].

2.2.3.3 Usos y trasformación

Si bien los arándanos son consumidos en mayor porcentaje en fresco, estos también pueden ser aprovechados a nivel industrial: en extractos, productos secos, helados, complementos lácteos, pasteles, postres, golosinas, mermeladas, jugos, bebidas, aceites, colorantes alimentarios y otros ingredientes funcionales para la formulación de productos novedosos [39].

2.2.3.4 Propiedades funcionales

El arándano fue la primera fruta en popularizarse como "superfruta" debido a su alta capacidad antioxidante, atribuida a sus abundantes compuestos polifenólicos, incluyendo las antocianinas. Se le atribuyen propiedades funcionales como efectos neuroprotectores, beneficio sobre la microflora intestinal, reducción del riesgo de desarrollar enfermedades coronarias, diabetes [40]. Se ha demostrado que el consumo de macerados de arándanos presentó efectos beneficiosos en las enfermedades coronarias, reduciendo significativamente los niveles de colesterol y triglicéridos ($p<0,05$) en ratas [41].

El arándano presenta una capacidad antioxidante de 70,52 ± 3,10 µmol TE/g [42]. Al analizarlo en frescos y sus derivados (pulpas, zumos y deshidratados), se observó que el mayor contenido de polifenoles correspondió a la muestra de arándanos deshidratados (1011,5 mg EAG/100g), mientras que la pulpa, en fresco y los zumos mostraron contenidos de 379, 358,7 y 234 mg EAG/100g respectivamente [43].

2.2.4 Pitahaya roja

En contrapartida a la situación comercial del arándano, la pitahaya roja es una especie con potencial comercial, pero que actualmente está subaprovechado, debido principalmente al alto nivel de manejo técnico que conlleva su producción. Sin embargo, esta fruta tiene un valor considerable en el mercado extranjero y nacional [44].

2.2.4.1 Pitahaya a nivel nacional

La exportación de pitahaya peruana, principalmente en su forma fresca, ha experimentado un crecimiento constante, lo cual indica un desarrollo favorable en los cultivos y en la cultura exportadora del país. Durante el periodo de 2015 a 2018, las exportaciones de pitahaya fresca se han incrementado de 2 a 16 toneladas, alcanzando un valor de 19 577 dólares en el año 2018, considerando el término de FOB (puesto a bordo). [45].

Este recurso es una alternativa a la agricultura en áreas con recursos hídricos limitados, pudiéndose convertir en una actividad de trascendencia social y económica para comunidades rurales, dada su resistencia a diferentes condiciones climáticas limitantes [46].

2.2.4.2 Especies y variedades

El origen *de Hylocerus undatus* no está claro, Fouqué (1972) postuló que su origen era México o Colombia [47], en contraste Jorge y Ferro (1989) indicaron un origen en América del sur, ya que en ese lugar están los géneros más primitivos [48].

Tradicionalmente las especies de *Hylocereus spp*. son conocidas como pitahaya roja y cultivadas principalmente en centro América e Israel; comprendiendo las siguientes especies [49]:

- *Hylocereus undatus*
- *Hylocereus polyrhizus*
- *Hylocereus cotaricensis*

- *Hylocereus triangularis*
- *Hylocereus purpussi*

2.2.4.3 Usos y transformación

Entre los principales usos potenciales de la pitahaya destacan, el aprovechamiento de la pectina (extraída de su cáscara) y la betalaína considerado una alternativa a los colorantes artificiales en la industria alimentarias, con las ventajas de tener propiedades antioxidantes y además no generar respuestas alérgicas a diferencia de los colorantes sintéticos que actualmente se utilizan. De la misma manera estos compuestos bioactivos pueden ser utilizados para la producción de nutracéuticos y fármacos [50].

La presencia de betalaína y fenoles solubles de la pulpa de pitahaya puede ser utilizada como antioxidantes en yogur, demostrando tener influencia positiva en la estabilidad oxidativa del yogurt [51].

2.2.4.4 Propiedades funcionales

Se han estudiado los beneficios a la salud de la pitahaya roja, los cuales se atribuyen a la abundancia de polifenoles y antioxidantes. Los resultados demostraron que extractos secos de pulpa y cáscara suprimen el desarrollo de las células del melanoma [52]. De igual forma, se ha observado el impacto favorable de las betalaínas frente a procesos oxidativos, que aportan al surgimiento de diversas afecciones degenerativas en el hombre. Inclusive en una concentración relativamente baja inhibe la peroxidación lipídica y oxidación de las lipoproteínas de baja densidad [53].

La pitahaya roja presenta una capacidad antioxidante de 53,68 ± 0,02 µmol TE/g para [54]

2.2.5 Piña

La distribución natural del género *Ananas* incluye una amplia zona que cubre el sur de Brasil, Paraguay y el norte de Argentina. Se cree que su procedencia sería el norte de Brasil. En la actualidad, es cultivada en todos los continentes con excepción de Europa, los productores más importantes son Costa Rica, Filipinas, Tailandia, Brasil, China, India, Indonesia, México e Indonesia [55].

2.2.5.1 Piña a nivel nacional e internacional

La piña es una de las frutas tropicales más relevantes a nivel global, con un crecimiento anual promedio del 3,6% entre 2008 y 2018. En 2018, se produjeron 28,3 millones de toneladas. Costa Rica es el mayor productor, seguido por Filipinas y Tailandia. [56]. Costa Rica sobresale con envíos por US$ 905, Filipinas US$ 228, México US$ 42 y Ecuador US$ 37 millones respectivamente [57].

Perú muestra un potencial prometedor en la producción de piña, con un terreno productivo y un ecosistema propicio para la formación de azúcares. En particular, la variedad Golden MD-2, que alcanza niveles de dulzura de 15 °Brix en etapas tempranas de maduración. A partir de 2016, Perú comenzó a exportar piñas Golden MD-2. La producción anual de piña en Perú alcanza las 450 mil toneladas, siendo la región de Junín responsable del 74% de esta producción. Otras regiones como La Libertad, Puno y Loreto también contribuyen, aunque su producción se destina principalmente al mercado nacional.[57].

2.2.5.2 Especies y variedades

Dentro del territorio nacional se encuentran múltiples variedades o cultivares, como la Samba de Chanchamayo, Hawaiana, Cayena lisa y Golden" o "MD-2 [58].

Siendo la Golden" o "MD-2" (*Ananas comosus*) una de las que más destaca por presentar pulpa de color amarillo intenso y alto °Brix [59]. Además, de ser adecuada para el consumo fresco e industrialización y amplia aceptación en el mercado internacional [60].

2.2.5.3 Usos y transformación

El consumo de piña a nivel mundial se enfoca principalmente en presentaciones frescas y enlatadas. Sin embargo, también se están explorando opciones para aprovechar frutas poco atractivas para el mercado y los subproductos generados durante su procesamiento industrial. Jiménez (2015) desarrolló una pulpa a partir de subproductos generados de la elaboración de jugo de piña, logrando incorporar residuos del despulpado de piña obtenido del prensado y filtración de las cáscaras [61].

También, se han formulado bebidas funcionales a base *Beta Vulgaris* L., usando como insumos la infusión de cáscara de piña con fines sensoriales principalmente [14].

2.2.5.4 Propiedades funcionales

Respecto a las propiedades funcionales de la piña, se ha reportado elevadas cantidades de compuestos fenólicos (67,2 mg EAG/100g) [62]. Por lo cual presenta una buena capacidad antioxidante [63]. Presentando 4,07 ± 0.03 mg TE/mL de capacidad antioxidante [64].

2.2.6 Diseño de mezclas

Este tipo de experimentos son un tipo de experimentos de superficie de respuesta [65]. En diseño mezclas las variables son los componentes de una mezcla, por lo cual los niveles de dichos componentes no son independientes. Además, las características de calidad de las mezclas son dependientes de las proporciones de los componentes. La aplicación de este tipo de experimentos se determina en base al problema y objetivo. Por lo cual, no se trata de temas de azar o apreciaciones subjetivas [66].

En este tipo de experimentos habrá *q* componentes y cada tratamiento será una mezcla particular, denotándose por $x_1,\ x_2,\ldots x_q$, las proporciones en las que participan deben satisfacer dos restricciones [66]:

$$0 \leq x_I \leq 1 y x_1 + x_2 + \cdots . x_q = 1, \text{ para cada componente } i$$

$$\sum_{i=1}^{q} x_I = x_1 + x_2 + \cdots . x_q = 1 \qquad (1)$$

Para $q = 1$componentes, la zona está conformada por un plano que satisface la relación $x_1 + x_2 + x_3 = 1$, la región experimental es un triángulo equilátero.

2.2.6.1 Tipos de diseño de mezclas

Existen 2 tipos básicos de diseños: el *simplex- reticular* y el *simplex con centroide*. [66]

2.2.6.2 Modelos de diseño de mezclas y su ajuste

Así pues, obtenidos los resultados experimentalmente, es necesario ajustarlo a un modelo estadístico, con el objetivo de describir el efecto de los componentes sobre la respuesta, pudiendo ser los siguientes [66]:

Lineal:

$$E(y) = \sum_{i=1}^{q} \beta_i x_i \qquad (2)$$

Cuadrático:

$$E(y) = \sum_{i=1}^{q} \beta_i x_i + \sum_{i<j} \sum_{j=2}^{q} \beta_{ij} x_i x_j \qquad (3)$$

Cúbico especial:

$$E(y) = \sum_{i=1}^{q} \beta_i x_i + \sum_{i<j} \sum_{j=2}^{q} \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i<j} \sum_{j<k} \sum_{k=3}^{q} \beta_{ijk} x_i x_j x_k \qquad (4)$$

Cúbico completo:

$$E(y) = \sum_{i=1}^{q} \beta_i x_i + \sum_{i<j}^{q} \sum_{j=2}^{q} \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i<j}^{q} \sum_{j=2}^{q} \delta_{ij} x_i x_j (x_i - x_j) + \sum_{i<j} \sum_{j<k} \sum_{k=3}^{q} \beta_{ijk} x_i x_j x_k \qquad (5)$$

Donde ***E(y)*** es el valor esperado de la variable de respuesta ***y.***

Para la selección del modelo adecuado, es recomendable apoyarse en un software estadístico [66].

2.2.7 Superficie de respuesta y función deseabilidad

La metodología de superficie de respuesta (MRS) es un grupo de técnicas matemáticas, estadísticas convenientes para el modelado y análisis de problemas en donde una variable respuesta es influenciada por múltiples variables de control, siendo el objetivo optimizar esta variable respuesta [67].

La optimización de más de una variable a la vez (optimización múltiple), permite lograr que todas las variables respuesta tengan un nivel aceptable, se pueden utilizar el método analítico, basado en una función de deseabilidad, siendo necesario definir las especificaciones para cada una de las variables [84]. Este logra convertir el problema de optimización multivariado a un problema de optimización univariado. Siendo suficiente maximizar la deseabilidad para conseguir el punto óptimo deseado [66].

2.2.8 Evaluación sensorial

Aunque existen métodos instrumentales para evaluar características como el color, textura, aroma, etc., estos presentan limitaciones o inconvenientes cuando se trata de determinar ciertos componentes debido a su número o a la compleja interacción entre ellos. Es por eso que la evaluación sensorial se convierte en una herramienta integral para la calidad organoléptica de un producto, ya que está subordinada de la respuesta subjetiva del consumidor en relación a la percepción subjetiva de sus sentidos [68].

Según el objetivo, existen tres clases de pruebas: las afectivas, discriminativas y descriptivas (ver figura 3) [69].

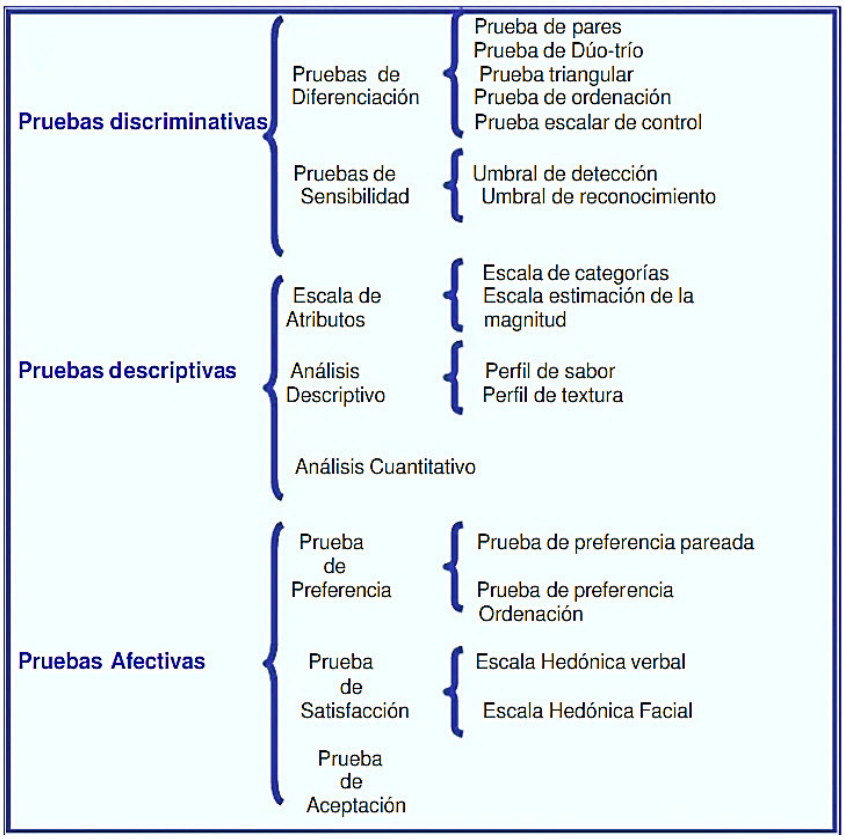


Figura 3. Métodos de evaluación sensorial.

Fuente: Hernandez (2005) [70]

2.2.8.1 Pruebas afectivas

En estas pruebas el juez manifiesta su reacción subjetiva frente al alimento. Siendo requisito una cantidad de 30 jueces no entrenados. Un tipo de estas pruebas es la de grado de satisfacción [69].

- Pruebas de grado de satisfacción

  Este tipo de pruebas se utilizan para evaluar más de dos muestras u cuando obtener información adicional sobre un alimento. Para ello, se emplean escalas hedónicas, instrumentos para medir las sensaciones agradables o desagradables generadas al probarlo. Estas escalas pueden ser verbales o gráficas, y se seleccionan según la edad y el número de jueces involucrados en la evaluación [69].

a. Escalas hedónicas verbales

Estas escalas proporcionan a los consumidores una descripción verbal de la impresión que les genera el alimento, lo que permite objetivar su respuesta en relación a las características del alimento. Los valores obtenidos de estas pruebas pueden ser graficados, promediados, sometidos a análisis estadísticos, análisis de varianza, análisis de regresión, etc [69].

Tabla 2. Escala hedónica de 7 puntos

Calificación	Puntaje
Me gusta mucho	7
Me gusta	6
Me gusta ligeramente	5
Me es indiferente	4
Me disgusta ligeramente	3
Me disgusta	2
Me disgusta mucho	1

Fuente: Robinson *et al.* (2005) [71]

2.2.9 Antioxidantes

Los antioxidantes alimentarios son sustancias que contrarrestan los efectos negativos de las especias reactivas del oxígeno sobre las funciones fisiológicas. Los radicales libres son moléculas inestables que contienen electrones no emparejados y son altamente reactivas, lo que puede iniciar una reacción en cadena y dañar nuestras células. Estos radicales se producen durante el metabolismo normal, pero también pueden ser generados por factores como la contaminación ambiental, radiación, consumo de alcohol, tabaco, drogas, altos niveles de estrés físico y psíquico [72].

El equilibrio entre radicales libres y los mecanismos antioxidantes es esencial para prevenir daños celulares. Cuando este equilibrio se rompe, ya sea por un déficit en el sistema antioxidante o un exceso de radicales libres, se pueden producir efectos

negativos. Para proteger al organismo de los radicales libres, existen dos vías principales: la vía enzimática y la vía no enzimática (endógenos y exógenos). La vía exógena es relevante ya que se obtiene mediante la dieta [72]. Los antioxidantes no enzimáticos se pueden clasificar en minerales, vitaminas, carotenoides, antioxidantes de bajo peso molecular, compuestos orgánicos azufrados, cofactores y polifenoles, flavonoides [73].

2.2.9.1 Capacidad antioxidante por el método DPPH

Existen múltiples métodos para valorar la actividad antioxidante de alimentos, siendo comúnmente utilizadas sustancias cromóforas de naturaleza radical y una sustancia que detecta esta especie. Los antioxidantes de la muestra captan estos radicales. Sin embargo, la capacidad antioxidante determinada in vitro solo nos brinda una idea próxima de lo que ocurriría en situaciones in vivo [74].

El método DPPH consiste en agregar una solución de DPPH a la muestra y observar cómo los antioxidantes presentes en ella neutralizan al radical libre, resultando en un viraje de color de violeta a amarillo pálido. Se mide la disminución en la absorbancia del radical a 515 nm y se usa para determinar la capacidad antioxidante [75].

2.2.10 Compuestos bioactivos

Los compuestos bioactivos vegetales o fitoquímicos se han relacionado con la reducción de riesgo de las principales enfermedades crónicas. Identificándose alrededor de 5,000 diferentes en frutas, verduras y cereales, pero aún queda un gran porcentaje sin identificar [76].

En la actualidad existe consenso de que la acción antioxidante de los compuestos bioactivos por sí sola no explica los beneficios a la salud observados en las dietas ricas en frutas y verduras. Los efectos acumulatorios y sinérgicos proceden de la combinación de fitoquímicos de estas fuentes, presentando potentes actividades antioxidantes y anticancerígenas. La evidencia señala que los antioxidantes y

compuestos bioactivos se asimilan mejor a través del consumo de alimentos en su forma íntegra, frente a suplementos [76].

Los fitoquímicos pueden clasificarse en carotenoides, fenoles, alcaloides, compuestos nitrogenados, compuestos organosulfurados, siendo los fenoles y carotenoides los más estudiados [76].

2.2.10.1 Antocianinas

Las antocianinas son pigmentos polifenólicos del grupo de los flavonoides, responsables de tonalidad rojo-naranja y azul-violeta, presentes en flores frutos y hojas. Presentan posibles efectos preventivos y terapéuticos en la salud humana [77].

Las antocianidinas son las estructuras básicas de las antocianinas, formadas por un anillo aromático unido a un anillo heterocíclico que contiene oxígeno, el cual también está enlazado a un anillo aromático [78].

2.2.10.2 Betalaínas

Las betalaínas son pigmentos vacuolares hidrosolubles, compuestos por una estructura central nitrogenada, el ácido betalámico [ácido 4-(2-oxoethy lidene)-1,2,3,4-tetrahidropiridina-2,6-dicarboxílico]. Este compuesto cuenta con una subestructura cromófora central nitrogenada (1,2,4,7,7-pentasubstituido 1,7-diazaheptamethin). La condensación espontánea del ácido betalámico con la ciclo-DOPA o sus derivados glucosilados, y las aminas y/o sus derivados da lugar a las betacianinas violetas y a las betaxantinas amarillas, respectivamente. Las betacianinas y las betaxantinas presentan máximos de absorción entre 532-550 nm y 457-485 nm, respectivamente [79].

Se aproxima que las 78 las diferentes betalaínas identificadas estructuralmente de manera exacta perteneciente a más de 17 familias del orden Caryophyllales [80].Estos compuestos colorean las flores y frutos de diversas especies, presentan

propiedades antinflamatorias, prevenir deterioro cognitivo, anticancerígenas, antihepatitis, antimicrobianos, antipalúdicos y antidiabéticos [81]:

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis general

La bebida funcional estimulante desarrollada a base de zumo de arándano (*Vaccinium corymbosum*), zumo pitahaya roja (*Hylocereus undatus)* e infusión de cáscara de piña (*Ananas comosus* L. Merr*)* presenta buena aceptabilidad sensorial y capacidad antioxidante.

3.2 Variables

3.2.1 Variables independientes

Porcentajes de zumo arándano (*Vaccinium corymbosum*), zumo de pitahaya roja (*Hylocereus undatus)* e infusión de cáscara de piña (*Ananas comosus* L. Merr.

3.2.2 Variables dependientes

Atributos sensoriales y capacidad antioxidante de las formulaciones.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

Este estudio fue llevado a cabo en los laboratorios de Bromatología y grupo de investigación IDEPF de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, UNMSM.

4.2 Diseño de Investigación

Este estudio fue de tipo experimental, aplicativo, cuantitativo.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

- Cultivos de arándano de la provincia de Huaura.
- Cultivos de pitahaya roja del distrito de Huaral.
- Cultivos de piña del departamento de Junín.

4.3.2 Muestra

Se conformó por 10 kg de cada fruta.

4.3.3 Recolección de muestras vegetales

Se tomó en cuenta las zonas de producción de pitahaya, arándanos y piña.

- La recolección de pitahaya roja se realizó en una Huerta – vivero ubicado en el Lote 40 C, sector de La virgen, centro poblado de La Esperanza, Provincia de Huaral, Distrito de Huaral.
- Los arándanos de Variedad Biloxi se recolectaron en el fundo Frutícola la Joyita, sector de Pampa Colorada, Provincia de Huaura, Distrito de Santa María, con la particularidad de ser productos orgánicos.
- Las muestras de piña fueron adquiridas en el mercado de frutas número dos Lima, teniendo como origen al departamento de Junín.

Todas las muestras fueron recolectadas o adquiridas en los meses de febrero a marzo de 2020. Estas se encontraban en plena madurez, descartándose frutos inmaduros, con signos de daño mecánico o por plagas.

4.4 Métodos de análisis

4.4.1 Evaluación de las materias primas

4.4.1.1 Caracterización física

a. Se hizo la medición de las dimensiones (longitudinal, transversal) [82], usando un calibrador KAMASA modelo KM-447
b. Se realizó el pesaje de los frutos [82], usando las balanzas ELECTRONIC SCALE modelo YP1003 y EXELTOR modelo BRC 30.
c. Se realizó los rendimientos de las partes de los frutos (pulpa y cáscara) así como, los zumos obtenidos a partir de la pulpa o fruta. Mediante las siguientes fórmulas [83]:

$$\%R = \frac{m_{pulpaocáscara}}{m_{frutaentera}} * 100 \qquad (6)$$

$$\%R = \frac{m_{zumosobagazo}}{m_{pulpaofruta}} * 100 \qquad (7)$$

Donde m es la masa en gramos.

Para el pesaje se usó la balanza EXELTOR modelo BRC 30

4.4.1.2 Evaluación químico-bromatológica

a. La humedad se cuantificó por el método gravimétrico AOAC 935.29: 2005, se pesó 3 g de muestra molida en una cápsula. La muestra se colocó en una estufa a 105 °C hasta obtener pesos constantes. La humedad expresada en % se determinó por diferencia de pesos, se usó la siguiente expresión [84]:

$$\%H = \frac{(m \quad - m_1)}{m} * 100 \qquad (8)$$

Donde m_1 es la masa de la muestra seca y m es la masa de la muestra original.

