

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Efecto de la adición de pulpa de fruta: agua y polvo de cushuro (*Nostoc sphaericum*) sobre las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de una bebida a base de maracuyá (*Passiflora edulis*)

Área de Investigación:
Tecnología de Alimentos

Autor:
Longa Barreto, Richard Fabricio

Jurado Evaluador:

Presidente: Huanes Mariños, Milton Américo

Secretario: Márquez Villacorta, Luis Francisco

Vocal: Pretell Vásquez, Carla Consuelo

Asesor:
Vásquez Senador, Max Martin
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2356-3709>

TRUJILLO – PERÚ
2024

Fecha de sustentación: 2024/06/01

“Efecto de la adición de pulpa de fruta: agua y polvo de cushuro (*Nostoc sphaericum*) sobre las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de una bebida a base de maracuyá (*Passiflora eduli*)

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	cocinar10.blogspot.com Fuente de Internet	1%
6	Submitted to ITESM: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Trabajo del estudiante	1%
7	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	1%

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía Activo

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Max Martín Vásquez Senador, docente del Programa de Ingeniería en Industrias Alimentarias, de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada "Efecto de la adición de pulpa de fruta: agua y polvo de cushuro (*Nostoc sphaericum*) sobre las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de una bebida a base de maracuyá (*Passiflora edulis*)", autor Richard Fabricio, Longa Barreto, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 12%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el 02 de setiembre de 2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Trujillo, 02 de setiembre de 2024

Asesor: Max M. Vásquez Senador

DNI: 40093550

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2356-3709>

Autor: Richard F. Longa Barreto

DNI: 46762503

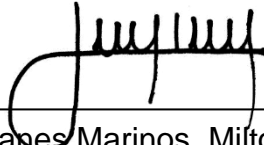
Firma:



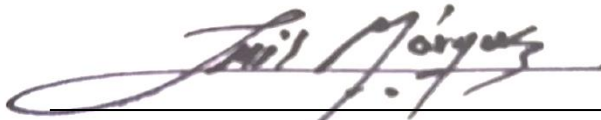
Firma:



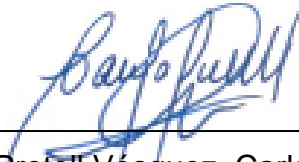
La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:



Ing. Dr. Huanes Marinos, Milton Americo
PRESIDENTE



Ing. Ms. Márquez Villacorta, Luis Francisco
SECRETARIO



Ing. Dra. Pretell Vásquez, Carla Consuelo

VOCAL



Ing. Ms. Vásquez Senador, Max Martin

ASESOR

DEDICATORIA

Lo dedico primeramente a Dios, mis pastores y hermanos en Fe, a mi madre y hermano por sus oraciones y el apoyo incondicional, aliento y motivación para realizar y culminar mi formación profesional.

También agradecer a todos mis docentes que compartieron sus conocimientos y experiencias en cada materia y así culminar mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida la salud y su amor hacia mi persona, a mi madre y hermano por el apoyo incondicional y haber concluido una etapa maravillosa de mi vida.

También mi gratitud a la escuela de Ingeniería de Industrias Alimentarias, mi agradecimiento sincero a mi asesor de Tesis Ing. Ms. Max Martin Vásquez Senador, gracias a cada docente que con su apoyo y enseñanzas constituyen la base de mi vida profesional.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.....	6
2.1. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1.1. Cushuro.....	6
2.1.2. Maracuyá	9
2.1.3. Bebida a base de frutas	12
2.1.4. Hidrocoloides	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	18
3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS	18
3.3. EQUIPOS E INSTRUMENTOS	19
3.4. METODOLOGÍA.....	20
3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS	26
3.6. MÉTODOS ESTADÍSTICOS	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. Efecto de la proporción de pulpa de fruta:agua y adición del hidrocoloide de cushuro en polvo sobre el pH, sólidos solubles, acidez	

titulable, viscosidad aparente y aceptabilidad general de una bebida de maracuyá.....	30
4.2. Proporción de pulpa de fruta:agua y adición del hidrocoloide de cushuro en polvo para obtención del mejor pH, sólidos solubles, acidez titulable, viscosidad aparente y mayor aceptabilidad general de la bebida de maracuyá.....	52
V. CONCLUSIONES.....	54
VI. RECOMENDACIONES.....	55
VII. REFERENCIAS	56
VIII. ANEXOS.....	62

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Taxonomía del cushuro.....	6
Cuadro 2. Composición química y nutricional del cushuro	7
Cuadro 3. Composición física de la pulpa de maracuyá.....	10
Cuadro 4. Composición química de la pulpa de maracuyá.....	11
Cuadro 5. Formulaciones de la bebida de investigación	21
Cuadro 6. Prueba de Levene para el pH en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo	32
Cuadro 7. Análisis de varianza para el pH en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo	33
Cuadro 8. Prueba de Duncan para el pH en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo	34
Cuadro 9. Prueba de Levene para los sólidos solubles en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo.....	37
Cuadro 10. Análisis de varianza para los sólidos solubles en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo.....	37
Cuadro 11. Prueba de Duncan para los sólidos solubles en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo.....	38
Cuadro 12. Prueba de Levene para acidez titulable en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo.....	42

Cuadro 13. Análisis de varianza para acidez titulable en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo.....	42
Cuadro 14. Prueba de Duncan para acidez titulable en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo.....	43
Cuadro 15. Prueba de Levene para viscosidad aparente en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo.....	46
Cuadro 16. Análisis de varianza para viscosidad aparente en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo.....	46
Cuadro 17. Prueba de Duncan para viscosidad aparente en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo.....	47
Cuadro 18. Análisis de varianza para aceptabilidad general en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo.....	50
Cuadro 19. Prueba de Friedman para la aceptabilidad general de la bebida de maracuyá y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo	51

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Cianobacteria Cushuro	9
Figura 2 Fruto de maracuyá	10
Figura 3 Esquema experimental	20
Figura 4 Diagrama de flujo de elaboración del hidocoloide de cushuro en polvo	24
Figura 5 Diagrama de flujo de elaboración de la bebida de maracuyá con hidocoloide de cushuro en polvo	26
Figura 6 Ficha de evaluación para la prueba de aceptabilidad general de la bebida de maracuyá con hidocoloide de cushuro en polvo	29
Figura 7 pH en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidocoloide de cushuro en polvo.....	31
Figura 8 Sólidos solubles en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidocoloide de cushuro en polvo....	35
Figura 9 Acidez titulable en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidocoloide de cushuro en polvo.....	40
Figura 10 Viscosidad aparente en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidocoloide de cushuro en polvo....	44
Figura 11 Aceptabilidad general en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidocoloide de cushuro en polvo....	49

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la proporción de pulpa de maracuyá (22.5%, 30%, 45%) y la adición de hidrocoloide de cushuro en polvo (0.80%, 0.90%, 1.00%) sobre los parámetros fisicoquímicos y la aceptabilidad general de una bebida de maracuyá. La prueba de Levene indicó homogeneidad de varianza para la viscosidad aparente, mientras que el análisis de varianza reveló un efecto significativo ($p < 0.05$) de las variables independientes sobre el pH, sólidos solubles, acidez titulable y viscosidad aparente. Para el análisis sensorial, se contó con la participación de 50 panelistas no entrenados. La prueba de Friedman mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) en la aceptabilidad general entre las formulaciones. Se determinó que la formulación óptima fue la F5, con 30% de pulpa de maracuyá y 0.90% de cushuro en polvo, que presentó un pH de 3.09, sólidos solubles de 15.8 °Brix, acidez titulable de 4.3%, viscosidad aparente de 116.4 mPa.s y la mayor aceptabilidad general, con una moda de 8 puntos, correspondiente a "me agrada mucho". Este tratamiento es recomendado para el desarrollo de una bebida de maracuyá que cumpla tanto con los requisitos fisicoquímicos como con las preferencias sensoriales de los consumidores.