Se utilizó una estufa MEMMERT modelo UN 30 y una balanza analítica OAUS PIONER modelo TM 200.

b. La proteína total se cuantificó por el método Kjeldahl AOAC 2001.11: 2005, se pesó 1 g de muestra desecada y molida, y se agregó catalizadores (3.5 g de K_2SO_4 y 0.4 g CuSO4) en un tubo de digestión Kjeldahl, se le añadió 12 mL de H_2SO_4 q.p para su digestión, hasta que la solución se aclaró y se dejó enfriar. Se colocó 50 mL NaOH al 40 % en el tanque de álcali de la unidad de destilación se procedió a la destilación. Se colectó el NH_3 en un matraz que tenía 30 mL de solución de H_3BO_3 con gotas de indicador (rojo de metilo en metanol al 0.1%) y se valoró con HCL concentrado 0.1M, hasta un cambio de color final a violeta. Se realizó el mismo procedimiento para el blanco. Para el cálculo del % de proteína se utilizó la siguiente expresión [84]:

$$\%Nitrógeno Kjeldahl = \frac{1{,}401 * (V_2 - V_1) * M}{m} * 100 \qquad (9)$$

$$\%P.bruta = \%Kjeldahl * F$$

Donde V_2 es el volumen en mL de HCl utilizado para la muestra, V_1 es el volumen en mL de HCl utilizado para el blanco, M es la molaridad del HCL, F es el factor de conversión de nitrógeno a proteína de 6,25 y m es la masa de la muestra seca.

Se utilizó una unidad de digestión y una de destilación BUCHI modelo K-425.

c. La grasa se determinó por el método Soxhlet AOAC 920.39: 2005, se pesó 3 g de muestra desecada y molida en una cápsula. Se depositó en un tubo Solxhlet en papel filtro y se acopló con un balón, posterior a ello se agregó 160 mL de hexano para la extracción. Terminada ésta, se eliminó el solvente y se cuantificó los lípidos depositados en el balón. La grasa expresada en % se determinó por diferencia de pesos, se usó la siguiente expresión [84]:

$$\%G = \frac{(P_1 - P_2)}{m} * 100 \qquad (10)$$

Donde m es la masa de la muestra original, P_1 es la masa del balón con los residuos de grasa, P_2 es la masa del balón.

Se utilizó un sistema de extracción Soxhlet y cocinilla eléctrica BELIA modelo 2 hornillas.

d. Las cenizas se determinaron por el método gravimétrico AOAC 942.05: 2005, pesó 2 g de muestra molida. Se depositó en un crisol y se colocó en una mufla a 600 °C, hasta su incineración total. Posterior a ello se terminó de enfriar en un desecador. Se determinó el % de cenizas por diferencia de pesos, se usó la siguiente expresión [84]:

$$\%C = \frac{(P_2 - P_0)}{(P_1 - P_0)} * 100 \qquad (11)$$

Donde P_0 es la masa del crisol, P_1 es la masa del crisol con la muestra, P_2 es el peso del crisol con las cenizas.

Para la calcinación se utilizó una mufla TEMCO modelo GRP.

e. La fibra cruda se cuantificó por el método de hidrolisis ácida – básica AOAC 962.09: 2005, se pesó 2 g de muestra molida y se trasfirió a un vaso de precipitado con aproximadamente 75 mL de H_2SO_4 al 1,25% hirviendo, se dejó en ebullición por 30 min, posterior a ello se filtró la muestra usando un papel filtro y embudo de Büchner acoplado a un matraz de Kitasato con sistema de vacío, se neutralizó la muestra con agua destilada. Se recuperó la muestra y se trasfirió a un vaso de precipitado con aproximadamente 75 mL de NaOH al 1,25% hirviendo, se dejó en ebullición por 30 min, posterior a ello se filtró la muestra y neutralizó, para nuevamente hacer una hidrolisis acida y alcalina. Finalmente se recuperó la muestra y dejó secar en un crisol. Para esta determinación fue necesario descontar el peso de las cenizas. Para el caculo del % de fibra cruda se usó la siguiente expresión [84]:

$$\%FC = \frac{(P_1 - P_2)}{m} * 100 \qquad (12)$$

Donde m es la masa de la muestra original, P_1 es la masa de los residuos de fibra, P_2 es la masa de las cenizas.

f. Los carbohidratos totales se obtuvieron por el método matemático según FAO: 2003, por la diferencia de 100 menos las proteínas, grasas, agua, cenizas y alcohol. Para el caculo del % de carbohidratos totales se usó la siguiente expresión [85].

$$\%CT = 100 - (pesoengramos[proteínas + grasas + agua + cenizas + alcohol]en100gdealimento) \qquad (13)$$

g. La energía total se determinó por el método FAO: 2003, para la conversión de energía se consideró 4 kcal/g, 9 kcal/g , 4 kcal/g y 7 kcal/g, para las proteínas, las grasas, hidratos de carbono y alcohol, respectivamente [85].

h. La vitamina C se cuantificó por el método volumétrico 2,6-diclorofenolindofenol AOAC 967.21: 2005, se hizó una solución estándar de ácido ascórbico en agua de 1 mg/mL, se transfirió una alícuota de 2 mL y 5 mL de ácido metafosfórico – ácido acético (solución extractora), se tituló con 2,6- dicloroindofenol hasta obtener un tono rosa ligero. Se tituló un blanco de 7 mL de solución extractora más el volumen gastado en el estándar. Al blanco se le resta el valor obtenido del patrón y la concentración de indofenol expresada en mg de ácido ascórbico equivale a 1 ml de indofenol. Tomar 5 g de la muestra molida y 5 ml del extracto para cuantificar el ácido ascórbico de la muestra, se mezcló bien y filtró, se tomó 2 mL y se tituló. El volumen de titulación se le restó el del blanco, se utilizó la siguiente expresión [84]:

$$mg.deác.ascórbico = \frac{volumendetitulacióndemuestra}{volumendetitulacióndeestándar} \qquad (14)$$

i. Los sólidos solubles se determinaron por el método refractométrico AOAC 978.18: 2005, la muestra se molió y filtró para su lectura en el refractómetro [84].

   Se usó un refractómetro ATC 0 – 30 °Brix

j. El pH se determinó por el método potenciométrico AOAC 981.12: 2005, se molió la muestra, se temperó aproximadamente a 25 °C y se midió el pH con el potenciómetro previamente calibrado [84].

   Se utilizó un potenciómetro EZODO modelo PL-700PV.

k. La acidez total se determinó por el método de acidez titulable según NMX-F-102-S-1978, se pesó 30 g de muestra molida y 80 mL de agua y se calentó a 70 °C por una hora. Se filtró y dejó enfriar, se completó el volumen hasta los 200 mL. Se tomó 10 mL de la dilución y se valoró rápidamente con NAOH hasta pH 7.0. Para la expresión de los resultados se interpola el gasto de hidróxido de sodio al valor de pH 8.3 y los resultados se expresaron en g del ácido predominante por cada 100 g de muestra. Para la expresión de los resultados los miliequivalentes para 1 mL de NAOH a 0.1N es 0.006404 y 0.006704 para el ácido cítrico y málico anhidro [86].

l. El índice de madurez se determinó por el método de razón de madurez, descrito por Galvis, la cual se determina mediante la proporción entre los sólidos solubles totales y la acidez titulable [87]:

4.4.1.3 Evaluación de compuesto bioactivos

a. Las Betalaínas se cuantificaron según lo descrito por Castellano *et al.*, se pesó 100 mg de muestra desecada, molida y se depositó en una fiola junto 20 mL de agua, se realizó la extracción por sonicación por 15 minutos en oscuridad, se centrifugó a 12000 rpm y se reservó el sobrenadante. Se procedió a la lectura directa a 535 y 483 nm para la cuantificación de betacianinas y betaxantinas respectivamente. Para el cálculo de las

betalaínas totales se considera como la suma de la betacianinas y betaxantinas, se utilizó la siguiente expresión [88]:

$$BC\left(\frac{mg}{g}\right) = \frac{A * DF * MW * Vd}{\varepsilon * L * Wd} \quad (15)$$

Donde A es la absorbancia de la muestra, DF es el factor de dilución, Vd es el volumen de la solución de muestra seca (mL), Wd es el peso de muestra seca (g) y L es la longitud de paso (1 cm) de la cubeta. Se aplicaron el peso molecular (MW) y el coeficiente de extinción molar (ε) de la betanina [MW= 550 g/mol; ε = 60.000 L/(mol cm) en H2O] para las betacianinas. El valor equivalente para las principales betaxantinas (Bx) fue de [ε = 48.000 L/(mol cm) en H2O].

Para medir la absorbancia se utilizó un espectrofotómetro UV THERMO SCIENTIFICS modelo GENNESIS 10S, una centrífuga PLC SERIES modelo PLC-05 y un baño ultrasónico BIOBASE UC-80A.

b. Para la determinación de antocianinas, el tratamiento de las muestras se llevarona cabo según lo referido por Zapata *et al.*, se pesó 5 g de muestra molida y se agregó 15 mL de metanol/ ácido cítrico al 1% (solución extractora) y se extrajo durante 2 horas en ultrasonido. Se centrifugó a 4000 rpm durante 20 min. El sobrenadante se recuperó y concentró hasta reducir 6 veces su volumen en un rotavapor a 59 °C [89]. Para la determinación se usó el método descrito por Giusti *et al.*, se tomó 1 g de muestra en 20 mL de tampón acetato de sodio (0,4 M, pH 4,5), repitiendo el procedimiento en tampón cloruro de potasio (0,025 M, pH 1,0), se dejó reposar 15 min. Se procedió a la lectura a 700 nm usando como blanco agua, para la determinación de las antocianinas totales monoméricas se utilizan las siguientes expresiones [90]:

$$A = (A_{\lambda\ vis\text{-}max} - A_{700})pH\ 1.0 - (A_{\lambda\ vis\text{-}max} - A_{700})pH\ 4. \quad (16)$$

$$Pigmentoantociánicomonomérico\left(\frac{mg}{L}\right) = \frac{(A \times MW \times DF \times 1000)}{\varepsilon * L} \quad (17)$$

Donde W es el peso molecular (449,2), DF es el factor de dilución, ε es la absortividad molar (26.900) expresado en cianidina-3-glucósido, L es la longitud de paso (1 cm) de la cubeta.

4.4.1.4 Capacidad antioxidante

Se realizó según la metodología descrita por Jurado. Las muestras fueron desecadas y molidas. Se preparó soluciones metanólica de las muestras y se extrajo los antioxidantes mediante sonicación por 2 horas en oscuridad y posterior centrifugación, se diluyeron las muestras en concentraciones de 8 a 4 mg/mL. Se usó 0,8 mL de cada dilución de y se agregó 1,6 mL de DPPH (en metanol a 20 mg/L), se dejó reaccionar en la oscuridad por 30 minutos. Se hizo un blanco con 0,8 mL de muestra y 1,6 mL de metanol. Se hizó un patrón de DPPH con 0,8 mL de metanol y 1,6 mL de solución de DPPH. Se procedió a la lectura de las absorbancias a 517 nm. El % de capacidad antioxidante de las muestras se determinó usando la siguiente formula :

$$\%Cap.antioxidante = \left[1 - \left((|.|MuestraconDPPH) - |.|Blancomuestra\right)\right] * 100 \frac{}{|.|DPPH} \quad (18)$$

Los resultados se expresaron como concentración media inhibitoria (IC50) que mediante una curva de calibración patrón de Trolox pudo ser extrapolada para su expresión en µmol TE/g de muestra)[91].

4.4.2 Evaluación de las formulaciones

4.4.2.1 Evaluación químico-bromatológica

a. La humedad se cuantificó por el método gravimétrico AOAC 935.29: 2005, se pesó 3 g de muestra en una capsula y se procedió según lo descrito en la sección 4.4.1.2 (a).
b. La proteína total se cuantificó por el método Kjeldahl AOAC 2001.11: 2005, se pesó 1 g de muestra desecada, molida y se procedió según lo descrito en la sección 4.4.1.2 (b).

c. La grasa se determinó por el método Soxhlet AOAC 920.39: 2005, se pesó 3 g de muestra de desecada, molida y se procedió según lo descrito en la sección 4.4.1.2 (c).
d. Las cenizas se determinaron por el método gravimétrico AOAC 942.05, se pesó 2 g de muestra y se procedió según lo descrito en la sección 4.4.1.2 (d).
e. La fibra cruda se cuantificó por el método de hidrolisis ácida – básica AOAC 962.09: 2005, se pesó 2 g de muestra y se procedió según lo descrito en la sección 4.4.1.2 (e).
f. Los carbohidratos totales se obtuvieron por el método matemático según FAO: 2003, se procedió según lo descrito en la sección 4.4.1.2 (f).
g. La energía total se determinó por el método FAO: 2003, se procedió según lo descrito en la sección 4.4.1.2 (g).
h. La vitamina C se cuantificó por el método volumétrico 2,6-diclorofenolindofenol AOAC 967.21: 2005, se pesó 5 g de muestra más 5 mL de solución extractora, se procedió según lo descrito en la sección 4.4.1.2 (h).
i. Los sólidos solubles se determinaron por el método refractométrico AOAC 978.18: 2005, la muestra se filtró para su lectura en el refractómetro [84].
j. El pH se determinó por el método potenciométrico AOAC 981.12: 2005, la muestra se temperó aproximadamente a 25 °C y se midió el pH con el potenciómetro previamente calibrado [84].
k. La acidez total se determinó por el método de acidez titulable según NMX-F-102-S-1978, se filtró la muestra, se tomó 10 mL de la parte líquida y procedió según lo descrito en la sección 4.4.1.2 (k).

4.4.2.2 Evaluación de compuesto bioactivos

a. Las Betalaínas se determinaron por el método espectrofotométrico, según lo descrito por Castellano *et al*., se pesó 100 mg de muestra desecada, molida y se procedió según lo descrito en la sección 4.4.1.3 (a).

b. Las antocianinas se cuantificaron usando las metodologías descritas por Zapata *et al*. y Giusti *et al*., se pesó 5 g de muestra, se agregó 15 mL de (solución extractora) y se procedió según lo descrito en la sección 4.4.1.3 (b).

4.4.2.3 Capacidad antioxidante

c. Se realizó según la metodología detallada por Jurado. Las muestras fueron desecadas, molidas y se procedió según lo descrito en la sección 4.4.1.4.

4.4.2.4 Evaluación sensorial

Se realizaron pruebas de medición del grado de satisfacción [69].

Previo a la evaluación sensorial se realizó la selección del panel mediante una encuesta (anexo 4), Siendo seleccionados los que tenían un 80% de respuestas favorables para el desempeño de las pruebas, permitiendo rechazar a los candidatos con escaso interés en la actividad, escasa disponibilidad de tiempo, hábitos de consumo indeseables, aversión al producto estudiado y estado de salud no apropiado para la evaluación sensorial [92].

El panel sensorial estuvo compuesto por 32 jueces consumidores de ambos sexos de edades entre los 20 y 28 años. Previo a la evaluación sensorial de las diferentes formulaciones , se realizó una inducción respecto al objetivo de la evaluación, los criterios a evaluar del producto y entrega de cartilla de consentimiento informado (anexos 3)

En la prueba sensorial a los panelistas se les pidió evaluar el nivel de agrado del color, olor, sabor, consistencia y la satisfacción global de cada una de las formulaciones, asignando una puntuación en una escala hedónica de 7 puntos (ver tabla 7) [71], para lo cual se utilizó una cartilla de evaluación sensorial (anexo 2).

Se sirvieron muestras de aproximadamente 50 mL, a temperatura ambiente (20 a 24 °C), se vertieron en vasos transparentes, se codificaron con números aleatorios de 3 dígitos. Las cuales se dieron a probar en orden aleatorio y nonádico en 3 sesiones, con un máximo de 4 muestras por sesión [69].

4.5 Esquema experimental

La investigación se realizó en 5 etapas. Inicialmente se realizó la evaluación de las materias primas. Posterior a ello, se obtuvo las diferentes formulaciones de la bebida funcional estimulante, siendo evaluadas sensorialmente y su capacidad antioxidante. Con los datos obtenidos se realizó la optimización de la formulación y confirmación de las respuestas. Finalmente, se evaluó la formulación óptima. La figura 4 muestras las etapas realizadas.

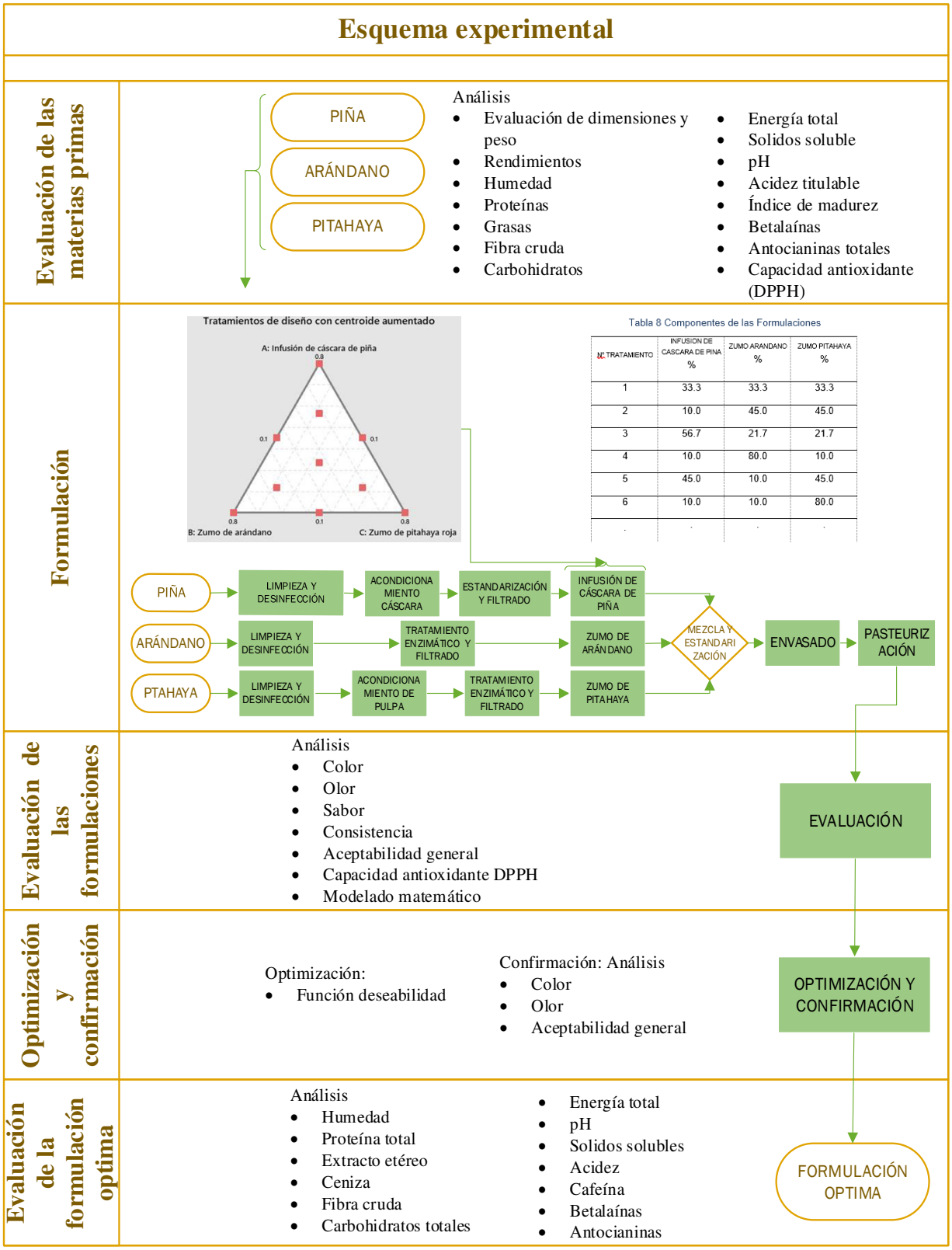


Figura 4. Esquema experimental de la investigación.

4.5.1 Evaluación de las materias primas

Se evaluó las características físicas, quimico-bromatologicas, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante se realizó según los métodos descritos en el apartado 4.4.1.

Se verificó la especie de las materias primas principales utilizadas, por lo cual se envió muestras al servicio de determinación de especies del herbario del Museo de Historia Natural de la UNMSM (anexo 6).

4.5.2 Formulación

Se utilizó la metodología de diseño de mezclas para la obtención de las formulaciones a evaluar. Se eligió el tipo de diseño simplex centroide aumentado. El rango de los componentes principales estuvo de acuerdo a pruebas preliminares, las restricciones se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 3. Restricciones en componentes de las formulaciones

Componentes	Mínimo (%)	Máximo (%)
INFUSIÓN DE CÁSCARA DE PIÑA	10	80
ZUMO ARÁNDANO	10	80
ZUMO PITAHAYA	10	80

Según las restricciones y diseño elegido se utilizó el software estadístico Desing-Expert ® para la obtención de las formulaciones. Así pues, para estas se utilizó: zumo de arándanos, zumo de pitahaya e infusión de piña.

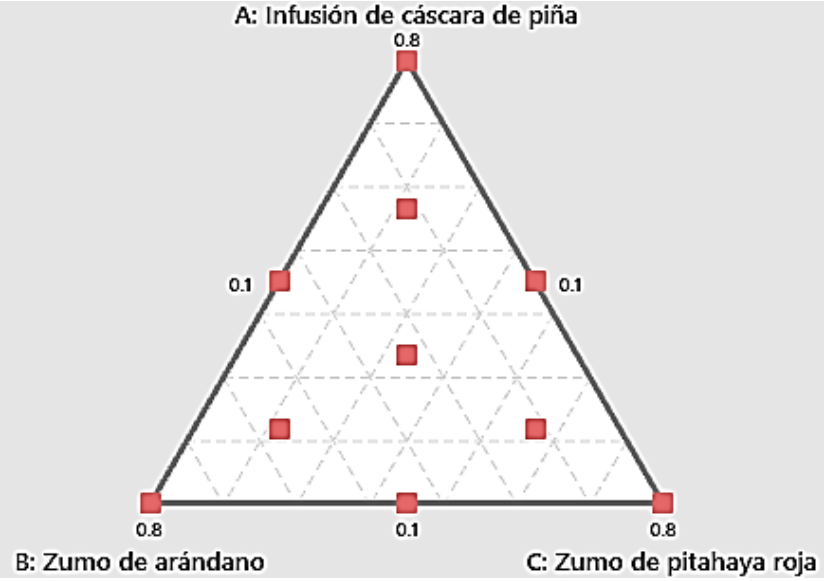


Figura 5. Formulaciones del diseño simplex con centroide aumentado.

Los otros componentes minoritarios de la bebida se mantuvieron constantes en la mezcla, estos fueron: estevia, benzoato de sodio, ácido cítrico, Stabinec y cafeína y azúcar, las proporciones de estos son descritas en la siguiente tabla.

Tabla 4. Componentes minoritarios de las formulaciones

Componentes minoritarios	Porcentaje (%)	Partes por millón (ppm)
Estevia	0,015*	150
Benzoato de sodio	0,01*	100
Ácido cítrico	0,01*	100
Stabinec	0,1	1000
Cafeína	0,02*	200
Azúcar (vehículo de aditivos)	0,75*	-

*Cantidad en base a los componentes principales

Debido al bajo porcentaje que representan estos insumos no se consideró necesario reajustar los porcentajes de las proporciones de las materias primas principales.

La elaboración de las formulaciones se realizó según el flujo descrito en la siguiente figura.

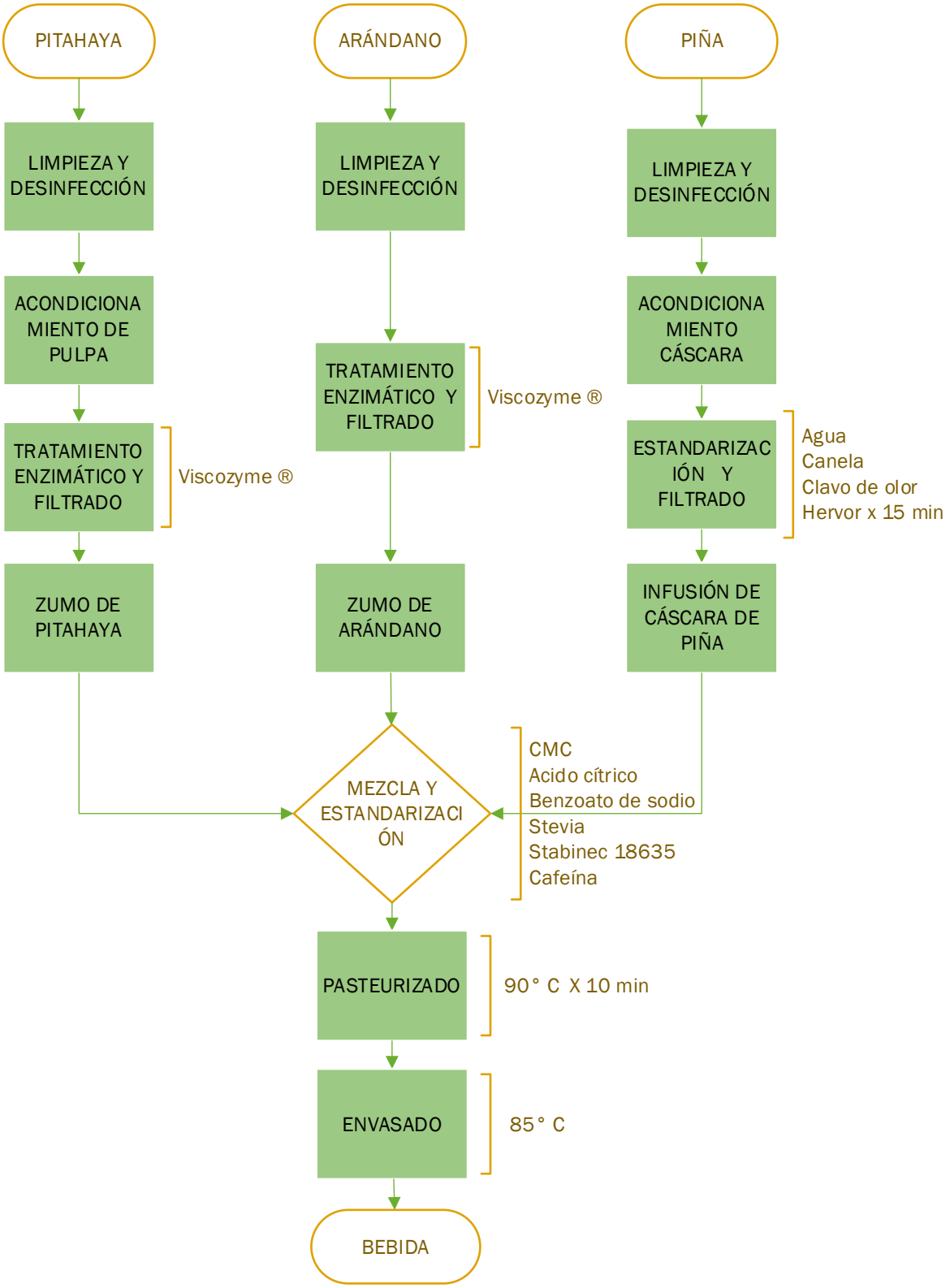


Figura 6. Flujo para la obtención de la bebida funcional.

4.5.2.1 Limpieza y desinfección

Se descartó las unidades que presentaban defectos como daños físicos y podredumbres. La limpieza se realizó mediante lavado a chorro con abundante agua potable, eliminando así, todo resto del terreno de cultivo, materias extrañas y suciedad. La desinfección se realizó mediante inmersión en hipoclorito de sodio comercial al 0.02% durante 5 minutos [93]. Posterior a esto se eliminó el exceso de humedad mediante papel toalla para posteriormente dejar secar por completo a temperatura ambiente.

4.5.2.2 Acondicionamiento

Se realizó según la naturaleza de cada muestra, como se describe a continuación:

a. Las pulpas de las pitahayas fueron separadas de la cáscara usando métodos convencionales, utilizándose solo la pulpa para la extracción del zumo. Posterior a esto se pesó la pulpa y cáscara para el cálculo los rendimientos.
b. El arándano fue usado en su totalidad para la extracción del zumo.
c. Para la piña se descartó la corona y se procedió a la separación de la cáscara de la pulpa usando un cuchillo.

4.5.2.3 Tratamiento enzimático y filtrado

Previo al tratamiento enzimático las muestras fueron descongeladas durante 24 horas a temperatura de refrigeración de 4°C, posterior a esto, las muestras fueron trituradas de manera manual teniendo el cuidado de no fragmentar semillas. Para la obtención de Zumos hidrolizados de pitahaya y arándano se utilizó Viscozyme ® L (SIGMA-ALDRICH) con una actividad enzimática ≥ 100 FBGU/g.

Para la obtención de zumo de arándano hidrolizado, la pulpa de arándanos se introdujo en baño maría a 50°C junto con la enzima en una proporción de 1mL de esta por cada litro de pasta, durante 150 minutos y agitación constante [94].

Para la obtención del zumo de pitahaya hidrolizado la pulpa de pitahaya se introdujo en baño maría a 40°C junto con la enzima en una proporción de 1mL litro de esta por cada litro de pasta, durante 120 minutos y agitación constante [95].

Posteriormente se tamizó con mallas finas cuidando no fragmentar las semillas, obteniéndose los zumos.

a. Obtención de infusión de cáscara de piña

Para maximizar la extracción de compuestos bioactivos y sabores de la cáscara, esta se picó en cuadrados de aproximadamente 1 cm. La infusión se compuso por: 79,81% de agua, 19,95% de cáscara de piña, 0,16% canela y 0,08% de clavo de olor. Se llevó a ebullición durante 15 minutos y posteriormente se filtró. Se obtuvo un rendimiento de 61,3 % respecto al total de insumos utilizados.

4.5.2.4 Mezcla y estandarización

Para el proceso de mezcla y estandarización se utilizó los porcentajes descritos según la tabla 12, se utilizó en todas las formulaciones los siguientes aditivos con fines tecnológicos, además de cafeína (ver tabla 4).

a. Conservante

Se utilizó benzoato de sodio de la marca Frutarom, en la dosis de 100 mg/kg ya que el límite máximo permitido para esta categoría de alimentos es de 250 mg/kg, según como lo especifica el Codex Alimentarius para bebidas energéticas [96].

b. Acidulante

Se usó el ácido cítrico de la marca Frutarom, en la dosis de 100 mg/kg, para esta categoría de alimentos la dosis máxima serán las BPF (buenas prácticas de fabricación), según lo especificado por el Codex Alimentarius [96].

c. Edulcorante

Se utilizó estevia de la marca Frutarom, en la dosis de 150 mg/kg ya que se realizó pruebas preliminares (no reportado) donde se evaluó la aceptabilidad de una

muestra central con diferentes concentraciones de este. Así también, se cumplió con los límites de la dosis máxima para esta categoría de alimentos, correspondiente a 250 mg/kg, según como lo especifica el Codex Alimentarius para bebidas energéticas [96].

d. Sustancias estimulantes

Se usó la cafeína de la marca Frutarom en dosis de 200 mg/kg o ppm tomándose como referencia al límite máximo permitido en bebidas jarabeadas dispuesto por la NTP 214.001 [97].

e. Estabilizante

Se utilizó como estabilizante Stabinec 18635 de la marca Frutarom en una concentración de 0,1 g/L según lo indicado en su ficha técnica.

f. Vehículo de aditivos

Se utilizó 0,75 % de azúcar blanca como vehículo de los aditivos para la adecuada integración en la bebida, según lo descrito en la tabla 4.

4.5.2.5 Pasteurizado

Se realizó a 90°C por 10 minutos [98].

4.5.2.6 Envasado

Se hizo en caliente a aproximadamente 85°C.

4.5.3 Evaluación de las formulaciones

Se realizó la evaluación sensorial y capacidad antioxidante según los métodos descritos en el apartado 4.4.2.3 y 4.4.2.4

Se calculó el promedio de los 32 resultados generados por los panelistas para cada una de las respuestas sensoriales. Para la capacidad antioxidante se trabajó con el promedio de tres mediciones realizadas para cada formulación. Se registraron los

promedios obtenidos de las diferentes formulaciones en el software estadístico Desing-Expert ® 11. Se ensayó cada variable respuesta a los modelos estadísticos (lineal, cuadrático, especial cúbico, cúbico, especial cuártico y cuártico). Obteniéndose el modelo, sus coeficientes y caracterización de la superficie de respuesta [66]. El ANOVA permitió establecer la significancia estadística del modelo, con un (*p-value*) menor a 0.05 y una falta de ajuste no significativa (*Lack of fit*) [99].

Para el análisis de regresión de un modelo estadístico se asume la normalidad, varianza constante e independencia de los residuos [66]. Para la verificación de estos supuestos se utilizó el software RStudio.

Para determinar si la relación entre el modelo y los datos experimentales permite estimaciones con una precisión aceptable se calculó el coeficiente de determinación (R^2) para evaluar la calidad del ajuste. Pero se prefiere al coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}).

4.5.4 Optimización y confirmación de la formulación óptima

Posterior a la obtención de los modelos matemáticos de las variables respuesta estudiadas, se realizó la optimización simultánea usando la metodología de deseabilidad global, descrita por Derriger y Suich [100]. La optimización permite encontrar la formulación que cumpla con las restricciones impuestas sobre las variables respuestas.

Para la confirmación se eligió la formulación que presentó mayor deseabilidad, realizándosele las evaluaciones de: color, olor, sabor, consistencia aceptabilidad global y capacidad antioxidante. Comparando los resultados experimentales con los teóricos de las variables respuesta significativas, encontrándose que estas se encontraban dentro de los límites para el modelo matemático, verificando que no haya diferencias significativas entre estos.

4.5.5 Evaluación de la formulación óptima

Se llevó a cabo la evaluación químico- bromatológica, de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante según lo descrito en el apartado 4.4.2.1, 4.4.2.2 y 4.4.2.3 respectivamente.

4.6 Diseño experimental

Se realizó según lo descrito por Granato *et al*. (2010) [101] ,con la modificació de que para la generación de las formulaciones se usó diseño de mezclas simplex con centroide aumentado, de modelo cuadrático, siendo 10 formulaciones más 2 réplicas sumando un total de 12 formulaciones.

4.7 Procesamiento y análisis de datos (procesamiento estadístico)

Se reportó las evaluaciones sensoriales usando la media y desviación estándar. De manera semejante las pruebas instrumentales se realizaron por triplicado, reportándose la media y desviación estándar. Para las optimizaciones se trabajó con la media.

Para la elección del modelo se realizó el ANOVA y se determinó la falta de ajuste a un nivel de confianza del 95% (significancia α =0,05). Previamente, se realizó la verificación de sus. Para estos fines se empleó los programas estadísticos Design Expert ® 11 y RStudio.

V. RESULTADOS

5.1 Evaluación de las materias primas

La identidad de las especies correspondiente a las materias primas fue corroborada, anexándose los certificados de estudios taxonómicos y determinación botánica (anexo 6).

5.1.1 Caracterización física

Tabla 5. Resultados del peso y dimensiones de las materias primas

Frutas	Peso (g)	Sección longitudinal (mm)	Sección transversal (mm)
Arándano	1,7 ± 0,4	11,8 ± 0,8	15,7 ± 1,3
Pitahaya Roja	307,8 ± 113,0	91,4 ± 13,5	73,2 ± 14,5
Piña	1141,2 ± 206,9	132,8 ± 9,3	112,2 ± 6,8

Tabla 6. Rendimientos de pulpa y cáscara las materias primas

Componente (%)	Pitahaya roja	Piña
Cáscara	18,52	28,96
Pulpa	81,48	71,04

De manera semejante se describen los rendimientos de la obtención del zumo a partir del arándano y pulpa pitahaya roja. Para el caso del arándano se utilizó el fruto en su totalidad.

Tabla 7. Rendimiento de los zumos

	Porcentaje (%)	Componente
Arándano (fruto integro)	28,4	Bagazo
	71,6	Zumo*

Pitahaya (pulpa)	17,5	Bagazo (sin cáscara)
	82,5	Zumo*

*Obtenido por tratamiento enzimático y filtrado

5.1.2 Evaluación químico-bromatológica

Tabla 8. Resultados de la evaluación químico-bromatológica de las materias primas

	Arándano	Pitahaya roja	Piña
Humedad (%)	85,84 ± 0,05	84,15 ± 0,15	84,07 ± 0,34
Proteína total (%) [a]	1,20 ± 0,05	0,12 ± 0,002	0,42 ± 0,01
Grasa (%)	0,75 ± 0,02	0,15 ± 0,03	0,25 ± 0,04
Cenizas (%)	0,32 ± 0,01	0,57 ± 0,02	0,3 ± 0,04
Fibra cruda (%)	1,40 ± 0,01	4,30 ± 0,02	0,84 ± 0,04
Carbohidratos totales (%)	10,96 ± 0,84	15,01 ± 0,16	14,96 ± 0,38
Energía total (kcal/100 g)	56,41 ± 2,97	61,85 ± 0,40	63,75 ± 1,26
Vitamina C (mg/100 g)	27,48 ± 2,80	7,80 ± 0,00	21,95 ± 0,19
Sólidos solubles (°Brix)	11,67 ± 0,29	13,83 ± 0,58	14,33 ± 0,29
pH [b]	2,47 ± 0,01	4,16 ± 0,02	3,17 ± 0,02
Acidez [f] (g ácido/100 g)	1,38 ± 0,10	0,26 ± 0,01	0,52 ± 0,01
Índice de Madurez [b]	8,47 ± 0,56	53,53 ± 1,18	27,41 ± 0,81

[a] Factor de proteína=6.25;[b] sin unidades, [c] g ácido cítrico/100 g para piña y arándano, para pitahaya acido málico

5.1.3 Evaluación de compuesto bioactivos

Tabla 9. Contenido en mg de betalaínas en pitahaya roja

	mg betalaínas totales (BET) /100 g	mg betacianinas (BC) /100 g	mg betaxantinas (BX) /100 g
Pitahaya roja (pulpa)	5,93 ± 0,01	3,73 ± 0,01	2,21 ± 0,01

Tabla 10. Antocianinas de arándano

Antocianinas monoméricas totales (mg de cianidina 3 glucósido/100 g)	
Arándano (fruta integra)	165,78 ± 5,6

5.1.4 Capacidad antioxidante

Tabla 11. Capacidad antioxidante de materias prima (DPPH)

Capacidad antioxidante (µmol TE/g de muestra)	
Arándano (fruta integra)	25,90 ± 0,19
Pitahaya roja (pulpa)	12,15 ± 2,22

5.2 Formulación

Considerando las restricciones (tabla 8) y el diseño elegido (simplex centroide aumentado) descritas en la sección 4.5.2 el software estadístico Desing-Expert ® 11 recomendó 12 formulaciones (10 únicos y 2 réplicas), descritas en la siguiente tabla.

Tabla 12. Componentes de las formulaciones

N° Formulación	Infusión de c. piña (%)	Zumo arándano (%)	Zumo pitahaya (%)
1	33,3	33,3	33,3
2	10,0	45,0	45,0
3	56,7	21,7	21,7
4	10,0	80,0	10,0
5	45,0	10,0	45,0
6	10,0	10,0	80,0
7	21,7	21,7	56,7
8	21,7	56,7	21,7
9	80,0	10,0	10,0
10	45,0	45,0	10,0
11	10,0	80,0	10,0
12	10,0	10,0	80,0

5.3 Evaluación de las formulaciones

5.3.1 Evaluación sensorial de las formulaciones

Tabla 13. Puntuaciones sensoriales de las formulaciones

	Color	Olor	Sabor	Consistencia	Satisfacción global
T1	4,22 ± 1,45	4,69 ± 1,51	4,41 ± 1,36	3,75 ± 1,19	4,25 ± 1,22
T2	3,97 ± 1,40	4,06 ± 1,08	4,75 ± 1,32	3,50 ± 1,34	4,28 ± 1,20
T3	5,03 ± 1,20	5,03 ± 1,23	3,97 ± 1,47	4,03 ± 1,33	4,41 ± 1,21
T4	3,28 ± 1,30	4,41 ± 1,32	4,31 ± 1,75	3,34 ± 1,64	3,97 ± 1,40

T5	5,31 ± 1,35	4,94 ± 0,91	4,03 ± 1,43	4,38 ± 1,39	4,72 ± 1,22
T6	3,94 ± 1,27	4,66 ± 1,07	4,06 ± 1,41	3,91 ± 1,17	4,03 ± 1,18
T7	4,94 ± 1,34	4,22 ± 0,94	4,13 ± 1,24	4,53 ± 1,14	4,63 ± 1,16
T8	3,75 ± 1,22	4,75 ± 1,05	3,63 ± 1,04	3,53 ± 1,14	3,97 ± 1,03
T9	4,56 ± 1,41	5,00 ± 1,19	3,56 ± 1,32	3,91 ± 1,20	4,13 ± 1,24
T10	5,13 ± 1,16	4,63 ± 1,16	4,59 ± 1,19	4,28 ± 1,22	4,53 ± 1,11
T11	3,19 ± 1,20	4,28 ± 1,17	4,34 ± 1,72	3,34 ± 1,56	4,06 ± 1,41
T12	4,06 ± 1,24	4,75 ± 1,02	4,09 ± 1,42	3,88 ± 1,16	3,91 ± 1,12

A continuación, se muestra la representación radial de estos resultados.

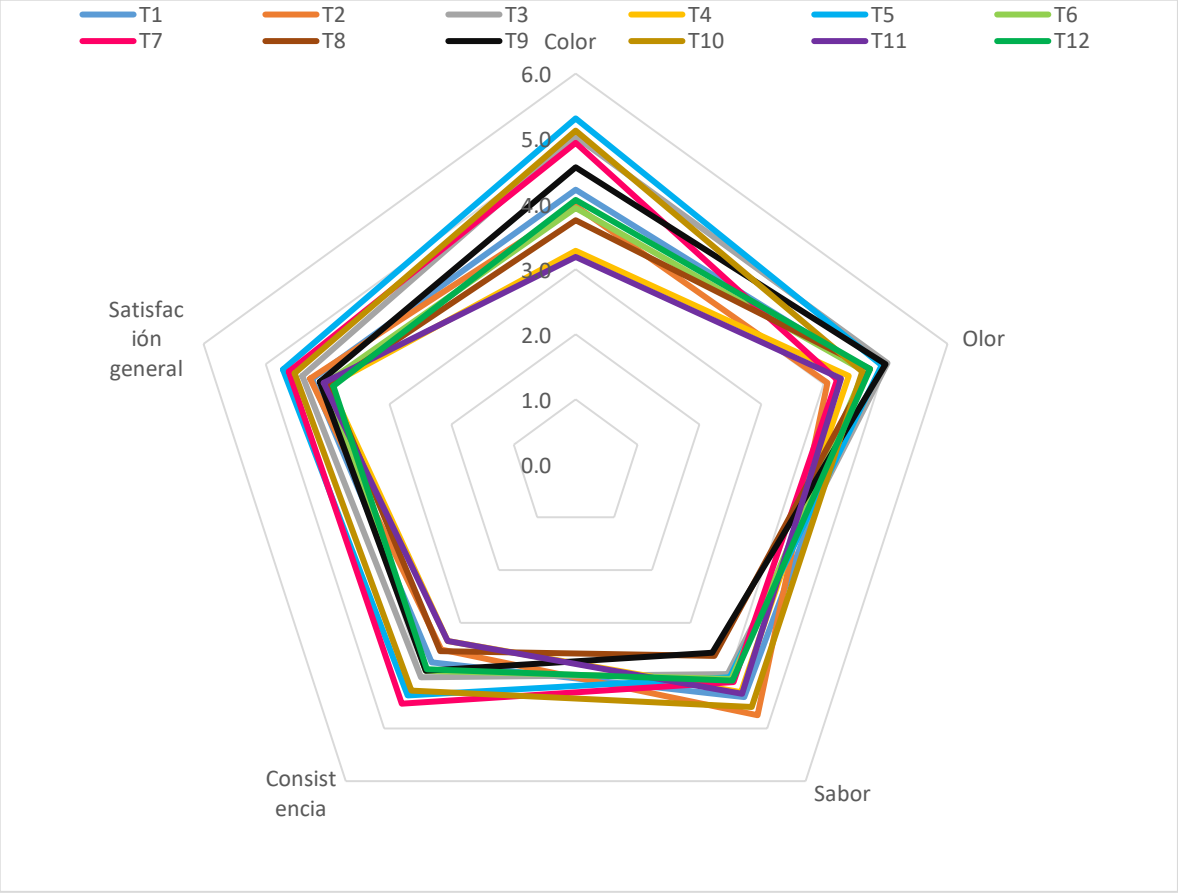


Figura 7. Diagrama radial de las puntuaciones sensorial de las formulaciones.

Los datos obtenidos de los atributos sensoriales de las diferentes formulaciones fueron ajustados a varios modelos, mostrándose los detalles a continuación:

5.3.1.1 Color

Los datos obtenidos del color (tabla 13) fueron ajustados mediante regresión múltiple a varios modelos estadísticos, escogiéndose el modelo especial cuártico, presentando en el ANOVA un *p-value* significativo (p<0,05) y una falta de ajuste no significativa (anexo 8). Este modelo describió el color en función a los componentes de la formulación, mediante la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Color} = \quad & 4{,}5809 * A + 3{,}24357 * B + 4{,}0092 * C + 4{,}99823 * AB \\ & + 4{,}21698 * AC + 1{,}51663 * BC + -23{,}7303 * A^{\wedge 2BC} + - \\ & 65{,}5867 * AB^{\wedge 2C} + 28{,}3508 * ABC^{\wedge 2} \end{aligned} \qquad (19)$$

Donde A representó el porcentaje de infusión de cascara de piña, B el zumo de arándano y C el zumo de pitahaya.

La figura 8 representó la superficie de respuesta en función de la infusión de piña, zumo de arándano y zumo de pitahaya. En ésta, se aprecia el cambio progresivo de las zonas de tonalidades, desde azul pasando por el verde hasta rojo, representando la variación numérica mediante el cambio de color.