Palabras claves: bebida funcional, maracuyá, cushuro, pH, sólidos solubles, acidez titulable, viscosidad aparente, aceptabilidad sensorial.

ABSTRACT

The effect of the proportion of passion fruit pulp (22.5%, 30%, 45%) and the addition of cushuro hydrocolloid powder (0.80%, 0.90%, 1.00%) on the physicochemical parameters and general acceptability of a passion fruit drink was evaluated. The Levene test indicated homogeneity of variance for apparent viscosity, while the analysis of variance revealed a significant effect ($p < 0.05$) of the independent variables on pH, soluble solids, titratable acidity and apparent viscosity. For the sensory analysis, 50 untrained panelists participated. The Friedman test showed significant differences ($p < 0.05$) in overall acceptability between formulations. It was determined that the optimal formulation was F5, with 30% passion fruit pulp and 0.90% cushuro powder, which presented a pH of 3.09, soluble solids of 15.8 °Brix, titratable acidity of 4.3%, apparent viscosity of 116.4 mPa.s and the highest general acceptability, with a mode of 8 points, corresponding to "I like it very much". This treatment is recommended for the development of a passion fruit drink that meets both the physicochemical requirements and the sensory preferences of consumers.

Keywords: functional drink, passion fruit, cushuro, pH, soluble solids, titratable acidity, apparent viscosity, sensory acceptability.

I. INTRODUCCIÓN

En el dinámico escenario de los mercados altamente competitivos y en constante cambio, las empresas encuentran su éxito estrechamente ligado al desarrollo y lanzamiento exitoso de nuevos productos y servicios. En el sector alimentario tradicional, donde la innovación puede ser vista con cierto escepticismo, las empresas se ven impulsadas a adoptar cambios disruptivos para mantener o incluso ampliar su participación en el mercado y su rentabilidad. A pesar de la controversia que pueda generar, la innovación se convierte en una herramienta indispensable para capitalizar las oportunidades de comercialización y mantenerse relevantes en un entorno empresarial cada vez más exigente (Guiné et al., 2021; Horvat et al., 2019).

Las bebidas ocupan el segundo lugar entre los alimentos con mayor crecimiento en consumo humano, siendo el sabor y la aceptabilidad los principales criterios considerados. Estas bebidas se formulan con un alto estándar de calidad nutricional y sensorial, lo que resulta crucial para su consumo adecuado y su capacidad para promover la salud y prevenir enfermedades crónicas. Aunque el consumo moderado de jugo de fruta puede ser beneficioso como fuente de vitaminas, minerales y antioxidantes, es importante tener en cuenta que su exceso puede contribuir al aumento de peso y al desarrollo de caries dental. Por lo tanto, las formulaciones juegan un papel fundamental en equilibrar estos aspectos y ofrecer opciones que satisfagan las necesidades nutricionales sin comprometer la salud dental ni el peso corporal (O'Neil et al., 2011; Singh et al., 2015).

Una opción prometedora para enriquecer una alimentación saludable es la inclusión del cushuro (*Nostoc sphaericum*) como ingrediente en la elaboración de productos alimenticios, incluyendo bebidas. En los últimos

años, los alimentos derivados de algas han emergido como un área de investigación e industria de gran importancia. La especie *Nostoc sphaericum* se destaca por su notable contenido de fibra, aminoácidos, proteínas, vitaminas y carbohidratos, lo que potencia su valor nutricional. La creación de productos alimenticios basados en los polisacáridos de estas algas ofrece una alternativa nutritiva y ha demostrado ser beneficioso para el crecimiento óptimo de roedores en estudios experimentales (Torres-Maza et al., 2020).