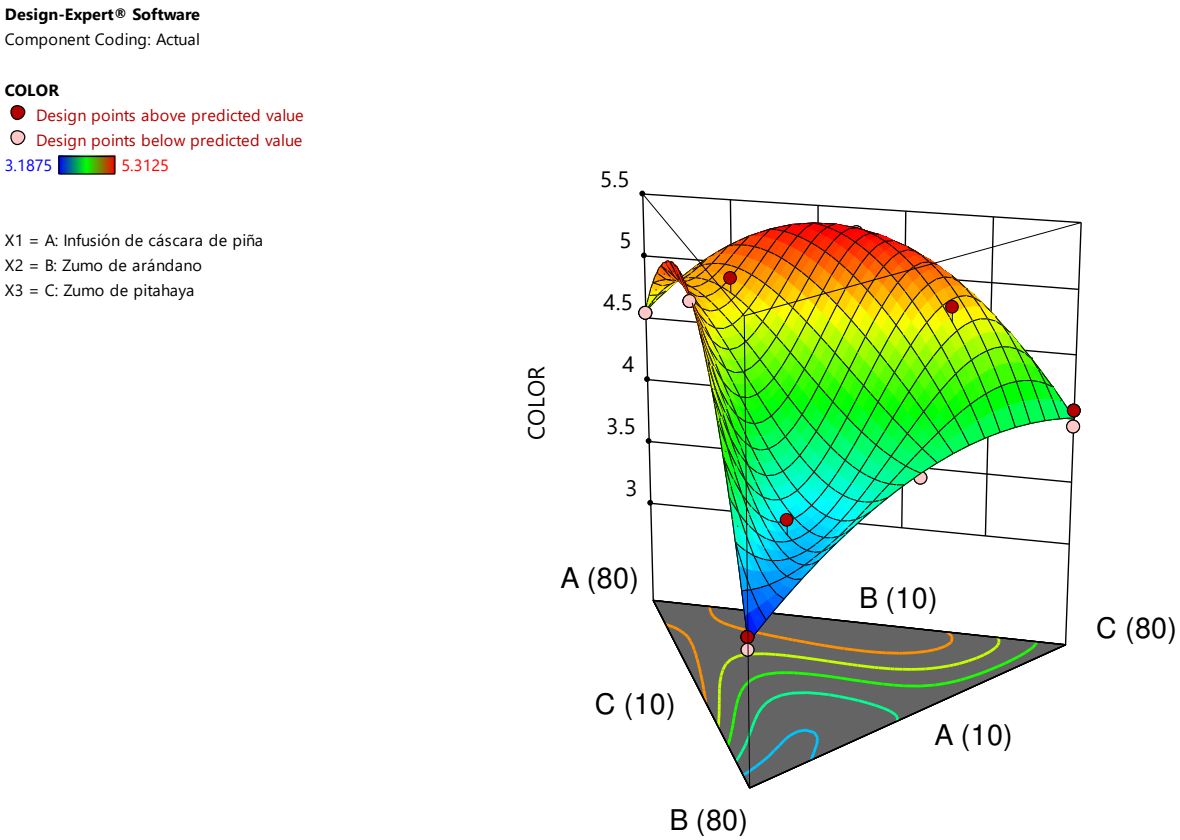


Figura 8. Superficie de respuesta para el color en función a la infusión de piña, zumo de arándano y zumo de pitahaya

Previo al ANOVA se verificó en cumplimiento de los supuestos normalidad, varianza constante e independencia de los residuos (anexo 7). Adicionalmente se realizó la representación gráfica de la destrucción normal (anexo 9).

Los coeficientes de determinación R^2 y R^2 *ajustado* fueron de 98,55% y 94,70 % (anexo 8), indicando que el modelo elegido se ajustó adecuadamente a los datos experimentales. Esto se apreció en la figura 9, donde se muestra los valores predichos por el modelo seleccionado (línea trasversal) vs los valores experimentales (puntos).

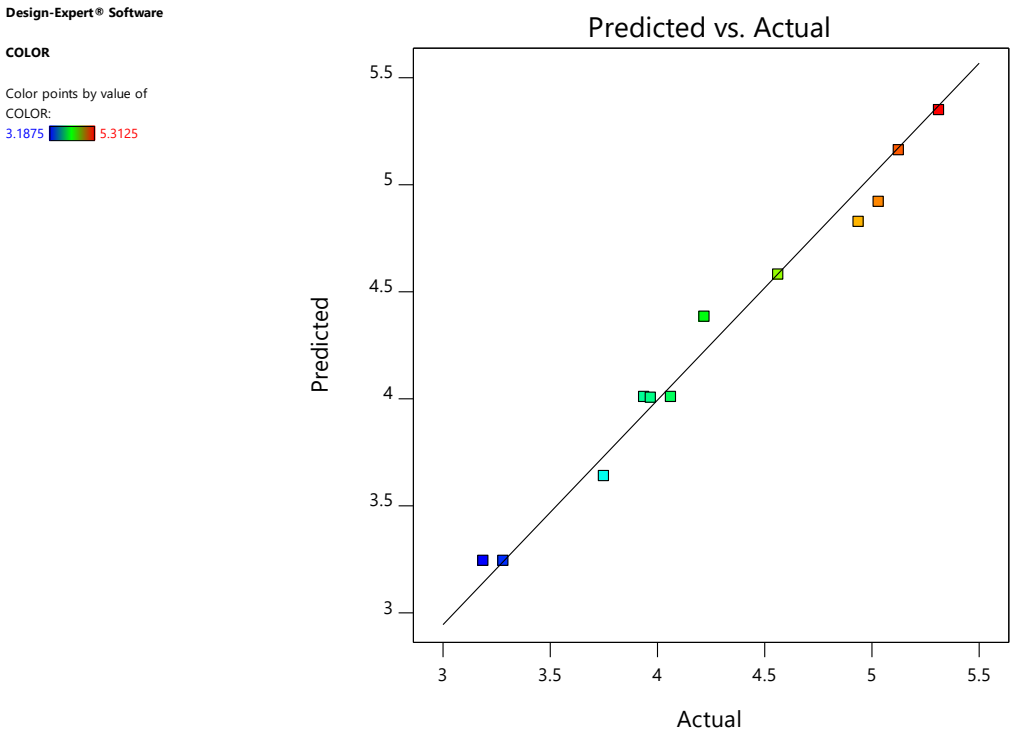


Figura 9. Grafica de valores predichos vs calculados para color.

5.3.1.2 Olor

Los datos obtenidos del olor (tabla 13) fueron ajustados a varios modelos, escogiéndose el modelo especial cuartico, el cual presentó un *p-value* significativo en el ANOVA y una falta de ajuste no significativa. Este modelo describió el olor en función a los componentes de la formulación, mediante la siguiente ecuación:

$$Olor = 5{,}00254 * A + 4{,}34502 * B + 4{,}7044 * C + -0{,}1748 * AB + 0{,}35645 * AC + -1{,}82851 * BC + 16{,}3097 * A^{\wedge 2BC} + 41{,}1054 * AB^{\wedge 2C} + -40{,}4571 * ABC^{\wedge 2} \quad (20)$$

Donde A representa el porcentaje de infusión de cáscara de piña, B el zumo de arándano y C el zumo de pitahaya.

La figura 10 representó la superficie de respuesta en función de la infusión de piña, zumo de arándano y zumo de pitahaya. En ésta, se aprecia el cambio progresivo de las zonas de tonalidades, desde azul pasando por el verde hasta rojo, representando la variación numérica mediante el cambio de color.

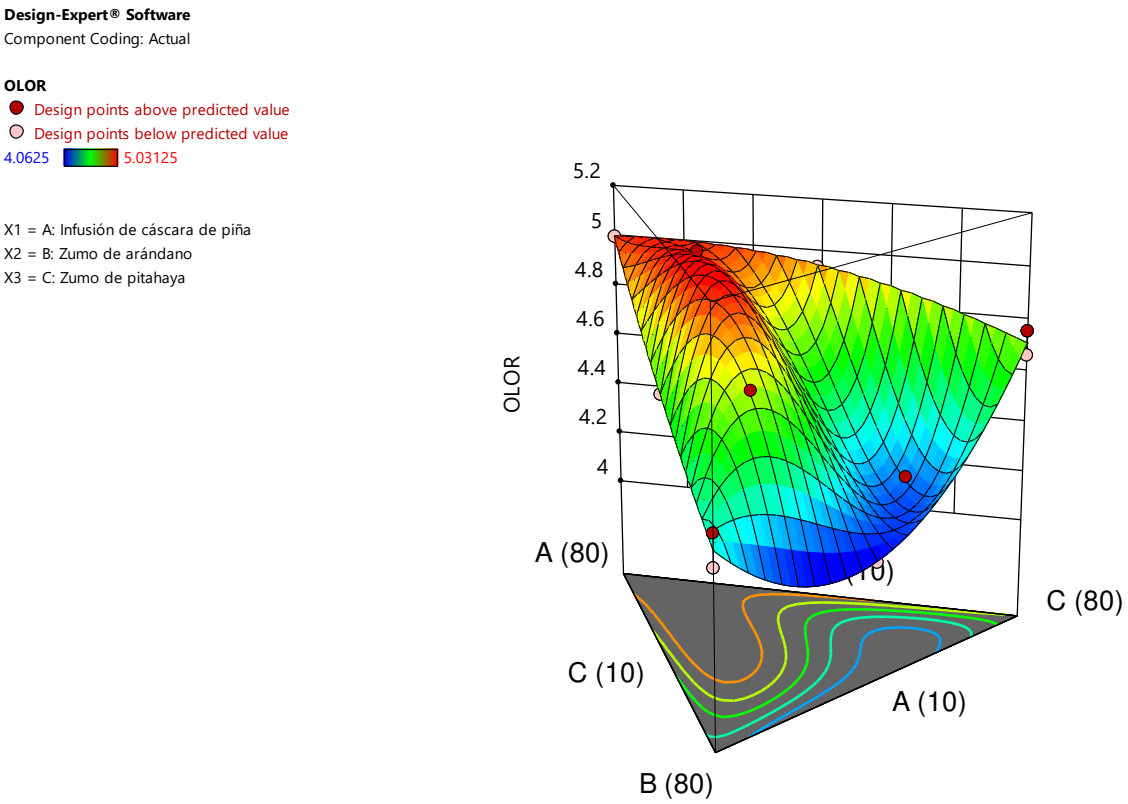


Figura 10. Superficie de respuesta para el olor en función a la infusión de piña, zumo de arándano y zumo de pitahaya.

Previo al ANOVA se verificó en cumplimiento de los supuestos de normalidad, independencia y homogeneidad de varianza (anexo 7). Adicionalmente se realizó la representación gráfica de la destrucción normal (anexo 9).

Los coeficientes de determinación R^2 y R^2 *ajustado* fueron de 98,76% y 95,44% (anexo 8), indicando que el modelo elegido se ajustó adecuadamente a los datos experimentales. Esto se apreció en la figura 11, donde se muestra los valores predichos por el modelo seleccionado (línea trasversal) vs los valores experimentales (puntos).

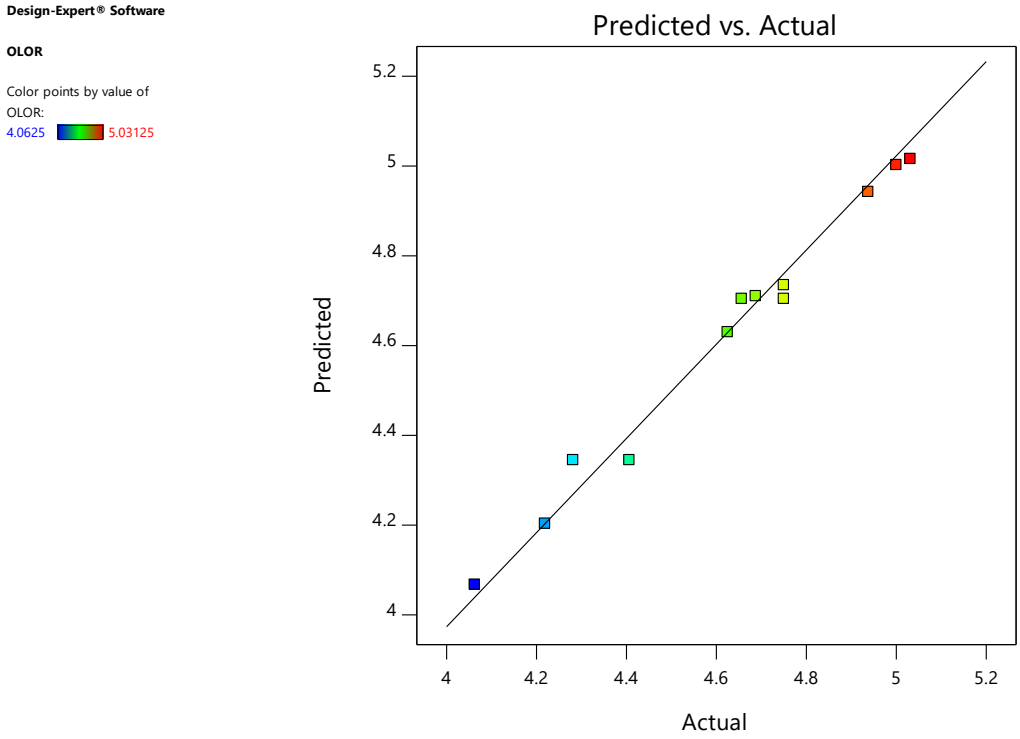


Figura 11. Gráfica de valores predichos vs calculados para el olor.

5.3.1.3 Sabor

Los datos obtenidos del sabor (tabla 13) fueron ajustados a varios modelos, no encontrándose ninguno significativo en el ANOVA, al igual que los coeficientes de determinación R^2 y R^2 ajustado (anexo 8). Por lo cual esta variable respuesta no será considerada para la optimización.

5.3.1.4 Consistencia

Los datos obtenidos de la consistencia (tabla 13) fueron ajustados a varios modelos, encontrándose que el modelo especial cuartico es significativo en el ANOVA al igual que los coeficientes de determinación R^2 y R^2 ajustado, pero la falta de ajuste es significativa (anexo 8). Por lo cual esta variable respuesta tampoco será considerada para la optimización.

5.3.1.5 Satisfacción global

Los datos obtenidos de la satisfacción global (tabla 13) fueron ajustados a varios modelos, escogiéndose el modelo especial cuártico, presentando un *p-value* significativo (p<0,05) en el ANOVA y una falta de ajuste no significativa (anexo 8). Este modelo describió la satisfacción global en función a los componentes de la formulación, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Satisfacción global} = 4{,}12785 * A + 4{,}01705 * B + 3{,}97017 * C + 1{,}85799 * AB + 2{,}70174 * AC + 1{,}17334 * BC + -14{,}3895 * A^{\wedge 2BC} + -41{,}9007 * AB^{\wedge 2C} + 23{,}9118 * ABC^{\wedge 2} \quad (21)$$

Donde A representa el porcentaje de infusión de cáscara de piña, B el zumo de arándano y C el zumo de pitahaya.

La figura 12 representó la superficie de respuesta en función de la infusión de piña, zumo de arándano y zumo de pitahaya. En ésta, se aprecia el cambio progresivo de las zonas de tonalidades, desde azul pasando por el verde hasta rojo, representando la variación numérica mediante el cambio de color.

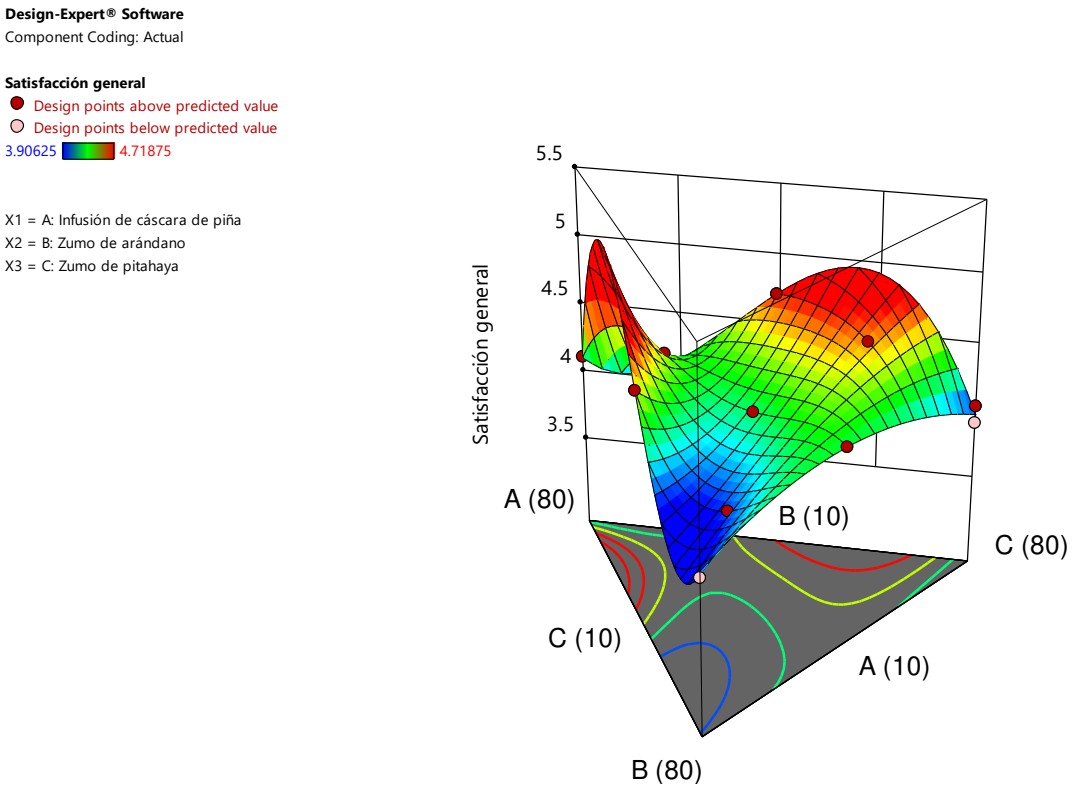


Figura 12. Superficie de respuesta para la satisfacción global en función a la infusión de piña, zumo de arándano y zumo de pitahaya

Previo al ANOVA se verificó en cumplimiento de los supuestos normalidad, varianza constante e independencia de los residuos (anexo 7). Adicionalmente se realizó la representación gráfica de la destrucción normal (anexo 9).

Los coeficientes de determinación R^2 y R^2 *ajustado* fueron de 98,35% y 95,94 % (anexo 8), indicando que el modelo elegido se ajustó adecuadamente a los datos experimentales. Esto se apreció en la figura 13, donde se muestra los valores predichos por el modelo seleccionado (línea trasversal) vs los valores experimentales (puntos).

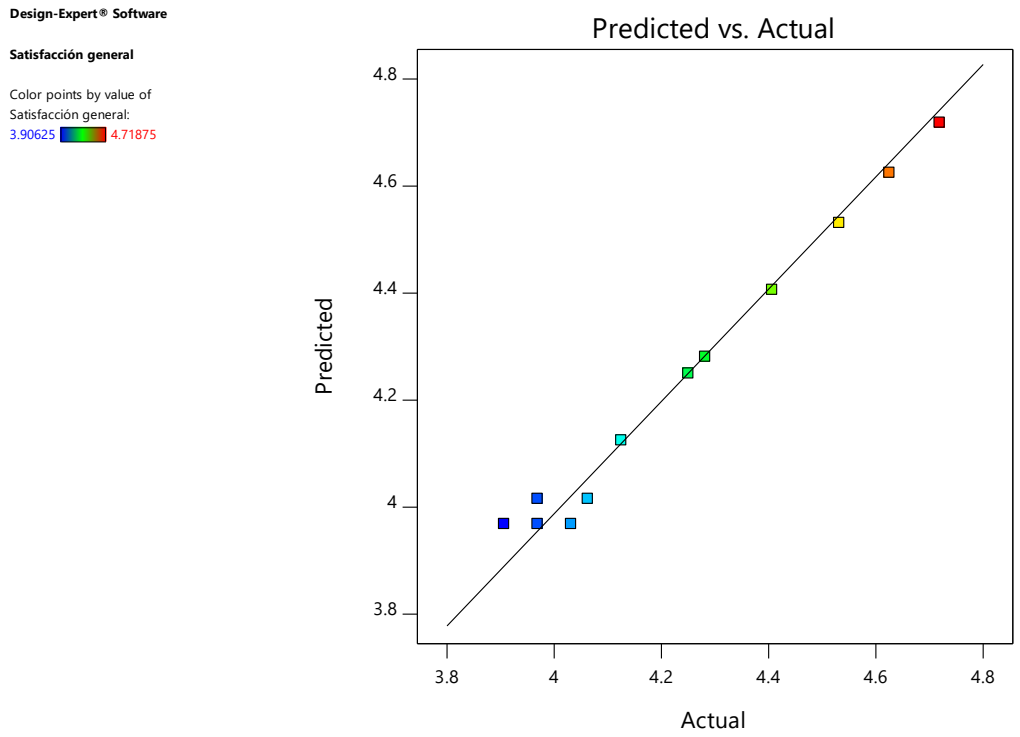


Figura 13. Gráfica de valores predichos vs calculados para satisfacción global.

5.3.2 Capacidad antioxidante de las formulaciones

Tabla 14. Capacidad antioxidante de las formulaciones

	Capacidad antioxidante (µmol TE/g)
T1	28,06 ± 0,47
T2	22,16 ± 0,21
T3	43,45 ± 0,74
T4	29,37 ± 0.41
T5	18,38 ± 0,24
T6	30,41 ± 0,39
T7	24,45 ± 0,29
T8	26,22 ± 0,18
T9	26,66 ± 0,26
T10	27,65 ± 0,39
T11	29,61 ± 0,59
T12	30,38 ± 0,72

Los datos obtenidos de la capacidad antioxidante de las diferentes formulaciones (tabla 13) fueron ajustados a varios modelos, no encontrándose ninguno significativo en el ANOVA al igual que los coeficientes de determinación R^2 y R^2 ajustado (anexo 8). Por lo cual esta variable respuesta no será considerada para la optimización.

5.4 Optimización y confirmación de la formulación óptima

Para la optimización simultánea se tomó en cuenta solo las variables que cumplieron los supuestos para el ANOVA, presentar modelo significativo, falta de

ajuste no significativa y coeficientes de regresión (R^2 y R^2_{aj}) con ajuste satisfactorio. Estas variables fueron el color, olor y satisfacción global.

Posterior a la obtención de los modelos matemáticos para cada una de las variables respuesta y haciendo uso del software estadístico Design Expert® 11, se realizó la optimización simultánea basada en la función deseabilidad siguiendo la metodología descrita por Derringer y Suich [100]. Se buscó maximizar estas respuestas, de modo que la variable respuesta d asumió el valor máximo basado en los datos experimentales (ecuaciones 22, 23, 24), considerándose el peso o r como 1 .

$$d_1 \begin{cases} y_{3.19} & \\ 3.19 \leq y_{\leq 5.31} & \\ y_{\geq 5.31} & \end{cases} \qquad (22)$$

$$d_2 \begin{cases} 0 & y_{olor} < 4.06 \\ \left(\frac{y_{olor} - 4.06}{0.97}\right)^1 & 4.06 \leq y_{olor} \leq 5.03 \\ 1 & y_{olor} \geq 5.03 \end{cases} \qquad (23)$$

$$d_3 \begin{cases} 0 & y_{satis} < 3.91 \\ \left(\frac{y_{satis} - 3.91}{0.81}\right)^1 & 3.91 \leq y_{satis} \leq 4.72 \\ 1 & y_{satis} \geq 4.72 \end{cases} \qquad (24)$$

Seguidamente estas funciones se incorporaron a una única función denominada deseabilidad global (ecuación 25), que se optimizó para obtener la formulación optima.

$$D = (d_1 * d_2 * d_3)^{\frac{1}{3}} \qquad (25)$$

Finalmente se obtuvo 3 soluciones con diferentes valores de función deseabilidad que oscilaban entre 0,76 y 0,98, presentadas en la tabla 15, eligiéndose la “solución 1” la cual presentó el mayor valor de deseabilidad. Además, esta solución también brinda los valores predichos para las variables respuesta.

Tabla 15. Formulaciones óptimas de bebida funcional

	Infusión de cáscara de piña	Zumo de arándano	Zumo de pitahaya	Color	Olor	Satisfacción global	Deseabilidad
1	50,85	10,00	39,15	5,37	4,97	4,72	0,98
2	56,88	33,12	10,00	5,25	4,75	4,50	0,80
3	45,00	45,00	10,00	5,16	4,63	4,54	0,75

Posterior a la determinación de la formulación óptima se realizó la confirmación experimental de las variables respuesta significativas, estos resultados se presentan en la tabla 16.

Tabla 16. Confirmación de la formulación óptima

	Color	Olor	Sabor	Consistencia	Satisfacción global	Cap. antioxidante
Solución 1	5,37	4,97	N.R-	N.R -	4,72	N.R -
Experimental	5,03± 0,96	5,17 ± 1,15	3,70 ± 1,32	4,17 ± 1,23	4,87 ± 1,22	8,37 ± 0,15 [a]

N.R: valor no representativo por falta de significancia del modelo.

[a] Expresado en µmol TE/g (DPPH)

Se realizó la confirmación mediante la prueba de límites de control generado por el programa, encontrándose que los resultados experimentales para las variables respuesta significativas, presentaron variaciones admisibles por el modelo, tal como se presenta en la tabla 17, pues estos se encontraban dentro de los límites, por lo cual se determinó que no hay diferencia significativa entre los valores predichos y los valores experimental.

Tabla 17. Rangos de validación de variables respuesta de formulación óptima

	95% PI Low	Data Mean	95% PI High
Color	4,64	5,03	6,09
Olor	4,67	5,17	5,26
Satisfacción global	4,42	4,87	5,02

5.5 Evaluación de la formulación óptima

Tabla 18. Evaluación químico-bromatológica y compuestos bioactivos de la formulación óptima.

Parámetros	Valores
Humedad (%)	89,72 ± 0,06
Proteína total (%)	0,55 ± 0,15
Grasa (%)	0,25 ± 0,02
Cenizas (%)	0,26 ± 0,01
Fibra cruda (%)	0,42 ± 0,03
Carbohidratos totales (%)	9,22 ± 0,18
Energía total (kcal/100 g)	41,29 ± 0,30
pH	4,13 ± 0,02
Sólidos solubles (°Brix)	8,22 ± 0,12
Acidez [b]	0,38 ± 0,01
Cafeína	200 ppm
BET [c]	2,94 ± 0,03
BC [d]	1,85 ± 0,02
BX [e]	1,09 ± 0,01
Antocianinas monoméricas totales [d]	11,48 ± 0,19

[b] g ácido cítrico/100 g, [c] mg de betalaínas totales, [d] betacianinas y [e] betaxantinas en100 g.

VI. DISCUSIÓN

6.1 Evaluación de materias primas

6.1.1 Arándano

6.1.1.1 Características físicas de arándano

El peso y las dimensiones del arándano fueron de 1,7 ± 0,4 g, 11,8 ± 0,8 mm longitudinalmente y 15,7 ± 1,3 mm transversalmente, siendo semejante a lo reportado por Hernández de 1.55 g, 10.58 y 15.27 mm [102]. Las dimensiones del fruto pueden ser influenciadas por la cantidad y calidad de raíces, riego, manejo de conductividad eléctrica, nutrición y polinización de los frutales [103]. En cuanto al peso, las variables agroecológicas como tipo de sustrato y temperatura impactan sobre esta característica[104]. Se ha reportado disminución de peso y dimensiones por cambios poscosecha, debido a fenómenos de transpiración y respiración celular [105].

6.1.1.2 Características químico-bromatológicas de arándano

La humedad del arándano fue de 85,84 ± 0,05 %, las cenizas de 0,32 ± 0,01 %, la energía total de 55,41 ± 2,97 kcal/100 g, la proteína total de 1,20 ± 0,05 %, la fibra cruda de 1,4 + 0,01 %, los carbohidratos de 10,96 ± 0,84 % y grasa de 0,75 ± 0,02 %. Siendo semejante a lo descrito por Cervantes[106], con humedad de 85,5 ± 0,5, cenizas de 0,34 ± 0,01 %. La energía fue semejante a lo descrito por Pinedo [107] de 57,0 kcal/100. La proteína total, fueron inferiores a lo reportado por Pinedo de 2,55 %, igualmente la fibra cruda y carbohidratos totales reportado por Cervantes de 2,70 ± 0,2 % y 12,17 ± 2,02 % respectivamente. La grasa fue superior a lo reportado por Cervantes de 0,64 ± 0,02.

El índice de madurez del arándano fue de 8,47 ± 0,56, valor dentro del rango reportado por Saftner *et al.* de 8,9 a 32,3 para diversos cultivares de esta especie. Este valor se incrementa debido a la reducción de la acidez y aumento de los sólidos solubles [108].

La vitamina C del arándano fue de 27,48 ± 2,80 mg/100 g de fruta fresca, siendo superior a lo descrito por Quezada y Yenque [109] de 20,77 ± 0,47 mg/100 g.

Los sólidos solubles del arándano fueron de 11,67 ± 0,29 °Brix, semejante a lo reportado por Quezada y Yenque de 12,13 ± 0,31 °Brix .

El pH del arándano fue de 2,47 ± 0,01, siendo inferior a lo reportado por Quezada y Yenque de 2,73 ± 0,03. Lo anterior puede ser explicado ya que durante la maduración se genera el desdoblamiento y utilización de estos ácidos en el metabolismo primario y secundario del fruto, generando disminución en la acidez titulable y consecuente aumento de pH [105].

La acidez del arándano fue de 1,38 ± 0,10 g ácido cítrico/100 g de fruta fresca, lo cual es semejante a lo reportado por Hernández *et al.* de 1,39% [110].

Estas diferencias respecto a los sólidos solubles, acidez y peso pueden ser explicadas por el grado de madurez alcanzado en la recolección, siendo óptimos estos parámetros cuando el fruto es cosechado completamente azul [111]. De igual manera, fenómenos de respiración, degradación de almidones y protopectinas pueden generar aumento de sólidos solubles totales en la poscosecha[105].

6.1.1.3 Antocianinas de arándano

Las antocianinas totales para el arándano fueron de 165 ± 5,60 mg de cianidina 3 glucosido/100 g fruta fresca, valor semejante al descrito por Sandoval [112] de 161,1 mg/100 g. Las variaciones de este compuesto se explican debido a la influencia de factores exógenos como clima, temperatura, tipo de suelo, disponibilidad de nutrientes, prácticas culturales y riego [113].

6.1.1.4 Capacidad antioxidante de arándano

Se determinó la capacidad antioxidante para la fruta integra de arándano, siendo de 56,27 ± 2,2 µmol de TE/g de muestra fresca, valor inferior a lo descrito por Pesantes y Tejada de 70,52 ± 3,10 µmol TE/g [42], pero superior a lo reportado por Gamboa y Silva de 30,98 µmol TE/g de fruta fresca[114] La capacidad antioxidante en arándanos presenta mayor correlación con el contenido fenólico que con la concentración de antocianinas[115]. La actividad antioxidante de los fenoles se explica debido a la

facilidad con la que un átomo de hidrógeno de un grupo hidroxilo (OH) aromático puede ser donado a un radical libre y a la capacidad de un compuesto aromático de soportar un electrón no apareado [116].

6.1.2 Pitahaya roja

6.1.2.1 Características físicas de pitahaya roja

El peso y dimensiones promedio de la pitahaya roja fueron de 307,8 ± 113,0 g, 91,4± 13,5 mm longitudinalmente y 73,2 ± 14,5 mm transversalmente. Siendo superior a lo descrito por Goenaga *et al* [117] de 211,7 g, 47,6 y 55,4 mm, para el mismo cultivar. El peso y las dimensiones dependen del momento que son cosechados, ya que estos presentan comportamiento sigmoideo a través del tiempo, presentando un fuerte descenso posterior a la aparición de color reportado a los 24-25 días después la antesis floral [118]

6.1.2.2 Características químico-bromatológicas de pitahaya roja

La humedad de la pitahaya roja fue de 84,15 ± 0,15 %, la proteína total de 0,12 ± 0,002 %, la grasa de 0,15 ± 0,03 %, las cenizas de 0,57 ± 0,02 %, los carbohidratos totales de 15,01 ± 0,16 % y la fibra cruda de 4,30 ± 0,02 %. El valor de humedad se encuentra próximo a lo reportado por el INCMNSZ mexicano [119] de 82,3. La proteína fue inferior a lo reportado por Mercado [120] de 0.5% para la misma especie. La grasa y cenizas fueron semejantes a lo reportado por Mercado-Silva de 0,1 y 0,5 %. Los carbohidratos totales fueron semejantes a lo reportado por el INCMNSZ de 13,55 %. La fibra cruda fue superior a lo reportado en la Tabla de Composición de Alimentos Colombianos de 3,3 % [121].

El aporte calórico de la pitahaya roja fue 61,85 ± 0,40 kcal/100 g, valor superior a lo reportado por en por el INCMNSZ mexicano [119] de 54,0 kcal/100 g. Lo cual se puede explicar por un mayor contenido de sólidos soluble de la fruta analizada. Por su bajo valor energético y aporte de fibra cruda esta contribuye a una dieta saludable [122].

La vitamina C en la pitahaya roja fue de 7,80 mg/100 g, siendo inferior a lo descrito por Centurión *et al*. De 9,6 mg/100 g [123]. El contenido de ácido ascórbico en vegetales

varía considerablemente por prácticas agrícolas, genética, fertilización, niveles de radiación, riego, manejo poscosecha. Es una de las vitaminas más inestables y se degrada por el pH (inestable en condiciones alcalinas), lixiviación, radiaciones UV, calor [124]. Algunos autores reportaron bajas concentraciones de ácido ascórbico mediante métodos de reducción no especifica como la de 2,6-diclorofenol-indofenol, pero otras fuentes indican que esta fruta esta desprovista de ácido ascórbico [125].

Los sólidos solubles de la pitahaya roja fueron de 13,83 ± 0,58 °Brix, ligeramente inferior a lo descrito por Goenaga *et al*. [117] de 14,5 %. Estos están principalmente conformados por glucosa y fructosa, siendo dependiente del genotipo [50]. Los sólidos solubles se acumulan y se relacionan con el desarrollo del color rojizo característico de frutos maduros [123]

El pH de la pitahaya roja fue de 4,16 ± 0,02 g, inferior a lo descrito por Ochoa *et al*. de 5,51 ± 0,4 [126], pero semejante a lo reportado por Stintzing *et al*. de 4,6 [125].

La acidez de la pitahaya roja fue de 0,26 ± 0,01 mg de ácido málico/100 g, inferior a lo reportado por Stintzing *et al.* de 0,33 mg/100 mL. El ácido málico es el principal acido presente en esta fruta [125] La acidez titulable disminuye significativamente conforme a la maduración del fruto [123].

El índice de madurez de la pitahaya roja fue de 53,53 ± 1,18. Próximo a lo reportado por Osuna *et al*. [127]. Este índice proporciona una referencia del sabor del fruto, ya que es la relación entre azúcares y ácidos, esta relación aumenta durante la maduración debido al aumento de azúcares y disminución de ácidos orgánicos [128]. También se evidencia la disminución de almidones, mucilago, firmeza y el aumento en la acidez precede el cambio de color (indicativo del inicio de maduración) [118].

6.1.2.3 Betalaínas de pitahaya roja

En la pitahaya roja las betacianinas, betaxantinas y betalaínas totales fueron de 3,73 ± 0,01, 2,21 ± 0.01 y 5,93 ± 0,01 mg/100 g de pulpa fresca respectivamente, predominando las betacianinas. Estos valores fueron inferiores a los descritos por Hernández y Salazar de 5,49 ± 0,65, 2,22 ± 0,41, y 7,71 ± 1.06 betacianinas, betaxantinas y betalaínas totales respectivamente de *Hylocereus polyrhizus* [51]. La

concentración de betacianinas es influenciado por el estado de madurez, aumentando desde la antesis floral y coincidiendo con cambios en el color de la cáscara a tonalidades rojizas-violetas [129]. Este color característico se debe a diversas betacianinas, siendo la betanina y su epímero C15, la isobetanina, los principales responsables del pico de absorción a 538 nm, correspondiendo el área restante del pico los derivados monoacílicos [125].

6.1.2.4 Capacidad antioxidante de pitahaya roja

La capacidad antioxidante de pitahaya roja fue de 12,15 ± 2,22 µmol TE/g de pulpa fresca. Siendo inferior al reportado por Coutinho de 53.68 ± 0.02 µmol TE/g para *Hylocereus polyrhizus* [54].Aunque semejante al valor reportado por Beltran *et al*. de 11.0 ± 0.2 µmol TE/g para *Stenocereus stellatus* rojo [130]*.* Vaillant *et al.* señala que la capacidad antioxidante debe atribuirse principalmente a la betacianina, siendo las betacianinas las principales responsables de las tonalidades rojizas del fruto [131]. Lo cual se corrobora por los resultados obtenidos de betacianinas y betaxantinas.

6.1.3 Piña

6.1.3.1 Características físicas de piña

El peso de la piña fue de 1141,2 ± 206,9 g, las dimensiones fueron de 132,8 ± 9,3, 112,2 ± 6,8 mm longitudinal y transversal respectivamente. Estos datos son menores a los reportados por Quispe de 2100 g y 23,68 cm de media [132]. La explicación del bajo porte de las frutas estudiadas se debe a que se eligió adrede unidades pequeñas.

6.1.3.2 Características químico-bromatológicas de piña

La humedad de la piña fue de 84,07 ± 0,34 %, las proteínas totales de 0,42 ± 0,01 %, la grasa de 0,25 ± 0,04 %, las cenizas de 0,3 ± 0,004 %, la fibra cruda de 0,84 ± 0,004 % y los carbohidratos totales de 14,96 ± 0,28 %. Siendo semejante la humedad a lo descrito por Apaza y Ureta de 83,62 ±1,31 [133]. De manera semejante las

proteínas, grasa y cenizas a lo reportado por el CENAN (Centro de Alimentación y Nutrición) de 0,4 %, 0,2 %, 0,3 % [134]. La fibra fue superior a lo descrito por el CENAN de 0,5. Los carbohidratos totales fueron superiores a lo reportado por el CENAN de 9,8.

La energía total fue de 63,75 ± 1,26 kcal/100 g, superior a lo reportado por el FEM de 50 kcal/100g [135]. Por lo cual este fruto es considerado como bajo en calorías [136].

La vitamina C fue de 21,95 ± 0,019 mg/100 g, valor inferior a lo descrito por Apaza y Ureta de 50,5 ± 02 mg/100 g. La piña es considera una buena fuente de esta vitamina, durante el desarrollo del fruto su contenido aumenta durante la maduración y disminuye posteriormente, variando según el estado de madurez [136].

Los sólidos solubles fueron de 14,33 ± 0,29 °Brix, valor semejante a lo descrito por Apaza y Ureta de 14,43 ± 0,40 °Brix. Los azúcares predominantes son la sacarosa, fructosa y glucosa, predominando la sacarosa, los solidos solubles varían en función de la madurez, estación y prácticas culturales [136]. Una vez cosechado el fruto, este suspende su maduración natural y los grados Brix, acidez y otros nutrientes no aumentarán y sólo se degradan [137].

El pH fue de 3,17 ± 0,02, valor semejante a lo descrito por Apaza y Ureta de 3.39 ± 0,29 [133]. En la poscosecha el pH tiende a aumentar ligeramente, con una consecuente ligera disminución de ácidos debido a su naturaleza no climatérica [138].

La acidez fue 0,52 ± 0,01 de g ácido/100 g, valor próximo al descrito por Mercado *et al*. de 0,54 a 1,00 g ácido/100 g [138]. La exposición a radiación solar se relaciona con la cantidad de azúcares y acidez de la fruta [137].

El índice de madurez fue de 27.41 ±0,81. Para este fruto ni la coloración de la cáscara, ni tamaño de fruto son indicadores de maduración del fruto, siendo la variación de verde a amarillo en todo el fruto el indicativo del comienzo de la maduración [132]. El índice de madurez deberá estar entre 22 y 30 traduciéndose en un adecuado balance para el gusto del consumidor promedio [137].

6.1.4 Rendimientos de frutas

El porcentaje de zumo extraído del arándano mediante métodos enzimáticos y físicos fue de 71,6 %, siendo el bagazo el 28,4%. Este rendimiento de zumo fue menor al obtenido por Zapata *et al*. de 83% [139].

El porcentaje de pulpa y cáscara de la pitahaya roja fueron de 82,5 y 18,5 %, valor superior al descrito por Castillo *et al*. para la pulpa de 73,5 % [140]. Esto puede explicarse ya que, durante la maduración se presenta un incremento de la proporción comestible frente a la cáscara [118,123]. El porcentaje de semillas fue de 14,3 %, valor semejante por lo reportado por Lim *et al*. para *H. polyrhizus y H. undatus* [141]. El porcentaje de zumo extraído de la pitahaya roja mediante métodos enzimáticos y físicos fue de 67,2 %, valor semejante a obtenido por Schweiggert *et al*. de 48 – 60% [142].

El porcentaje de pulpa y cáscara de la piña fue de 71,0 y 29,0 % respectivamente, coincidiendo con lo reportado por Chavez, que indica que hasta el 40% de la piña no es comestible al ser conformado por la cáscara, corona y corazón [143].

6.2 Formulación y evaluación de las formulaciones

Solo las variables color, olor y satisfacción global pudieron ser ajustadas satisfactoriamente al modelo especial cuártico. Además de cumplir con los supuestos estadísticos para el ANOVA, además de presentar falta de ajuste no significativa. Estos resultados fueron semejantes a los descritos por Talase encontró modelos significativos para en color, olor, sabor y apariencia en su bebida carbonatada de jugo de granada (*Punica granatum* L.) variedad wonderful [144].

Las variables las variables color, olor y satisfacción global tuvieron coeficientes de determinación R^2 y R^2_{aj} mayores a 0,7 (próximos a 1) para el modelo elegido, demostrando una satisfactoria la calidad del ajuste [66].

6.3 Optimización y confirmación de la formulación óptima

La formulación óptima estaba compuesta de 50,8% de infusión de piña, 10% de zumo de arándano y 39,2% de zumo de pitahaya. Su evaluación sensorial determinó

que las variables color, olor y satisfacción global se encontraban dentro de los límites tolerables para el modelo matemático. Pudiéndose interpretar los puntajes obtenidos por las variables la respuesta color y olor (tabla 17) como: "me gusta ligeramente", de manera semejante para la satisfacción global que presentó un valor muy próximo [69]. Siendo semejante a lo reportado por Marcelo y Aurora al evaluar el sabor, olor, color y satisfacción global de una bebida tipo néctar a base de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) al 31% de dilución [145]. Por su parte Morales obtuvo una puntuación superior, equivalente a "me gusta bastante", para los atributos sabor, color, olor, dulzura y aroma para la mejor formulación de una bebida energética de pitahaya roja (*Hyloceresu polyrhizus* Britton & Rose) y té negro (*Camellia sinensis*), siendo aroma el atributo que fue decisivo en la elección de la mejor formulación por parte del panel [146].

Se presume que el tratamiento térmico al cual se sometió el producto (90 °C por 10 minutos) también afecto las características sensoriales. El tratamiento térmico de 90 a 95 °C al que es sometido una bebida, además de cumplir el objetivo de pasteurizar también puede influenciar sobre los atributos sensoriales [147]. La pasteurización a 80 °C durante tiempos mayores a 15 minutos mejoró la aceptación del olor en néctares, debido a la producción de sustancias volátiles agradables para los consumidores. Este tratamiento térmico produjo cambios en el color percibido por los panelistas, debido al pardeamiento no enzimático. Estas condiciones impactan el ritmo e intensidad de liberación de sabor, mediante un atrapamiento físico de las moléculas de sabor dentro de la matriz alimentaria. Así mismo, se pueden generar compuestos volátiles que contribuyen al olor y sabor. También el tratamiento térmico genera efectos sobre la consistencia, produciendo una mayor solubilización y formación de gel o pasta de polímeros (almidón, pectinas, celulosa, etc.) [148].

La capacidad antioxidante fue de 8,37 ± 0,15 µmol TE/g (DPPH), siendo inferior al rango de 1185,97 – 896,91 µmol TE/100 mL descrito por Paria y Terrones para una bebida tipo néctar a base de sanky (*Corrycocatus brevistylus*) y arándano (*Viccinium myrtillus*) sometido a diferentes temperaturas y tiempos de pasteurización [147]. Pero superior a la bebida funcional de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y pitahaya (*Hylocereus ocamponis*) optimizada por Iman y Zapata, presentando 560,93±1,29 µg TE/100 mL [149].

Se presume que el tratamiento de pasteurización tiene efectos sobre la capacidad antioxidante de las formulaciones. Temperaturas de 60 a 70 °C durante 5 a 15 minutos demostraron tener efecto significativo en la reducción de la capacidad antioxidante de un néctar de arándano [150]. Resultados semejantes fueron obtenidos por Paria y Terrones al evaluar el efecto del tratamiento térmico en un néctar de sanky y arándano a 95 °C durante 45 a 120 segundo, reduciendo entre 9,46 a 24,61 % su capacidad antioxidante [147].Esto es debido a que la capacidad antioxidante de las frutas y su contenido de polifenoles, carotenos, antocianinas, ácido ascórbico, etc [151]. Así pues, temperaturas superiores a 50 °C disminuyen las betacianinas, polifenoles y capacidad antioxidante a causa de isomerización y descarboxilación de estos compuestos [152].

6.4 Evaluación de la formulación óptima

La formulación presentó valores altos de humedad y bajos de proteína, grasa, cenizas, fibra cruda, siendo de 89,72 ± 0,06, 0,55 ± 0,15, 0,25 ± 0,02, 0,26 ± 0,01 y 0,43 ± 0,03 % respectivamente. Una baja cantidad de carbohidratos de 9,22 ± 0,18 % y aporte calórico de 41,29 ± 0,30 kcal/100 g en comparación con una bebida energética de extracto de ginseng y sabor mora, siendo de 12,04 % y 60,43 kcal/100 g [153]. Lo anterior puede explicarse al uso de edulcorantes en lugar de azúcar, usualmente el término “energía” utilizado en este tipo de bebidas refiere a las sustancias farmacológicamente activas (cafeína), más no, al aporte calórico [26] Siendo más apropiado la denominación “estimulante” [28,29].