En Perú, la lucha contra la anemia se ha convertido en una prioridad dentro de las políticas de salud pública. Esta condición afecta principalmente a niños entre 6 y 35 meses de edad, con una prevalencia nacional promedio del 38,8%, alcanzando un 48,7% en áreas rurales y un 35,3% en áreas urbanas. Ante esta problemática, una estrategia efectiva consiste en la búsqueda de alimentos alternativos con alto valor nutricional, como la cianobacteria *Nostoc*. Con un contenido proteico de 25,4 g, 1076 mg de calcio y 19,6 mg de hierro por cada 100 g de *Nostoc* en estado seco, esta especie representa una valiosa alternativa para combatir la anemia y mejorar la salud nutricional de la población (Méndez-Ancca et al., 2023).

Las nuevas tendencias en el consumo de alimentos funcionales han generado una mayor demanda de productos naturales que promueven una mejor digestión y calidad de vida. El maracuyá, conocido también como fruto de la pasión, se destaca por su jugo, ampliamente utilizado en la elaboración de bebidas gracias a su sabor y aroma característicos. Según estudios recientes, el maracuyá está compuesto por un 38% de pulpa con semillas y un 62% de cáscara (Mamani y Quiroz, 2017).

Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la proporción de pulpa de fruta, agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en una bebida a base de maracuyá, con el fin de desarrollar una opción de bebida funcional que combine los beneficios nutricionales del maracuyá con

las propiedades del cushuro para mejorar la salud digestiva y la calidad de vida.

Los objetivos planteados fueron:

- Evaluar el efecto de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo sobre el pH, sólidos solubles, acidez titulable, viscosidad aparente y aceptabilidad general de una bebida de maracuyá.
- Determinar la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo para obtener el mejor pH, sólidos solubles, acidez titulable, viscosidad aparente y la mayor aceptabilidad general de una bebida de maracuyá.

Las demandas de los consumidores en cuanto a las bebidas a base de frutas requieren una serie de procedimientos destinados a mejorar tanto su calidad nutricional como sensorial durante su elaboración. Para garantizar la calidad deseada, se recurre a la utilización de aditivos alimentarios que modifican, facilitan o mejoran el proceso de producción. En el caso específico de la fabricación de bebidas, es crucial incorporar un hidrocoloide que mantenga un equilibrio adecuado entre la pulpa de las frutas y los demás ingredientes de la formulación del producto (Martínez-Velarde et al., 2021).

Para la fabricación de productos, es esencial tener en cuenta los aditivos alimentarios, que son sustancias utilizadas en el proceso tecnológico para mejorar las características organolépticas, prolongar la vida útil y mejorar la apariencia del producto (Bastías y Cepero, 2018). Entre estos aditivos se encuentran los estabilizantes, que mantienen las partículas suspendidas de manera uniforme, previenen la sedimentación y aumentan la viscosidad de la bebida, lo que mejora su aspecto. Sin embargo, la mayoría de los estabilizantes utilizados son de origen sintético y están dirigidos

específicamente a alimentos procesados. Los consumidores, por su parte, buscan productos seguros para el consumo y prefieren minimizar el uso de insumos sintéticos. En este sentido, una alternativa viable es el cushuro, un alga andina abundante en nuestro país (Ruilova et al., 2018).

Por otro lado, Perú es un país con excelente potencial hidrobiológico, cuales albergan diversas especies, pero la falta de innovación alimentaria y el escaso conocimiento de los consumidores, hace que exista una mínima demanda comercial comparado con otros productos hidrobiológicos comerciales. Por tanto, el cushuro es un alimento rico en hierro (83.6 mg/100 g) y en proteínas (35 a 42%), siendo una alternativa para la seguridad alimentaria; además, no se necesita de cuidados para su crecimiento, ya que es un alimento silvestre desarrollado en zonas altoandinas (3000 msnm) (Corpus-Gómez et al., 2021).