Los sólidos solubles de las bebidas dependen del alimento con los que se elaboran [147].La formulación óptima presentó 8,22 ± 0,12 °Brix, siendo inferior a las diferentes bebidas energéticas a base de ingredientes naturales (maca, yerba mate y ginseng) descritas por Ardila y Cordero, las cuales presentaron de 12,0 a 12,2 °Brix [153]. Pero semejante a la mejor formulación de una bebida de beterraga y arándanos de 8,2 ± 0,10 °Brix [154]. Se conoce que la pasteurización puede aumentar los sólidos solubles debido a la concentración de estos por la evaporación de agua [155]. Además, es de esperarse que este valor aumente durante el almacenamiento debido a la

degradación de los polisacáridos de las membranas celulares y liberación de azúcares [156].

El pH fue de 4,13 ± 0,02, siendo próximo al valor reportado por Iman y Zapata para su bebida a base de jarabe de yacón y pitahaya la cual presentó pH de 4,18 ± 0,01 [149], pero inferior a la mejor formulación de una bebida de beterraga y cola de caballo de 4,58 ± 0,01 [14]. Lo anterior puede explicarse debido a la naturaleza y proporción de las materias primas utilizadas, pues el arándano presentó un menor pH. Así pues, también se ha reportado que el tratamiento térmico (85 °C por 15 segundos) es capaz de incrementar el valor de pH, debido a la disociación de los ácidos en agua [157].

La acidez fue de 0,38 ± 0,01 g de ácido cítrico/100 g, inferior a lo reportado por una bebida a base de jarabe de yacón y pitahaya de 0,4011 ± 0,0121 % en ácido cítrico [149]. Probablemente se deba a que en la formulación óptima solo se incorporó 10% de zumo de arándano, el cual presentó alta acidez, pero también se utilizó un porcentaje alto de infusión de cáscara de piña (50%) de baja acidez. Se ha reportado que durante el almacenamiento mientras el pH aumenta la acidez titulable desciende [156].

La concentración de cafeína fue de 200 ppm o ligeramente superior, debido al efecto de concentración por evaporación del agua durante el tratamiento térmico. Siendo próximo al máximo de cafeína para bebidas gasificadas jarabeadas (200 ppm) conforme la NTP 214.001 [97], pero inferior al contenido usual de una bebida energética (320 mg/L) [26]. Considerando una presentación de 350 mL esta aportó 70 mg de cafeína, no planteando riesgo para el consumidor, pues la dosis untaria máxima es de 200 mg y siendo posible consumir hasta más de 5 presentaciones, ya que el límite es de 400 mg al día para un adulto sano [158].

La concentración de betacianinas, betaxantinas y betalaínas totales en la bebida fueron de 1,85 ± 0,02, 1,09 ± 0,01 y 2,94 ± 0,03 mg/100 g respectivamente, predominando las betacianinas. Siendo inferior a los jugos ultrafiltrados de tuna (*Opuntia ficus-indica*), de 34.93 ± 0.88 y 46,93 ± 0,24 mg/L respectivamente [159]. Pero superior a lo descrito por Moreno *et al*. para una bebida con tuna (*Opuntia elatior* Miller) y beterraga (*Beta vulgaris* L.), siendo de 0,86 a 1,10 mg/100 mL. Estos biactivos se degradan en el tiempo debido a reacciones con el oxígeno presente en

los espacios de cabeza del envase, acción de radicales libres y trazas de minerales [160].

Las antocianinas totales fueron de 11,48 ± 0,19 mg de cianidina 3 glucósido/100 g, siendo inferior a lo reportado por Flores *et al*. para bebidas a base de maíz morado (*Zea mays* L.) y uña de gato (*Uncaria tormentosa* sp) que presentaron de 150,4 a 135,7 mg de antocianinas/L [161]. La pasteurización puede provocar disminuciones del 28.5% de antocianinas [162].

VII. CONCLUSIONES

El arándano presentó valores 85,84 ± 0,05 (g%) de humedad, 1,20 ± 0,05 (g%) de proteína total, 0,75 ± 0,02 (g%) de grasa 0,32 ± 0,01 (g%) de cenizas, 1,40 ± 0,01 (g%) de fibra cruda, 10,96 ± 0,84 (g%) de carbohidratos totales. Asimismo, 27,48 ± 2,80 mg/100 g de vitamina C, 1,38 ± 0,10 g% de acidez (ácido cítrico), 8,47 ± 0,56 de índice de madurez, 165,78 ± 5,6 mg de cianidina 3 glucósido/100 g y capacidad antioxidante de 25,90 ± 0,19 µmol TE/g (DPPH). La pitahaya roja presentó valores 84,15 ± 0,15 (g%) de humedad, 0,12 ± 0,002 (g%) de proteína total, 0,15 ± 0,03 (g%) de grasa, 0,57 ± 0,02 (g%) de cenizas, 4,30 ± 0,02 (g%) de fibra cruda, 15,01 ± 0,16 (g%) de carbohidratos totales. Asimismo, 7,80 ± 0,0 mg/100 g de vitamina C, 0,26 ± 0,10 g% de acidez (ácido málico), 53,53 ± 1,18 de índice de madurez, 5,93 ± 0,01 mg/100 g de betalaínas totales, 3,73 ± 0,01 mg/100 g de betacianinas, 2,21 ± 0,01 mg/100 g de betaxantinas y capacidad antioxidante de12,15 ± 2,22 µmol TE/g (DPPH). Por su parte la piña presentó valores 84,07 ± 0,34 (g%) de humedad, 0,42 ± 0,01 de proteína total, 0,25 ± 0,04 (g%) de grasa, 0,30 ± 0,04 (g%) de cenizas, 0,84 ± 0,04 (g%) de fibra cruda, 14,96 ± 0,38 (g%) de carbohidratos totales. Asimismo, 21,95 ± 0,19 mg/100 g de vitamina C, 0,52 ± 0,01 g% de acidez (ácido cítrico), 27,41 ± 0,81 de índice de madurez.

g. La formulación óptima de la bebida funcional a base de zumo de arándano (*Vaccinium corymbosum*), zumo de pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) e infusión de cáscara de piña (*Ananas comosus* L. Merr), en función a sus atributos sensoriales y capacidad antioxidante fue la compuesta por 50.85% de infusión de cascara de piña, 10% de zumo de arándano y 39.15% de zumo de pitahaya.

h. La formulación óptima presentó; 10,28 ± 0,06 (g%) de solidos totales, 83,72 ± 0,06 (g%) de humedad, 0,55 ± 0,15 (g%) de proteína total, 0,25 ± 0,02 (g%) de grasa, 0,26 ± 0,01 (g%) de cenizas, 0,42± 0,03 (g%) de fibra cruda, 9.22 ± 0.18 (g%) de carbohidratos totales. Asimismo, 41,29 ± 0,30 kcal/100 g de energía total, 4,16 ± 0,02 de pH, 8,22 ± 0,12 °Brix, 0,38 ± 0,10 g% de acidez (ácido cítrico), 200 ppm de cafeína, 2,94 ± 0,03 mg/100 g de betalaínas

totales, 1,85 ± 0,02 mg/100 g de betacianinas, 1,09 ± 0,01 mg/100 g de betaxantinas, 11,48 ± 0,19 mg/100 g de antocianinas monoméricas totales y y capacidad antioxidante de 8,37 ± 0,15 µmol TE/g (DPPH).

VIII.RECOMENDACIONES

- Realizar comparaciones entre mezclas binarias y triples para determinar su aceptabilidad sensorial y presencia compuestos bioactivos.

- Evaluar la vida útil del producto.

- Validad la aptitud microbiológica de la bebida.

- Evaluar diferetes parámetros para optimizar el tratamiento termico y su impacto sobre la capacidad antioxidante y atributos sensoriales.

- Buscar alternativas para el aprovechamiento de la cáscara y semillas de la pitahaya roja.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agramonte D, Ronceros L. Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de bebida energética gasificada a base de maca negra, hoja de coca y arándano [Internet] [Tesis de grado]. [Lima]: Universidad de Lima; 2016 [citado 3 de abril de 2023]. Disponible en: http://repositorio.ulima.edu.pe/handle/ulima/3205

2. Balbin D. Estudio de pre-factibiilidad para la producción y comercialización de una bebida energética en base a extractos de hoja de coca y superfrutas [Internet] [Tesis de grado]. [Lima]: Pontificia Universidad Católica Del Perú; 2019 [citado 17 de noviembre de 2022]. Disponible en: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/14161

3. Delgado D, Sánchez G. Las bebidas funcionales en el consumidor peruano actual y el replanteamiento de la estrategia comercial de Arca Continental Lindley en base a las nuevas tendencias de consumo de bebidas. [Internet] [Tesis de grado]. [Lima]: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; 2018. Disponible en: http://hdl.handle.net/10757/623508

4. Heckman M, Sherry K, Gonzalez E. Energy Drinks: An Assessment of Their Market Size, Consumer Demographics, Ingredient Profile, Functionality, and Regulations in the United States. Compr Rev Food Sci Food Saf [Internet]. 2010 [citado 17 de noviembre de 2022];9(3):303-17. Disponible en: https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1541-4337.2010.00111.x

5. Armando C. El Arándano en el Perú y el Mundo – Producción, Comercio y Perspectivas 2016 [Internet]. Lima; 2016 [citado 9 de diciembre de 2022]. Disponible en: https://repositorio.midagri.gob.pe/handle/20.500.13036/44

6. Vite A. Posibilities of Introducing Pitaya Farming in Frías (Ayabaca-Piura). Espacio y Desarrollo [Internet]. 2014 [citado 22 de abril de 2023];26:129-42. Disponible en: https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/13970

7. Altendorf S. Perspectivas mundiales de las principales frutas tropicales: Perspectivas, retos y oportunidades a corto plazo en un mercado global pujante [Internet]. 2017 [citado 22 de abril de 2023]. Disponible en: https://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Tropical_Fruits/Documents/Tropical_Fruits_Spanish2017.pdf

8. Molina S. Estudio para el mejoramiento del proceso de producción de mermelada de piña en una empresa agroindustrial, a través de alternativas de producción más limpia [Internet] [Tesis de grado]. [Quito]: Escuela Politécnica Nacional; 2010 [citado 6 de diciembre de 2022]. Disponible en: https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2604

9. Caetano M, Tamayo F, Muñoz J, Morales J, Suárez R, Sandoval C, et al. Enfoque multidisciplinario para solución en el agro colombiano: el caso Pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus*. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas [Internet]. 2011 [citado 22 de abril de 2023];1(23):52-64. Disponible en: https://revistaaccb.org/r/index.php/accb/article/view/33

10. Vega S. Bebida funcional de guaraná (*Paullinia cupana),* coca (*Erytrhroxylum coca*), arándanos (*Vaccinium corymbosum*) y su capacidad antioxidante [Internet] [Tesis de grado]. [Huacho]: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión; 2021 [citado 17 de noviembre de 2022]. Disponible en: https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/4372

11. Nieto J, Suarez C. Desarrollo de una bebida energizante con pulpa de maracuyá, cristales de aloe vera, panela y propiedades antioxidantes Development of an energy drink with passion fruit pulp, aloe vera crystals, panela and antioxidant properties. Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica [Internet]. 2020 [citado 17 de noviembre de 2022];23(2):1-9. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262020000200016

12. Maryati Y, Susilowati A, Aspiyanto, Mulyani H, Artanti N, Budiari S. Evaluation of antioxidant activity of formulated functional drinks derived from katuk (*Sauropus androgynous*) leaf extracts: Optimization using response surface methodology (RSM). En: AIP Conference Proceedings [Internet]. Tangerang: American Institute of Physics Inc.; 2019 [citado 17 de noviembre de 2022]. Disponible en: https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.5134582

13. Gil I, Deaza G. Desarrollo de una bebida refrescante con antioxidantes a base de café verde (*Coffea arábica*) y pulpa de gulupa (*Passiflora edulis Sims*). [Internet] [Tesis de grado]. [Bogotá]: Universidad la Salle; 2019 [citado 17 de noviembre de 2022]. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/275/

14. Fernández F. Formulación de una bebida funcional a base de *Beta vulgaris* L. y *Equisetum arvense* L. para su evaluación de la capacidad antioxidante y polifenoles totales [Internet] [Tesis doctoral]. [Huacho]: Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión ; 2018 [citado 17 de noviembre de 2022]. Disponible en: https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/1432

15. Torres A, Guinand J, Perez S. Desarrollo de una bebida energizante con pulpa de tomate de árbol. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos [Internet]. 2015;6(1):57-68. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/282090521

16. Calvo C, Gómez C, López C, Royo Á. Nutrición, salud y alimentos funcionales. Primera. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia; 2011.

17. Jiménez M. Las bebidas funcionales como respuesta a un consumidor cada vez más preocupado por la salud [Internet] [Tesis de maestría]. [Madrid]: Universidad Pontificia Comillas; 2017. Disponible en: https://www.iit.comillas.edu/pfc/resumenes/59636df7e2285.pdf

18. Codex Alimentarius. Norma general para los aditivos alimentarios (CODEX STAN 192-1995. Rev. 2021) [Internet]. 1995. Disponible en: http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/en/

19. Sánchez J, Romero C, Arroyave C, García A, Giraldo F, Sánchez L. Bebidas energizantes: efectos benéficos y perjudiciales para la salud. Perspectivas en Nutrición Humana [Internet]. 2015;17(1):79-91. Disponible en: http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/nutricion/article/view/25437

20. Cote M, Rangel C, Sánchez Y, Medina A. Bebidas energizantes: ¿Hidratantes o estimulantes? Revista de la Facultad de Medicina [Internet]. 2011 [citado 4 de diciembre de 2022];59(3):255-66. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/5763/576363545008.pdf

21. Calle S. Determinación analítica de la cafeína en diferentes productos comerciales [Internet] [Tesis de grado]. [Barcelona]: Universidad Politécnica de Catalunya; 2011 [citado 4 de diciembre de 2022]. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11148/PFC1.pdf

22. Pardo R, Alvarez Y, Barral D, Farré M. Cafeína: un nutriente, un fármaco, o una droga de abuso. Adicciones. 2007;19(3):225-38.

23. Nawrot P, Jordan S, Eastwood J, Rotstein J, Hugenholtz A, Feeley M. Effects of caffeine on human health [Internet]. Vol. 20, Food Additives and Contaminants. 2003 [citado 17 de noviembre de 2022]. p. 1-30. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12519715/

24. Silva L. Bebidas energizantes: composición química y efectos en el organismo humano [Internet] [Tesis de maestría]. [Bogotá]: Universidad Nacional de Colombia; 2015 [citado 5 de diciembre de 2022]. Disponible en: https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/56554

25. Yacelga K. Elaboración de una bebida energizante a partir de guayusa, pitahaya, frambuesa, jackfruit, mora y uva verde edulcorada con estevia. [Internet] [Tesis de grado]. [Quito]: Universidad Central del Ecuador; 2017 [citado 17 de noviembre de 2022]. Disponible en: http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/12655

26. Codex Alimentarius. Documento de debate sobre bebidas para deportistas y bebidas energéticas. Berlín; 2001 p. 1-11.

27. Holguín E, Alonso M, Álvarez C, Quesadi C, Ruiz B. Energy drinks consumption prevalence, motivation and associated factors in medical students: Cross-sectional study. Revista Espanola de Nutricion Humana y Dietetica [Internet]. 2020 [citado 5 de diciembre de 2022];24(1):61-7. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2174-51452020000100007

28. Maidana M, Zannier M, Williner M. Bebidas energizantes comercializadas en la ciudad de Santa Fe (Argentina): cuantificación de sus componentes y cumplimiento de la legislación. Fabicib. 2014;15:33-46.

29. Roussos A, Franchello A, Larocca T, Barbeito S. Bebidas energizantes y su consumo en adolescentes. Pediatría y nutrición. 2009;10(2):124-9.

30. Barreda R, Molina L, Reyes V, Alford C, Vester J. Actualización sobre los efectos de la cafeína y su perfil de seguridad en alimentos y bebidas. Revista Médica del Hospital General de México [Internet]. 2012 [citado 17 de noviembre de 2022];75(1):60-7. Disponible en: https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-del-hospital-general-325-articulo-actualizacion-sobre-los-efectos-cafeina-X018510631223160X

31. Dirección Nacional de Alimentos. Guía básica para exportar frutas frescas. 2008 jun.

32. Sudzuki F. Arándano y Arándanos. IN: Cultivo de frutales menores. 5 °. Santiago: Editorial Universitaria; 1983. 89-97 p.

33. Asociación de Promoción Agraria del Perú. El cultivo del Arándano. 2003;57:5-7.

34. Maticore M. Cinco tipos de poda en arándano (*Vaccinium corymbosum* L. cv. Biloxi) y su influencia en determinados parámetros productivos [Internet] [Tesis de grado]. [Lima]: Universidad Nacional Agraria la Molina; 2017. Disponible en: http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3062/F01-M385-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

35. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Exportaciones de arándanos llegaron a los US$ millones el año pasado [Internet]. MIDAGRI. lIMA; 2019 [citado 9 de diciembre de 2022]. Disponible en: https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/24651-minagri-exportaciones-de-arandanos-llegaron-a-los-us-589-millones-el-ano-pasado

36. Red Agrícola Perú. El arándano peruano alcanza el liderazgo mundial [Internet]. Red Agricola Perú. Lima; 2020 [citado 9 de diciembre de 2022]. Disponible en: https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/24651-minagri-exportaciones-de-arandanos-llegaron-a-los-us-589-millones-el-ano-pasado

37. Muñoz C, Moreira I. Arándanos. Situación actual y perspectivas de negocio. Tierra adentro [Internet]. 2022 [citado 9 de diciembre de 2022];47:26-9. Disponible en: https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/5962

38. Fabres F. Arándanos: un salto gigantesco. Resultados en arándanos deben ser vistos con serenidad. Red Agrícola [Internet]. diciembre de 2013 [citado 10 de diciembre de 2022];11:6-9. Disponible en: https://www.redagricola.com/pe/assets/uploads/2017/08/raperu11.pdf

39. Forbes P, Mangas R, Pagano N. Diseño y Evaluación de Proyectos Agroindustriales. 2009.

40. Kalt W, Cassidy A, Howard L, Krikorian R, Stull A, Tremblay F. Recent Research on the Health Benefits of Blueberries and Their Anthocyanins. Advances in Nutrition [Internet]. 1 de marzo de 2019 [citado 10 de diciembre de 2022];11(2):224-36. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31329250/

41. Mejorado B, Arellano G, Rodriguez V, González N, González B, Guerra A. Evaluación del impacto de la ingesta de arándano sobre los niveles de colesterol, glucosa y triglicéridos en ratas Wistar alimentadas con dietas ricas en lípidos. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos [Internet]. 2016 [citado 10 de diciembre de 2022];1(1):551-5. Disponible en: http://eprints.uanl.mx/23908/

42. Pesantes C, Tejada E. Capacidad antioxidante y compuestos bioactivos en el proceso de elaboración de zumo de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) [Internet] [Tesis de Maestría]. [Lima]: Universidad Nacional del Callao; 2021 [citado 10 de marzo de 2023]. Disponible en: http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/5519

43. Anticona M, Frígola A, Esteve M. Determinación de polifenoles totales en arándanos y productos derivados Determination of total polyphenols in blueberries and derivatives. UCV-Scientia [Internet]. 2016 [citado 10 de diciembre de 2022];8(1):13-21. Disponible en: https://revistas.ucv.edu.pe/index.php/ucv-scientia/article/view/1169

44. Vite Vigo A. Agricultura de plantas silvestres en la sierra de piura : Análisis de un modelo productivo de cultivo y comercialización de pitaya en Frías [Internet] [Tesis de Grado]. [Lima]: Pontificia Universidada Católica del Perú; 2014. Disponible en: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/5592

45. Flores V, Docente R, Caro B, Llanos AH, Leiva CO, Silva GA, et al. Proyecto de exportación de Pitahaya con destino Francia. Lima; 2018.

46. Montesinos J, Ruíz G, Rodríguez L, Ortiz R, Fonseca M, Guevara F. Revisión bibliográfica pitahaya (*Hylocereus* spp .) Un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco Mexicano. Cultivos Tropicales. 2015;36(3):67-78.

47. Fouqué A. Espèces fruitière s d"Amèrique tropicale. Fruits. 1972;27(3):200-18.

48. Jorge L, Ferro V. Aspectos anatomicos e fitoquimicos de *Hylocereus undatus* (Haworth) Britton & Rose. Rev Farm Bioquim Univ Sao Paulo [Internet]. 1989 [citado 11 de diciembre de 2022];25(2):123-36. Disponible en: https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-de-farmacia-e-bioquimica-da-universidade-de-sao-paulo/articulo/aspectos-anatomicos-e-fitoquimicos-de-hylocereus-undatus-haworth-britton-rose

49. Esquivel P. Los frutos de las cactáceas y su potencial como materia prima. Agronomía Mesoamericana [Internet]. 2004 [citado 10 de diciembre de 2022];15(2):215-2019. Disponible en: https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/11916

50. Esquivel P, Araya Y. Características del fruto de la pitahaya (*Hylocereus* sp.) y su potencial de uso en la industria alimentaria. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos [Internet]. 2012;3(1):113-29. Disponible en: http://www.rvcta.org

51. Hernández P, Salazar M. Efecto de las betalaínas y fenoles solubles totales de pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*) como antioxidantes en yogur [Internet] [Tesis de grado]. [San Antonio de Oriente]: Escuela Agrícola Panamericana; 2017 [citado 23 de noviembre de 2022]. Disponible en: https://bdigital.zamorano.edu/items/1c2040ac-4991-45f7-9ba1-972e037c93ac

52. Wu L, Hsu H, Chen Y, Chiu C, Lin Y, Ho J. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. Food Chem. 2006;95(2):319-27.

53. Kanner J, Harel S, Granit R. BetalainsA New Class of Dietary Cationized Antioxidants. J Agric Food Chem [Internet]. 2001 [citado 11 de diciembre de 2022];49(11):5178-85. Disponible en: https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf010456f

54. Coutinho A. Caracterização físico-química e avaliação da atividade antioxidante de polpas de pitaias (*Hylocereus undatus* e *Hylocereus costaricensis*) in natura e congeladas. [Internet] [Tesis de maestría]. [Londrina]: Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2020 [citado 1 de diciembre de 2022]. Disponible en: http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/5219

55. Jiménez J. Manual práctico para el cultivo de pina de exportación [Internet]. Editorial Tecnológica de Costa Rica; 1999 [citado 13 de diciembre de 2022]. 224 p. Disponible en: https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UES.16414/Description#tabnav

56. FAO. Las principales frutas tropicales: Análisis del mercado 2018. Roma; 2020.

57. PromPerú. Exportando.pe. N° 21 [Internet]. junio de 2017 [citado 13 de diciembre de 2022]; Disponible en: https://repositorio.promperu.gob.pe/handle/20.500.14152/1947

58. Julca A. Agroindustria e innovación. En: VII Seminario Internacional de Frutas Tropicales . Medellin; 2010. p. 22-4.

59. Chuquihuanca D. Proyecto especial Pichis Palcazú manual de piña Capítulo VIII Plagas y Enfermedades Plagas [Internet]. Chanchamayo; 2010 [citado 13 de diciembre de 2022]. Disponible en: https://www.academia.edu/11058699/Proyecto_Especial_Pichis_Palcaz%C3%BA_Manual_de_Pi%C3%B1a_Cap%C3%ADtulo_VIII_Plagas_y_Enfermedades_Plagas

60. Pac P. Experiencias en el cultivo de piña (*Ananas comosus* (L)Merr.) con el hibrido MD2 en la finca la plata, coatepeque, quetzaltenango. Guatemala [Tesis de grado]. [Guatemala]: Universidad de San Carlos de Guatemala; 2005.