Asimismo, el cushuro (*Nostoc commune*) es un tipo de alga andina peruana que se encuentra ampliamente distribuida en distintos entornos acuáticos como lagos, manantiales y diversos hábitats acuáticos. Esta especie es accesible para la población y se destaca por ser un recurso natural renovable que prospera en regiones como Ancash, Amazonas, Cajamarca, Cusco, Junín, La Libertad, Puno, Cerro de Pasco y Huánuco. Su incorporación en las bebidas no solo contribuiría a la obtención de un producto natural y económico, sino que también podría reducir los costos de industrialización y fomentar el desarrollo en las áreas donde se produce el alga (Alegre et al., 2020).

La pulpa de maracuyá es una excelente fuente de ácido ascórbico (vitamina C) y carotenoides (vitamina A), además, de poseer un sabor agradable y fuerte aroma característico, y presenta cierta cantidad de sólidos en suspensión con una densidad mayor y, por tanto, es notorio la separación de fases alterando su estabilidad y apariencia del producto, siendo

necesario la incorporación de estabilizantes naturales para mantener el sistema de dispersión (Bastías y Cepero, 2018).

Por otro lado, es importante la composición química de la fruta, ya que influye en la estabilidad de las bebidas; algunas de estas, presenta almidón y pectina que actúan como estabilizadores naturales debido a su ionización y propiedades de adsorción, siendo beneficioso para mantener el sistema de dispersión de la mezcla de pulpa y los sólidos disponibles en la formulación de la bebida (Martínez-Velarde et al., 2021).

La incorporación de estabilizantes en néctares y bebidas elaboradas a partir de frutas proporciona viscosidad, que actúa como un coloide protector frente a la acción de enzimas proteolíticas presentes en la pulpa y la cáscara de los frutos. Esto ayuda a mantener en suspensión las finas partículas de la pulpa o el zumo de las frutas, que son responsables de la turbidez de las bebidas. Al añadir estabilizantes, es importante tener en cuenta las características fisicoquímicas de la materia prima. En el caso de bebidas a base de frutas jugosas, se requiere una mayor cantidad de estabilizantes en comparación con aquellas elaboradas con frutas que tienen una mayor cantidad de pulpa disponible (Laz et al., 2018).

Debido a las propiedades del hidrocoloide del cushuro en bebidas; y el aroma exótico y sabor intenso del maracuyá, se presenta este proyecto de investigación, buscando elaborar una bebida a base de maracuyá en proporción de la pulpa fruta, agua y del hidrocoloide de cushuro en polvo con las mejores características fisicoquímicas y sensoriales.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Cushuro

El cushuro (*Nostoc sphaericum*), también conocido como murmunta, llullucha, crespito y llayta, es un alga andina peruana que se encuentra en diversos hábitats acuáticos como lagos, manantiales y otros ambientes de agua ubicados en regiones como Ancash, Amazonas, Cajamarca, Cusco, Huancayo, Junín, La Libertad, Puno, Cerro de Pasco y parte de la selva de Huánuco. Estos organismos fotosintéticos se caracterizan por su capacidad de prosperar en ambientes con bajos niveles de nutrientes, requiriendo únicamente agua, luz, dióxido de carbono y sales minerales para su nutrición. En periodos relativamente cortos, el cushuro es capaz de sintetizar nutrientes esenciales como carbohidratos, lípidos y proteínas. Además, su importancia radica en su alto valor nutricional y potencial para ser utilizado en la elaboración de productos funcionales. En la Cuadro 1 se presenta la taxonomía detallada del cushuro (Alegre et al., 2020).

Cuadro 1. Taxonomía del cushuro

Descripción	Clasificación
Dominio	Bacteria
Clase	<i>Cyanophyceae</i>
Orden	<i>Nostocales</i>
Familia	<i>Nostocaceae</i>
Genero	<i>Nostoc</i>
Especie	<i>Nostoc sphaericum</i>
Otras especies	<i>N. commune</i> , <i>N. pruniforme</i> , <i>N. parmeloide</i> , <i>N. verrucosum</i>

Fuente: National Center for Biotechnology Information, 2014

El término "cushuro", que significa "crespo" en quechua, describe no solo el aspecto, sino también el color y la consistencia de este alimento. Se refiere a las colonias de cianobacterias que adoptan una forma esférica y gelatinosa con un diámetro que varía entre 10 y 25 mm, para luego aplanarse y adquirir una textura membranosa. Presentan un color que va desde la verde oliva hasta el pardo verdoso o amarillento, envueltos por una capa externa firme. Este color verde se debe al contenido de clorofila, mientras que el azul proviene del pigmento llamado Ficocianina, que está relacionado con el proceso de fotosíntesis. Algunos tipos de cushuro contienen Ficoeritrina, un pigmento rojo, y cuando se mezclan con otros, pueden generar una coloración marrón (Gutiérrez et al., 2019).

Nostoc sphaericum es la especie más destacada en las zonas altoandinas de Perú, Bolivia y Ecuador. Presenta una forma globosa o circular con un color que va desde el verde azulado hasta el verde parduzco. Forma colonias de tamaños muy variables, y en su interior son hialinas y transparentes (Alegre et al., 2020).

Composición química y nutricional del cushuro

Las diferentes especies de cushuro recién cosechados contienen entre 35 a 42% de proteínas, grasas, minerales (calcio, fósforo, hierro, sodio, potasio); además, contienen todos los aminoácidos esenciales y son ricos en vitaminas B₁, B₂, B₅ y B₈, presentados en la Cuadro 2 (Alegre, 2019).

Cuadro 2. Composición química y nutricional del cushuro

Composición	Cantidad
Humedad (%)	15.1
Proteínas (%)	29.0
Lípidos (%)	0.5
Carbohidratos (%)	46.9
Cenizas (%)	8.5

Calorías (kJ/100 g)	968.6
Calcio (mg)	147.0
Fosforo (mg)	64.0
Hierro (mg)	83.6
Vitamina A (mg)	0.01
Tiamina (mg)	0.2
Riboflavina (mg)	0.41

Fuente: Alegre, 2019.

Los Nostocales, incluido el cushuro, presentan carbohidratos mucilaginosos, como las hexosas, glucosa y galactosa, que forman una capa protectora actuando como barrera ante agentes externos. Respecto al contenido de grasas, el cushuro contiene ácidos grasos poliinsaturados, destacando la presencia de ácido linoleico, así como ácidos grasos monoinsaturados y saturados, como el mirístico, palmítico, esteárico, palmitoleico, oleico y linoleico (Venegas, 2021).

Investigaciones han demostrado que la digestibilidad del cushuro alcanza hasta un 49.53%, y no presenta problemas durante el consumo directo. Las proteínas del cushuro tienen un valor biológico de hasta un 77.79%. Aproximadamente, el 90% de su peso seco está compuesto por proteínas, lípidos y carbohidratos. El aporte nutricional varía según las condiciones del entorno donde crecen y se desarrollan. Algunas especies son ricas en arginina y glutamato. Además, el 44% de los aminoácidos encontrados en el cushuro se consideran esenciales para el ser humano (Corpus-Gómez et al., 2021).



Figura 1. Cianobacteria Cushuro

2.1.2. Maracuyá

Generalidades

La fruta exótica conocida como fruta de la pasión se distingue por sus excelentes características sensoriales y pertenece a la familia Passifloraceae. Originaria de la Amazonía peruana, esta fruta se cultiva tanto en la costa como en la selva del país. Las principales zonas de producción se encuentran en Piura y Chanchamayo. La fruta posee una cáscara dura y lisa que, al madurar, adquiere un aspecto rugoso. Su forma puede ser redonda u ovalada, y en su interior se encuentra una pulpa viscosa de color amarillo repleta de pequeñas semillas negras. Su sabor es agri dulce y suele medir entre 4 y 10 cm de diámetro (Bastías y Cepero, 2018).