61. Jiménez M. Desarrollo de una pulpa para uso industrial a partir de los residuos generados durante el procesamiento de jugo de piña en la empresa Florida Products S.A. [Tesis de grado]. Universidad de Costa Rica; 2015.

62. Hassimotto N, Genovese M, Lajolo F. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. J Agric Food Chem. 20 de abril de 2005;53(8):2928-35.

63. Trujillo J. Evaluación de la capacidad antioxidante de extractos de la cáscara de piña (*Ananas comosus*), frente a un producto comercial [Internet] [Tesis de grado]. [Cuenca]: Universidad politécnica Salesiana ; 2021 [citado 3 de abril de 2023]. Disponible en: http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20032

64. Benites J, Ybañez R, Ganoza M, Mantilla E, Zavala E, Velasquez S, et al. Antioxidant effect and chemical composition of *Ananas comosus* [L.] Merr. peels from Peruvian Northern. Bol Latinoam Caribe Plantas Med Aromat. 2019;18(6):577-85.

65. Minitab Inc. Minitab : release 13 for Windows. MINITAB. Minitab Inc; 1999.

66. Gutiérrez H, de la Vara R. Análisis y diseño de experimentos [Internet]. Segunda edición. Ciudad de Mexico: Mac Graw Hill; Disponible en: www.FreeLibros.org

67. Montgomery D. Diseño y análisis de experimentos. Mexico D.F: Limusa Wiley; 2003.

68. Ibáñez F, Barcina Y. Análisis sensorial de alimentos: métodos y aplicaciones - F.C. Ibáñez - Google Libros [Internet]. Springer; 2001 [citado 14 de diciembre de 2022]. 180 p. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=wiSulMouZ-UC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false

69. Anzaldúa A. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica [Internet]. Zaragoza: Acribia; 1994 [citado 14 de diciembre de 2022]. 214 p. Disponible en: https://www.editorialacribia.com/libro/la-evaluacion-sensorial-de-los-alimentos-en-la-teoria-y-la-practica_53649/

70. Hernandez E. Evaluación sensorial. Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia; 2005. 1-128 p.

71. Robinson A, Chambers E, Milliken G. Just-About-Right (JAR) scales and hedonic scales provide different results. En Louisiana: IFT Annual Meeting, Session 99-F, Abstract; 2005. p. 2.

72. Coronado S, Vega L, Rey T, Vázquez M, Radilla C. Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana Antioxidants: present perspective for the human health. Rev Chil Nutr. 2015;42(2):206-12.

73. Rasheed A, Abdul R. A Review on Natural Antioxidants. Traditional and Complementary Medicine [Internet]. 13 de diciembre de 2019 [citado 30 de marzo de 2023]; Disponible en: https://www.intechopen.com/chapters/65194

74. Kuskoski E, Asuero A, Troncoso A, Mancini J, Fett R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. Food Science and Technology [Internet]. diciembre de 2005 [citado 14 de diciembre de 2022];25(4):726-32. Disponible en: http://www.scielo.br/j/cta/a/B58T9S5zLLxjBL5PVzZXHCF/?lang=es

75. Brand W, Cuvelier M, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT - Food Science and Technology. 1 de enero de 1995;28(1):25-30.

76. Liu R. Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. J Nutr [Internet]. diciembre de 2004 [citado 14 de diciembre de 2022];134(12 Suppl). Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15570057/

77. Wallace T, Giusti M. Anthocyanins. Advances in Nutrition [Internet]. 1 de septiembre de 2015 [citado 14 de diciembre de 2022];6(5):620-2. Disponible en: https://academic.oup.com/advances/article/6/5/620/4616693

78. Castañeda A, Pacheco L, Páez E, Rodríguez J, Galán C. Chemical studies of anthocyanins: A review. Food Chem. 15 de abril de 2009;113(4):859-71.

79. Khan M. Stabilization of betalains: A review. Food Chem. 15 de abril de 2016;197:1280-5.

80. Slimen I, Najar T, Abderrabba M. Chemical and antioxidant properties of betalains. J Agric Food Chem [Internet]. 1 de febrero de 2017 [citado 14 de diciembre de 2022];65(4):675-89. Disponible en: https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.jafc.6b04208

81. Madadi E, Mazloum S, Yu J, Ha J, Hamishehkar H, Kim K. Therapeutic Application of Betalains: A Review. Plants 2020, Vol 9, Page 1219 [Internet]. 17 de septiembre de 2020 [citado 14 de diciembre de 2022];9(9):1219. Disponible en: https://www.mdpi.com/2223-7747/9/9/1219/htm

82. Villamizar F, Ospina J. Frutas y Hortalizas: Manejo Tecnológico Postcosecha. 1a ed. Bogotá: Sección Publica SENA; 1995.

83. Manchego J, Ybañez S. Parámetros óptimos para la obtención de un néctar de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) y maracuyá (*Passiflora edulis*) y su estudio a nivel de pre-factibilidad [Internet] [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [Lima]: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2017 [citado 30 de junio de 2023]. Disponible en: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/6427

84. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Methods of Analysis of Association of AOAC International [Internet]. 18th Edition. W. Horwitz, G. W. Latimer Jr, editores. Gaithersburg; 2005 [citado 20 de abril de 2023]. Disponible en: https://www.worldcat.org/es/title/official-methods-of-analysis-of-aoac-international/oclc/649275444

85. FAO. Food energy-methods of analysis and conversion factors Ingested energy (IE) = gross energy (GE) Faecal energy (FE) Combustible gas (GaE) (from microbial fermentation).Report N.: 77. Rome; 2003.

86. Dirección general de normas. NMX-F-102-S-1978 Determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas. Ciudad de Mexico; 1978.

87. Galvis A. Tecnología de manejo postcosecha de frutas y hortalizas: Sección de Vegetales. [Internet]. 1a ed. Bogotá: Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA). ; 1992 [citado 14 de diciembre de 2022]. Disponible en: https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/16854/CDRP21068086e.pdf?sequence=1&isAllowed=y

88. Castellanos E, Yahia M. Identification and quantification of betalains from the fruits of 10 Mexican prickly pear cultivars by high-performance liquid chromatography and electrospray ionization mass spectrometry. J Agric Food Chem. 23 de julio de 2008;56(14):5758-64.

89. Zapata L, Heredia A, Quinteros C, Malleret A, Clemente , Cárcel J. Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos. Ciencia, docencia y tecnología [Internet]. 2014 [citado 14 de diciembre de 2022];(49):166-92. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-17162014000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es

90. Giusti MM, Wrolstad RE. Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. Current Protocols in Food Analytical Chemistry [Internet]. 1 de abril de 2001 [citado 14 de diciembre de 2022];00(1):F1.2.1-F1.2.13. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/0471142913.faf0102s00

91. Teixeira B, Aparcana I, Villareal L, Ramos E, et al. Evaluación del contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos de los frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) de diferentes lugares del Perú. Revista de la Sociedad Química del Perú [Internet]. 2016 [citado 1 de julio de 2023];82(3):272-9. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2016000300003&lng=es&nrm=iso&tlng=es

92. Rogers L. Recruitment of a sensory panel: a practical handbook for recruitment, training and performance. En: Sensory Panel Management. Woodhead Publishing; 2018. p. 75-146.

93. López A. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas [Internet]. Balcarce; 2003 [citado 16 de junio de 2023]. Disponible en: https://www.fao.org/documents/card/en/c/a179cccb-2b94-5e8f-8134-1036b247eed5

94. Castagnini J. Estudio del proceso de obtención de zumo de arándanos y su utilización como ingrediente para la obtención de un alimento funcional por impregnación a vacío [Internet] [Tesis Doctoral]. [Valencia]: Universidad Politécnica de Valencia; 2014. Disponible en: www.lalibreria.upv.es

95. Phuong N, Tuan Q. Application of Hydrolytic Enzymes for Improvement of Red Dragon Fruit Juice Processing. Asia Pacific Journal of Sustainable Agriculture Food and Energy (APJSAFE) [Internet]. 2016 [citado 15 de diciembre de 2022];4(1):1-4. Disponible en: https://journal.bakrie.ac.id/index.php/APJSAFE/article/view/1652

96. Codex Alimentarius. CODEX STAN 1992- 1995. Rev. 2021 Norma general para los aditivos alimentarios [Internet]. 1995. Disponible en: http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/en/

97. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). Bebidas gasificadas Jarabeadas. Requisitos - Norma Técnica Peruana 214.001. Revisada el , 214.001 Perú: INDECOPI; 2012 p. 101-15.

98. Obregón A, Elías C, Córdova J. Desarrollo de un néctar funcional a partir de aguaymato (*Physalis peruviana*), camu camu (*Myrciaria dubia*) y pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) enriquecido con la adición de fibra soluble. Tecnología Química [Internet]. 2019 [citado 18 de marzo de 2023];39(3):690-703. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852019000300690&lng=es&nrm=iso&tlng=es

99. Cornell J. Experiments with mixtures : designs, models, and the analysis of mixture data [Internet]. 3 ed. Wiley; 2002 [citado 15 de diciembre de 2022]. 649 p. Disponible en: https://www.wiley.com/en-us/Experiments+with+Mixtures%3A+Designs%2C+Models%2C+and+the+Analysis+of+Mixture+Data%2C+3rd+Edition-p-9780471393672

100. Derringer G, Suich R. Simultaneous Optimization of Several Response Variables. https://doi.org/101080/00224065198011980968 [Internet]. octubre de 2018 [citado 12 de junio de 2023];12(4):214-9. Disponible en: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00224065.1980.11980968

101. Granato D, Bigaski J, Castro I, Masson M. Sensory evaluation and physicochemical optimisation of soy-based desserts using response surface methodology. Food Chem. 1 de agosto de 2010;121(3):899-906.

102. Hernández D. Estudio nutrimental de arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L) cv Biloxi en Los Reyes, Michoacán [Internet] [Tesis doctoral]. [Texoco]: Institución de Enseñanza e

Investigación en Ciencias Agrícolas; 2014 [citado 1 de noviembre de 2022]. Disponible en: http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/2378

103. Allendes G. ¿Cómo lograr la máxima calidad en frutos de arándanos? Info Berries 2017 – 2018. 2018;18-26.

104. Pauca J, Pesantes G, Tejada S, Medina J. Efecto del proceso de elaboración de zumo de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) sobre la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research [Internet]. 24 de noviembre de 2021 [citado 2 de noviembre de 2022];4(3):4256-75. Disponible en: https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BJAER/article/view/35564

105. Ávila H, Cuspoca J, Fischer G, Ligarreto G, Quicazán M. Caracterización fisicoquímica y organoléptica del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) almacenado a 2ºC. Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín [Internet]. 2007;60(2):4179-93. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179914078019

106. Cervantes M. Potencial nutracéutico de cultivos de arándano (*Vaccinium* sp.)seleccionados en México [Tesis de maestría]. [Querétaro]: Universidad Autónoma de Querétaro; 2009.

107. Pinedo S. Caracterización fisicoquímica y organoléptica de variedades comerciales de arándanos y otras especies del genero *Vaccinium*. [Internet] [Tesis de grado]. [Chachapoyas]: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; 2018 [citado 2 de noviembre de 2022]. Disponible en: https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1424

108. Buitrago C, Rincón M, Balaguera H, Ligarreto G. Tipificación de Diferentes Estados de Madurez del Fruto de Agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz). Rev Fac Nac Agron Medellin. 1 de enero de 2015;68(1):7521-31.

109. Quezada R, Yenque C. Capacidad antioxidante de un comprimido a base de arándano (*Vaccinium corymbosum*) y camu camu (*Myrciaria Dubia*) liofilizado [Tesis de grado]. [Chimbote.]: Universidad Nacional de Santa; 2019.

110. Hernández I, Benito P, Arellanes N. Evaluación de calidad del fruto de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) var. Biloxi, en dos regiones del estado de Oaxaca.

Universidad & ciencia [Internet]. 2017 [citado 1 de noviembre de 2022];6(3):256-73. Disponible en: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8315769

111. Giacalone G, Peano C, Guarinoni A, Beccaro G, Bounous G. Ripening Curve of Early, Midseason and Late Maturing Highbush Blueberry Cultivars. Acta Horticulturae . 2002;574:119-21.

112. Sandoval L. Efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento en la pérdida de peso, contenido antocianinas y capacidad antioxidante de arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Biloxi [Internet] [Tesis de grado]. [Trujillo]: Universidad Cesar Vallejo; 2018 [citado 12 de noviembre de 2022]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27176

113. Esteban M, Villanueva M, Lissarrague J. Effect of irrigation on changes in the anthocyanin composition of the skin of cv Tempranillo (*Vitis vinifera* L) grape berries during ripening. J Sci Food Agric [Internet]. 2001 [citado 12 de noviembre de 2022];81(4):409-20. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/1097-0010%28200103%2981%3A4%3C409%3A%3AAID-JSFA830%3E3.0.CO%3B2-H

114. Gamboa W, Silva J. Determinación de la temperatura y concentración de la solución osmótica en la deshidratación del arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) [Internet] [Tesis de grado]. [Chimbote]: Universidad Nacional de Santa; 2018 [citado 13 de noviembre de 2022]. Disponible en: http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3058

115. Giovanelli G, Buratti S. Comparison of polyphenolic composition and antioxidant activity of wild Italian blueberries and some cultivated varieties. Food Chem [Internet]. 15 de febrero de 2009 [citado 13 de noviembre de 2022];112(4):903-8. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814608007760

116. Duthie G, Crozier A. Plant-derived phenolic antioxidants. Curr Opin Lipidol [Internet]. 2000 [citado 13 de noviembre de 2022];11(1):43-7. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10750693/

117. Goenaga R, Marrero A, Perez D. Yield and fruit quality traits of dragon fruit cultivars grown in puerto rico. Horttechnology [Internet]. 2020 [citado 17 de noviembre de 2022];30(6):803-8. Disponible en: https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/30/6/article-p803.xml

118. Nerd A, Gutman F, Mizrahi Y. Ripening and postharvest behaviour of fruits of two *Hylocereus* species (Cactaceae). Postharvest Biol Technol [Internet]. 1999 [citado 17 de noviembre de 2022];17(1):39-45. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521499000356

119. Tablas de composición de alimentos y productos alimenticios [Internet]. Ciudad de México; 2016 [citado 22 de noviembre de 2022]. Disponible en: https://www.incmnsz.mx/2019/TABLAS_ALIMENTOS.pdf

120. Mercado E. Pitaya-*Hylocereus undatus* (Haw).Exotic Fruits. Exotic Fruits. 1 de enero de 2018;1:339-49.

121. Tabla de Composición de Alimentos Colombianos [Internet]. Bogotá; 2018 [citado 22 de noviembre de 2022]. Disponible en: https://www.icbf.gov.co/system/files/tcac_web.pdf

122. Jeronimo M, Costa J, Borges K, Garbi M. Chemical and Physical-Chemical Properties, Antioxidant Activity and Fatty Acids Profile of Red Pitaya [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose] Grown In Brazil. J Drug Metab Toxicol. 2015;06(04).

123. Centurión A, Solís S, Saucedo C, Báez R, Sauri E. Sensorial, physical and chemical changes of pitahaya fruits (*Hylocereus undatus*) during developent. Artículo Científico Rev Fitotec Mex [Internet]. 2008 [citado 22 de noviembre de 2022];31(1):1-5. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/610/61031101.pdf

124. Badui S. Química de los alimentos [Internet]. Cuarta edición. México D.F: Pearson Educación; 2006. 1-716 p. Disponible en: www.pearsoneducacion.net

125. Stintzing F, Schieber A, Carle R. Evaluation of colour properties and chemical quality parameters of cactus juices. European Food Research and Technology [Internet]. 2003 [citado 17 de noviembre de 2022];216(4):303-11. Disponible en: https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-002-0657-0

126. Ochoa C, García V, Luna J, Luna M, Hernández P, Guerrero J. Características antioxidantes, fisicoquímicas y microbiológicas de jugo fermentado y sin fermentar de tres variedades de pitahaya (*Hylocereus* spp). Scientia Agropecuaria [Internet]. 2012 [citado 17 de noviembre de 2022];3(4):279-89. Disponible en: https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/89

127. Osuna T, Ibarra E, Muy D, Valdez B, Villareal M, Hernández S. Postharvest quality of pitahaya (*Hylocereus undatus* Haw.) fruits harvested in three maturity stages. Artículo Científico Rev Fitotec Mex [Internet]. 2011 [citado 23 de noviembre de 2022];34(1):63-73. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802011000100010

128. Calvani C. Índices de maturação, ponto de colheita e padrão respiratório de goiabas «kumagai» e «paluma» [Internet] [Tesis de maestría]. [Piracicaba]: Universidad de Sao Paulo; 2004 [citado 22 de noviembre de 2022]. Disponible en: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11144/tde-10092004-145849/en.php

129. Phebe D, Chew M, Suraini A, Lai O, Jana O. Red-fleshed pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) fruit colour and betacyanin content depend on maturity. International Food Research Journal . 2009;16:233-42.

130. Beltrán M, Oliva T, Gallardo T, Osorio G. Ácido ascórbico, contenido fenólico, y capacidad antioxidante de las variedades roja, cereza, amarilla y blanca del fruto del cactus de la pitaya (*Stenocereus stellatus* Riccobono). Agrociencia [Internet]. 2009 [citado 1 de diciembre de 2022];43(2):153-462. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s1405-31952009000200007&script=sci_abstract

131. Vaillant F, Perez A, Davila I, Dornier M, Reynes M. Colorant and antioxidant properties of red-purple pitahaya (*Hylocereus* sp.). Fruits. enero de 2005;60(1):3-12.

132. Quispe EJ. Métodos de protección líquida y mecánica de *Ananas comosus* L. var. Golden MD-2 contra los rayos solares en Satipo [Internet] [Tesis de grado]. [Satipo]: Universidad Nacional del centro del Perú; 2020 [citado 4 de diciembre de 2022]. Disponible en: http://hdl.handle.net/20.500.12894/6333

133. Apaza J, Ureta A. Degradación del ácido ascórbico en el deshidratado de la piña Golden MD2 (*Ananás comosus*) orgánico [Internet] [Tesis de grado]. [Tarma]: Universidad Nacional del Centro; 2022 [citado 3 de diciembre de 2022]. Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8356

134. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Tablas peruanas de composición de alimentos. Lima; 2009.

135. FEN - Fundación Española de Nutrición. Frutas, Pineaple Ananas Sativus España. 2010.

136. Gloria Lobo M, Paull RE. Handbook of Pineapple Technology Production, Postharvest Science, Processing and Nutrition [Internet]. John Wiley & Sons. 2017. Disponible en: https://lccn.loc.gov/2016032547

137. Uriza D, Torres A, Aguilar J, Santoyo V, Zetina R, Rebolledo A. La piña mexicana frente al reto de la innovación. Avances y retos en la gestión de la innovación [Internet]. Estad de México: Colección Trópico Húmedo; 2018 [citado 4 de diciembre de 2022]. Disponible en: http://repositorio.chapingo.edu.mx:8080/handle/20.500.12098/275

138. Mercado J, Tortoledo O, García J, Báez R, García B, Ávila J, et al. Calidad comercial de piña MD2 (*Ananas comosus* L.) Tratada en postcosecha con ácido 2-hidroxibenzoico. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha [Internet]. 2019 [citado 4 de diciembre de 2022];20(2). Disponible en: https://www.redalyc.org/journal/813/81361553004/

139. Zapata L, Castagnini J, Quinteros C, Malleret A. Desarrollo de productos de arándanos con propiedades antioxidantes y probióticas. Ciencia, Docencia y Tecnología. 2019;9(9):134-55.

140. Castillo R, Livera M, Márquez G. Caracterización morfológica y compatibilidad sexual de cinco genotipos de pitahaya (*Hylocereus undatus*). Agrociencia [Internet]. 2005;39(2):183-94. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30239206

141. Lim H, Tan C, Karim R, Ariffin A, Bakar J. Chemical composition and DSC thermal properties of two species of *Hylocereu*s cacti seed oil: *Hylocereus undatus* and *Hylocereus polyrhizus*. Food Chem. 15 de abril de 2010;119(4):1326-31.

142. Schweiggert R, Villalobos M, Esquivel P, Carle R. Development and optimization of low temperature enzyme-assisted liquefaction for the production of colouring foodstuff from purple pitaya (*Hylocereus* sp. [Weber] Britton & Rose). European Food Research and Technology [Internet]. noviembre de 2009 [citado 6 de diciembre de 2022];230(2):269-80. Disponible en: https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-009-1167-0

143. Chavez M. Obtencion de parametros tecnologicos para la elaboración de fruta confitada de corazón (endocarpio) de piña (*Ananas comusus*) variedad golden (Hibrido MD-02) [Internet] [Tesis de grado]. [Tingo María]: Universidad Nacional de la Selva; 2015 [citado 6 de diciembre de 2022]. Disponible en: http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1260

144. Talase M. Evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales de una bebida carbonatada elaborada a base de jugo de granada (*Punica granatum* L.) variedad wonderful [Internet] [Tesis de grado]. [Tacna]: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann; 2017 [citado 14 de marzo de 2023]. Disponible en: http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3105

145. Marcelo E, Aurora E. Formulación y nivel de aceptabilidad de una bebida elaborada a partir de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*). Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación [Internet]. 2019 [citado 15 de marzo de 2023];6(1):57-70. Disponible en: https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1080/1644

146. Morales M. Bebida energética a base de *H. polyrhizus* britton & rose (pitahaya roja variedad lisa) y *Camellia sinensis* (té negro) en Laboratorios de Química, UNAN-Managua, agosto-noviembre 2021 [Internet] [Tesis de grado]. [Managua]: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua; 2022 [citado 15 de marzo de 2023]. Disponible en: http://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/17158

147. Paria M, Terrones R. Actividad antioxidante durante el pasteurizado de bebida a base de sanky (*Corryocactus brevistylus*) y arándano" (*Vaccinium myrtillus*) [Internet] [Tesis de grado]. [Nuevo Chimbote]: Universidad Nacional de Santa; 2021 [citado 12 de marzo de 2023]. Disponible en: https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3766

148. Barboza M, Velásquez F. Efecto del tratamiento térmico en la aceptabilidad del néctar mixto de tuna (*Opuntia ficus-indica*) con aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). Revista de investigación Agropecuaria Science and Biotechnology [Internet]. 8 de julio de 2022 [citado 21 de marzo de 2023];2(3):01-13. Disponible en: http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/RIAGROP/article/view/844

149. Iman T, Zapata J. Formulación y obtención de bebida funcional a base de jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y jugo de pitahaya (*Hylocereus ocamponis*) [Internet] [Tesis de grado]. [Lambayeque]: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo; 2021 [citado 8 de marzo de 2023]. Disponible en: https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/9423

150. LLantoy M. Efecto del tratamiento térmico sobre la capacidad antioxidante y la retención de antocianinas del néctar de arándano (*Vaccinium corymbosum*) [Internet] [Tesis de grado]. [Junín]: Universidad Nacional del Centro del Perú; 2020 [citado 5 de marzo de 2023]. Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6827

151. Repo R, Encina C. Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. Revista de la Sociedad Química del Perú [Internet]. 2008 [citado 14 de marzo de 2023];74(2):108-24. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2008000200004&script=sci_abstract

152. Apaza A. Influencia de parámetros fisicoquímicos en la extracción de pigmentos de ayrampo (*Opuntia soehrensii* B.), sobre el contenido de fenoles totales, betacianinas totales y capacidad antioxidante [Internet] [Tesis de grado]. [Moquegua]: Universidad Nacional de Moquegua; 2017 [citado 14 de marzo de 2023]. Disponible en: https://repositorio.unam.edu.pe/handle/UNAM/57

153. Ardila M, Cordero J. Desarrollo de bebidas energéticas con componentes naturales [Internet] [Tesis de grado]. [Bogotá]: Universidad de America; 2016 [citado 18 de marzo de 2023]. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.11839/590

154. Curo S, Montenegro L. Evaluación Fisicoquímica y Sensorial de una Bebida Funcional a Base de Betarraga (*Beta vulgaris*) y Arándanos (*Vaccinium myrtillus*). [Internet] [Tesis de grado]. [Lambayeque]: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo; 2018 [citado 18 de marzo de 2023]. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.12893/2685

155. Burbano J. Influencia de la pasteurización abierta y al vacío en las propiedades fisicoquímicas y la aceptabilidad de un néctar de piña (*Ananas comosus* L.), naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) y borojó (*Borojoa patinoi* Cuatrec.) [Internet]. [Ambato]: Universidad Técnica de Ambato; 2015 [citado 18 de marzo de 2023]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/11964

156. Oro J, Urcia S. Formulación de una bebida funcional a base de pulpa de aguaymanto (*Phisalis peruviana*) y camu camu (*Myrciaria dubia*) edulcorado con stevia [Internet] [Tesis de grado]. [Chimbote]: Universidad Nacional de Santa; 2018 [citado 19 de marzo de 2023]. Disponible en: http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3085

157. Zhao L, Wang S, Liu F, Dong P, Huang W, Xiong L, et al. Comparing the effects of high hydrostatic pressure and thermal pasteurization combined with nisin on the quality of cucumber juice drinks. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 1 de enero de 2013;17:27-36.