Durante la etapa de cosecha del maracuyá, las pudriciones representan el principal factor que afecta la calidad de los frutos. Por esta razón, se requiere aplicar un tratamiento térmico a la pulpa con el fin de controlar los microorganismos y garantizar su calidad. Las semillas del maracuyá están envueltas en un arilo carnoso, del cual se extrae un zumo aromático y con

un sabor fuerte que resulta agradable al paladar y, por lo tanto, es bien recibido por los consumidores (Laz et al., 2018).



Figura 2. Fruto de maracuyá

Composición fisicoquímica y nutricional del maracuyá

El maracuyá se distingue por su característica acidez y aroma, mientras que su pH, nivel de acidez y contenido de sólidos solubles son factores que favorecen su procesamiento industrial, como se detalla en la Cuadro 3 (Bastías y Cepero, 2018).

El maracuyá es rico en potasio, aportando 267 mg, un mineral esencial para la transmisión y generación del impulso nervioso, así como para las funciones musculares. Además, su contenido de magnesio, con 0.250 mg, está asociado con el buen funcionamiento de los intestinos, nervios y músculos, mejora la inmunidad y posee un leve efecto laxante (Martínez-Velarde et al., 2021).

Cuadro 3. Composición física de la pulpa de maracuyá

Composición	Cantidad
pH	2.8 – 3.3
Acidez (%)	3.0 – 5.0

Sólidos solubles (°Brix)	12.5 – 18.0
Azúcares totales (%)	8.3 – 11.6
Ácido ascórbico (mg/100g)	7.0 – 20.0
Niacina (mg/100g)	1.5 – 2.2
Vitamina A (µg/100 g)	119.5 – 121.2
Hierro (mg/100g)	2.7 – 3.0

Fuente: Laz et al., 2018; Bastías y Cepero, 2018

La pulpa del maracuyá contiene polifenoles que poseen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Destaca como un energizante, ya que incrementa el metabolismo para la eliminación de grasas acumuladas en los tejidos. Además, es una fuente de vitaminas y minerales, incluyendo provitamina A, que se convierte en vitamina A en el cuerpo. La presencia de vitamina C contribuye a la formación de colágeno, glóbulos rojos y facilita la absorción de hierro de los alimentos.

Gracias a su alto contenido de fibra, la pulpa de maracuyá mejora el tránsito intestinal y reduce el estreñimiento. Asimismo, ayuda a regular los niveles de glucosa en la sangre en personas con diabetes, disminuye la presión arterial y alivia espasmos bronquiales o intestinales de origen nervioso, así como los dolores menstruales. Además, posee efectos antiespasmódicos, lo que contribuye a aliviar los dolores musculares (Ruilova et al., 2018). La Cuadro 4 presenta la composición química detallada del maracuyá.

Cuadro 4. Composición química de la pulpa de maracuyá

Composición	Cantidad
Energía (kJ)	253.30

Humedad (%)	82.60
Proteínas (%)	0.90
Grasas totales (%)	0.10
Carbohidratos (%)	16.10
Fibra dietética (%)	0.20
Cenizas (%)	0.60

Fuente: Cuadro Peruana de composición de Alimentos, 2017

Variedades de maracuyá

Existen dos variedades de maracuyá, basado en el color de la cáscara del fruto; la variedad púrpura o morada que corresponde a la especie botánica *Passiflora edulis*. variedad *purpúrea* y se desarrolla en zonas semi-cálidas sobre los 1000 msnm; y la variedad amarilla, que corresponde a la especie botánica *Passiflora edulis* variedad *Flavicarpa* y se desarrolla en climas cálidos, hasta los 1000 msnm. En el Perú se cosecha principalmente a la variedad amarilla por presentar mayor rendimiento y poseer resistencia a las enfermedades y plagas (Sierra y Selva Exportadora, 2021).

2.1.3. Bebida a base de frutas

Las frutas son una importante fuente de nutrientes para la dieta humana, ya que contienen una variedad de carbohidratos, ácidos, minerales, polifenoles, vitaminas hidrosolubles (como la vitamina C y del grupo B), provitamina A, aminoácidos, compuestos aromáticos, carotenoides, fibras, fitoesteroles y otras sustancias bioactivas. El contenido de agua en las frutas suele oscilar entre el 70% y el 90%. Aunque las frutas no suelen contener grandes cantidades de lípidos en la pulpa y la cáscara, las

semillas, que generalmente no son consumidas, sí pueden ser ricas en estos compuestos (Bautista, 2021).