158. Agostoni C, Berni Canani R, Fairweather-Tait S, Heinonen M, Korhonen H, La Vieille S, et al. Scientific Opinion on the safety of caffeine. EFSA Journal [Internet]. 1 de mayo de 2015 [citado 22 de marzo de 2023];13(5):4102. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2903/j.efsa.2015.4102

159. Cassano A, Conidi C, Drioli E. Physico-chemical parameters of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) juice clarified by microfiltration and ultrafiltration processes. Desalination [Internet]. 30 de enero de 2010 [citado 23 de marzo de 2023];250(3):1101-4. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.09.117

160. Moreno M, Betancourt M. Evaluación de la estabilidad de bebidas cítricas acondicionadas con dos fuentes naturales de betalaínas: tuna y remolacha. Bioagro [Internet]. 2007 [citado 23 de marzo de 2023];19(3):149-59. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612007000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=es

161. Flores E, Flores E. Estabilidad de Antocianinas, Fenoles totales y Capacidad Antioxidante de Bebidas de Maíz Morado (*Zea mays* L.) y Uña de Gato (*Uncaria tomentosa* sp). Información tecnológica [Internet]. marzo de 2018 [citado 23 de marzo de 2023];29(2):175-84. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642018000200175&lng=es&nrm=iso&tlng=es

162. Zapata L, Castagnini J, Quinteros C, Carlier E, Jimenez M, Cabrera. Estabilidad de antocianinas durante el almacenamiento de jugos de arándanos. Vitae [Internet]. 2016 [citado 23 de marzo de 2023];23(3):173-83. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042016000300173&lng=en&nrm=iso&tlng=es

X. ANEXOS:

ANEXO 1
MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema de investigación	Hipótesis general	Variables	Objetivo general	Objetivos específicos
¿Será factible desarrollar una bebida funcional estimulante a base de zumo de arándano (*Vaccinium corymbosum*), zumo de pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) e infusión de cáscara de piña (*Ananas comosus* L. Merr) que presente buena aceptabilidad sensoriales y capacidad antioxidante?	La bebida funcional estimulante desarrollada a base de zumo de arándano (*Vaccinium corymbosum*), zumo pitahaya roja (*Hylocereus undatus)* e infusión de cáscara de piña (*Ananas comosus* L. Merr*)* presenta buena aceptabilidad sensorial y capacidad antioxidante.	**Variable independiente:** Porcentajes de zumo arándano (*Vaccinium corymbosum*), zumo de pitahaya roja (*Hylocereus undatus)* e infusión de cáscara de piña (*Ananas comosus* L. Merr*).* **Variable dependiente:** Atributos sensoriales y capacidad antioxidante de las formulaciones.	Desarrollar una bebida funcional a base de zumo arándano (*Vaccinium corymbosum*), zumo de pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) e infusión de cáscara de piña (*Ananas comosus* L. Merr) de buena aceptabilidad sensoriales y capacidad antioxidante.	Evaluar las características físicas, químico-bromatológicas, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de arándano (*Vaccinium corymbosum*), pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) y piña (*Ananas comosus* L. Merr). Formular y optimizar una bebida funcional a base de arándano, pitahaya roja, piña de buena aceptabilidad sensoriales y capacidad antioxidante. Realizar la evaluación químico-bromatológica, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de la formulación óptima.

ANEXO 2

CARTILLA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Nombres y Apellidos: ……..……

Sexo: …… Teléfono: ……

Fecha: …….. E.A.P: …… Edad: ..……

Instrucciones

- Evalúe los atributos de olor, color, sabor, consistencia y satisfacción global en las siguientes formulaciones, Utilice la siguiente estácala.

ESCALA	PUNTUACIÓN
Me gusta mucho	7
Me gusta	6
Me gusta ligeramente	5
Me es indiferente	4
Me disgusta ligeramente	3
Me disgusta	2
Me disgusta mucho	1

CÓDIGO DE MUESTRA	OLOR	COLOR	SABOR	CONSISTENCIA	SATISFACCIÓN GLOBAL
……..					
……..					
……..					
……..					

Comentarios: ----------

MUCHAS GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN

ANEXO 3

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO

Fecha:

En la evaluación sensorial a realizarse se evaluarán 12 muestras de bebidas funcionales energéticas a base de zumo de pitahaya roja, arándano e infusión de cascara de piña.

Yo, _____ acepto participar de forma voluntaria en la evaluación sensorial. Comprendo que algunos ingredientes del producto pueden ser alérgicos, como el caso de la cafeína u de otro ingrediente empleado en la elaboración del producto.

……

Firma

DNI: ……..

ANEXO 4

CUESTIONARIO PARA LA SELECCIÓN DE PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO

Nombres y Apellidos: ……
Sexo: …… Teléfono: ……
Fecha: …….. E.A.P: …… Edad: ……

Por favor, conteste las siguientes preguntas:

DISPONIBILIDAD

1. ¿Qué días entre lunes y viernes NO ESTÁ DISPONIBLE de manera regular?
……

2. ¿Cuál es su horario de estudios?
……..

SALUD

3. ¿Padece Ud. de las siguientes enfermedades?
4. Diabetes ( )
5. Hipoglicemia ( )
6. Hipertensión arterial ( )

7. Enfermedad oral o de las encías
No ( ) Sí ( ) ¿Cuál?.....

8. ¿Padece Ud. de alguna otra enfermedad queafecte sus sentidos?
No ( ) Sí ( ) ¿Cuál? .....

9. ¿Ingiere algún medicamento que afecte sussentidos (tacto o sensibilidad oral)?
No ( ) Sí ( ) ¿Cuál? .....

10. ¿Fuma?
No ( ) Sí ( ) frecuencia? .....

11. ¿Es usted intolerante a algún alimento?
No ( ) Sí ( )

12. ¿Es usted intolerante a la cafeína ?
No ( ) Sí ( )

HÁBITOS

13. ¿Actualmente, está Ud. a dieta?
Si ( ) No ( ) Explique
.....
.....

14. ¿En general, es usted una persona puntual?
Si ( ) No ( )

15. ¿Cuáles son sus bebidas favoritas?
……

16. ¿ Con qué frecuencia tomas bebidas energéticas?
Una vez al día ( )
Una vez a la semana ( )
Una vez a la semana ( )
Nunca ( )

17. ¿Le disgusta algún alimento o bebida tanto como para no ingerirlo?
Si ( ) No ( ) ¿Cuál, es?.....

18. ¿Tiene experiencia en análisis sensorial?
Si ( ) No ( ) ¿En qué tipo de alimento ?
……

19. Cómo califica Ud. su sensibilidad a lascaracterísticas sensoriales de los alimentos?
Mejor que el promedio ( )
Promedio ( )
Menor que el promedio ( )

20. Le gustaría y estaría dispuesto a participaren una degustación y colaborar así con un trabajo de investigación?
Si ( ) No ( ) ¿Por qué?.....
…….

21. ¿Desearía Ud. introducir alguna sugerencia a este formato, indique?
…….

Autoriza el tratamiento de sus datos personales con fines de investigación
Si ( ) No ( )

Firma……..

ANEXO 5



Figura 15. Colecta de pitahaya roja.



Figura 14.Colecta de arándano



Figura *16*. Flores de (Vaccinium corymbsum) cultivar arándano Biloxi



Figura 19. Flor de *Hylocereus undatus* (Britton & Rose) pitahaya roja cultivar American beauty.



Figura 17. Frutos en diferentes estados de madurez de (*Vaccinium corymbsum*) cultivar arándano Biloxi.



Figura 18. Frutos pintones de Hylocereus undatus (Britton & Rose) pitahaya roja cultivar American beauty.



Figura 20. Materias primas de bebidas.



Figura 21. Formulaciones



Figura 22. Análisis sensorial

ANEXO 6

CERTIFICADOS DE ESTUDIO TAXONÓMICO Y DETERMINACIÓN BOTÁNICA DE ARÁNDANO

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
MUSEO DE HISTORIA NATURAL

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

C O N S T A N C I A Nº 441-USM-2019

LA JEFA (e) DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (frutos) recibida de **Michael Andrés Bracamonte Romero,** de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica; ha sido estudiada y clasificada como: ***Vaccinium corymbosum* L.** y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1988).

DIVISION: MAGNOLIOPHYTA

CLASE: MAGNOLIOPSIDA

SUBCLASE: DILLENIIDAE

ORDEN: ERICALES

FAMILIA: ERICACEAE

GENERO: *Vaccinium*

ESPECIE: *Vaccinium corymbosum* L.

Nombre vulgar: "arándano"
Determinado por: Dra. Joaquina Albán Castillo

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Lima, 10 de diciembre 2019

MUSEO DE HISTORIA NATURAL – Herbario San Marcos – JEFE

Dra. Joaquina Albán Castillo
JEFA (e) DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

JAC/ddb

CERTIFICADOS DE ESTUDIO TAXONÓMICO Y DETERMINACIÓN BOTÁNICA DE PITAHAYA ROJA

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
MUSEO DE HISTORIA NATURAL

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

CONSTANCIA Nº 071-USM-2019

EL JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (planta completa), recibida de **Michael Andrés Bracamonte Romero**; estudiante de la Facultad de Ciencias de los Alimentos, Universidad Nacional Mayor de San Marcos; ha sido estudiada y clasificada como: ***Hylocereus undatus*** (Harwoth) Britton & Rose; *y* tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1988):

DIVISION: MAGNOLIOPHYTA

CLASE: MAGNOLIOPSIDA

SUB CLASE: CARYOPHYLLIDAE

ORDEN: CARYOPHYLLALES

FAMILIA: CACTACEAE

GENERO: *Hylocereus*

ESPECIE: *Hylocereus undatus* (Harwoth) Britton & Rose

Nombre vulgar: "Pitahaya roja"
Determinado por: Dra. Mónica Arakaki Makishi

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Lima, 20 de marzo de 2019

MUSEO DE HISTORIA NATURAL – Herbario San Marcos – USM – JEFE

Mgl ASUNCIÓN A. CANO ECHEVARRIA
JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

ACE/ddb

ANEXO 7

VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS DEL ANOVA

Tabla 19. Verificación de homogeneidad mediante la prueba de Levene para color, olor, sabor, consistencia, satisfacción global y aceptación global.

Atributo	Df	F value	Pr (>F)
Color	11	0.3477	0.9741
Olor	11	0.9669	0.4762
Sabor	11	1.8134	0.05016
Consistencia	11	1.0631	0.3903
Satisfación global	11	1.0248	0.4235
	372		
Capacidad antioxidante	11	0.3739	0.9543
	24		

Tabla 20. Verificación de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk para color, olor, sabor, consistencia, satisfacción global y aceptación global.

Atributo	W	p-value
Color	0.99745	0.8236
Olor	0.99506	0.2594
Sabor	0.99642	0.5488
Consistencia	0.99046	0.01365
Satisfación global	0.996274	0.5094
Capacidad antioxidante	0.97083	0.4487

Tabla 21. Verificación de autocorrelación de errores mediante la prueba de Dubin-Watson para color, olor, sabor, consistencia, satisfacción global y aceptación global.

Atributo	DW	p-value
Color	1.9771	0.2254
Olor	2.1167	0.7128
Sabor	1.8461	0.02339
Consistencia	2.0571	0.4997
Satisfación global	1.9114	0.1791
Capacidad antioxidante	2.1711	0.05711

ANEXO 8

ESTADÍSTICOS PARA LAS VARIABLES RESPUESTAS

Tabla 22. ANOVA de modelos de regresión para variables respuesta

Variable	Modelo	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor P	Lack of fit - valor P	R^2	R^2 ajustado
Satisfacción global.	Lineal	0.1596	2	0.0798	0.3867	0.0615	0.1903	0.0104
	Cuadrático	0.5503	5	0.1101	0.1710	0.0829	0.6562	0.3697
	Especial cúbico	0.6642	6	0.1107	0.1129	0.1031	0.7920	0.5425
	Cúbico[(a)]	0.8247	8	0.1031	0.0135	0.6553	0.9835	0.9394
	Especial cuártico	0.8247	8	0.1031	0.0135	0.6553	0.9835	0.9394
	Cuártico[(a)]	0.8263	9	0.0918	0.0639	-	0.9854	0.9199
Color	Lineal	3.48	2	1.74	0.0126	0.0200	0.6216	0.5375
	Cuadrático	4.78	5	0.9568	0.0168	0.0299	0.8552	0.7346
	Especial cúbico	5.19	6	0.8646	0.0101	0.0447	0.9274	0.8402
	Cúbico[(a)]	5.51	8	0.6891	0.0111	0.0785	0.9855	0.9470
	Especial cuártico	5.51	8	0.6891	0.0111	0.0785	0.9855	0.9470
	Cuártico[(a)]	5.58	9	0.6202	0.0098	-	0.9978	0.9880
Olor	Lineal	0.6171	2	0.3085	0.0229	0.0882	0.5681	0.4721
	Cuadrático	0.7846	5	0.1569	0.0991	0.0793	0.7223	0.4910
	Especial cúbico	0.8161	6	0.1360	0.1649	0.0670	0.7513	0.4530
	Cúbico[(a)]	1.07	8	0.1341	0.0089	0.6887	0.9876	0.9544
	Especial cuártico	1.07	8	0.1341	0.0089	0.6887	0.9876	0.9544

	Cuártico[a]	1.07	9	0.1193	0.0496	-	0.9888	0.9382
Sabor	Lineal	0.3334	2	0.1667	0.2837	0.0033	0.2442	0.0763
	Cuadrático	0.5183	5	0.1037	0.6240	0.0023	0.3796	-0.1374
	Especial cúbico	0.6723	6	0.1121	0.6042	0.6919	0.4925	-0.1166
	Cúbico[a]	1.04	8	0.1305	0.4818	0.0015	0.7647	0.1374
	Especial cuártico	1.04	8	0.1305	0.4818	0.0015	0.7647	0.1374
	Cuártico[a]	1.36	9	0.1571	0.0032	-	0.9993	0.9961
Consistencia	Lineal	0.8771	2	0.4386	0.0392	0.0021	0.5131	0.4048
	Cuadrático	1.24	5	0.2485	0.0951	0.0021	0.7264	0.4991
	Especial cúbico	1.31	6	0.2184	0.1445	0.0018	0.7665	0.4864
	Cúbico[a]	1.65	8	0.2067	0.0367	0.0044	0.9672	0.8797
	Especial cuártico	1.65	8	0.2067	0.0367	0.0044	0.9672	0.8797
	Cuártico[a]	1.65	9	0.1837	0.0103	-	0.9997	0.9884
Capacidad antioxidante	Lineal	9.79	2	4.90	0.8938	0.0037	0.0246	-0.1921
	Cuadrático	85.13	5	17.03	0.8797	0.0026	0.2142	-0.4407
	Especial cúbico	161.57	6	26.93	0.7433	0.0026	0.4065	-0.3057
	Cúbico[a]	357.54	8	44.69	0.1738	0.0052	0.8995	0.6316
	Especial cuártico	357.54	8	44.69	0.1738	0.0052	0.8995	0.6316
	Cuártico[a]	397.06	9	44.12	0.0046	-	0.9990	0.9943

a: Aliased

ANEXO 9

VERIFICACIÓN DE NORMALIDAD MEDIANTE MÉTODO GRÁFICO

- **COLOR**

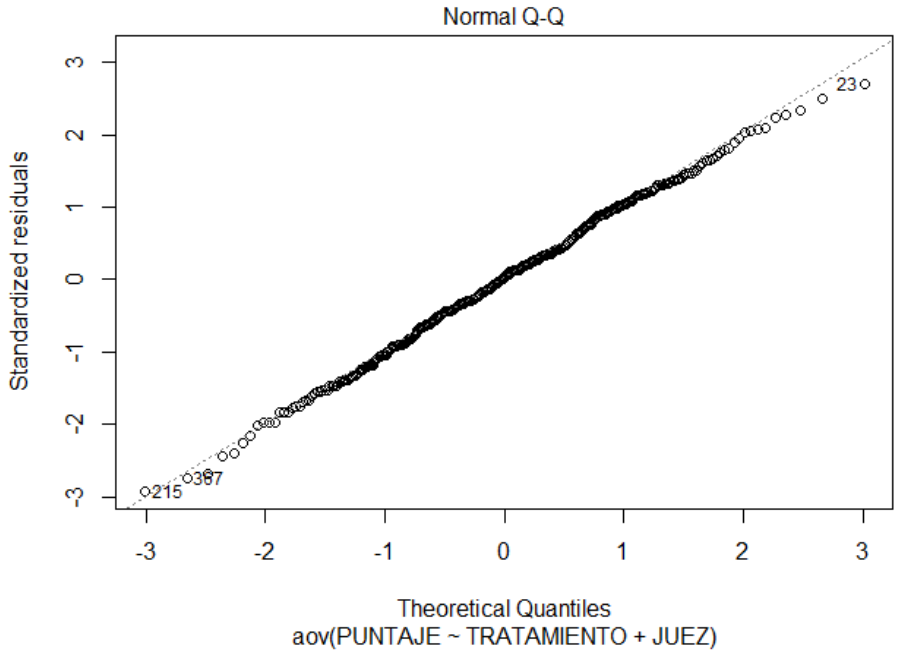


Figura 23. Distribución normal respuesta color

- **OLOR**

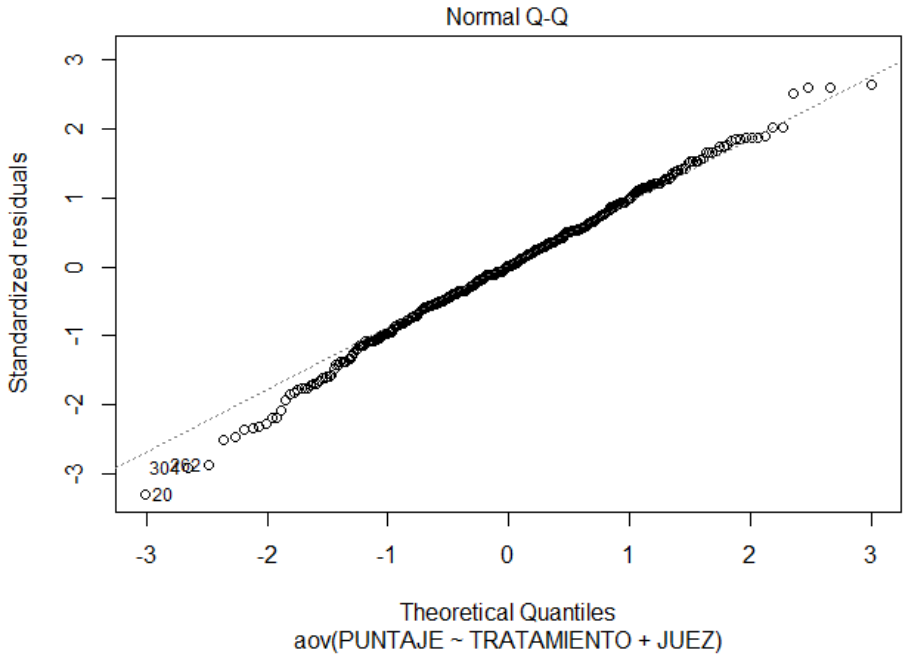


Figura 24. Distribución normal respuesta olor

- **Satisfacción general**

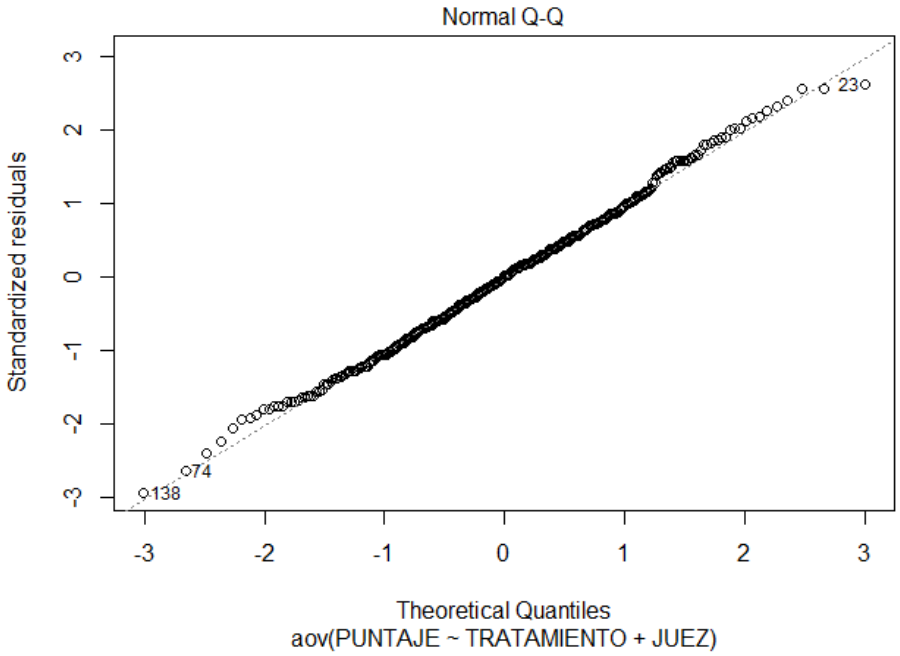


Figura 25. Distribución normal respuesta satisfacción general