Las bebidas de frutas son productos no fermentados pero fermentables, obtenidos mediante la dilución del jugo (ya sea concentrado o no) con agua, así como la adición de ingredientes y otros aditivos permitidos. Estas bebidas también pueden contener pulpa y células obtenidas por métodos físicos adecuados de la misma fruta. Además, se pueden añadir sustancias aromáticas (naturales, idénticas a las naturales, artificiales o una combinación de ellas), siempre y cuando estén permitidas por la autoridad sanitaria nacional competente o, en su ausencia, por el “Codex Alimentarius”. Es importante tener en cuenta que también se pueden añadir pulpa y células de la misma fruta (NTP 203.110. 2009).

Las bebidas de fruta son similares a los néctares de fruta, con la diferencia de que, en lugar de tener un mínimo del 20% de sólidos solubles del jugo o puré que las origina, deben contener al menos un 10% de sólidos solubles. En el caso de frutas con alta acidez (con una acidez natural mínima del 0.4% de ácido cítrico anhidro), el aporte mínimo de sólidos solubles será del 5% de la fruta (NTP 203.110. 2009).

Ingredientes para la elaboración de una bebida de frutas

En el estudio de Santamaría (2017), menciona los principales ingredientes para la elaboración de una bebida a base de frutas:

- Agua. Debe poseer calidad potable, libre de sustancias extrañas e impurezas y bajo contenido de sales, ya que puede influir en el sabor y aroma de la bebida.
- Fruta. Las bebidas se obtienen a partir de frutas maduras, enteras y frescas, libres de podredumbre. La ventaja de aquellas frutas que no

son demandadas debido a la forma y tamaño como venta directa de fruta fresca, es empleada para la industrialización de pulpas.

- Azúcar. Es aportada por la misma pulpa y por la adición para incrementar el dulzor característico de la bebida. Es recomendable emplear azúcar refinada por la mínima cantidad de impurezas, no aporta coloraciones y mantiene el sabor, color y aroma de la bebida. Entre otros azúcares, está la miel de abeja, miel de caña y edulcorantes naturales, como el estevióside.
- Acidulantes. Se emplea para regular la acidez de la dilución de la pulpa con el agua y evitar la proliferación de microorganismos. Regularmente, el rango de acidez dependerá del rango del pH, oscilando entre 3.5 a 3.8.
- Estabilizantes. Insumo empleado para disminuir la sedimentación de las partículas que constituyen la pulpa de la fruta. Además, el estabilizante confiere mayor consistencia a la bebida. El estabilizante de mayor empleo en las bebidas y néctares de frutas es el CMC (carboximetilcelulosa), debido a mantener las características sensoriales de la bebida, no se modifica a temperaturas de pasteurización y cumple su función en medios ácidos.
- Conservantes. Son insumos químicos para inhibir el desarrollo de hongos y levaduras. Su uso se fundamenta evitar el deterioro de la calidad del producto y prolongar el tiempo de vida útil. Entre los conservantes químicos se encuentran el sorbato de potasio y el benzoato de sodio.

2.1.4. Hidrocoloides

Las sustancias hidrofílicas se han empleado para prevenir la separación de fases en bebidas durante su almacenamiento. En la industria alimentaria, el término "hidrocoloide" se refiere a polisacáridos y sus derivados de origen vegetal o microbiano, que pueden dispersarse en agua fría o caliente para formar geles, dispersiones o soluciones viscosas incluso a bajas concentraciones de sólidos totales (Laz et al., 2018).

La función principal de los hidrocoloides es retener agua y interactuar con los demás ingredientes presentes en la formulación del producto. Esto se debe a que aumentan la viscosidad de la fase continua y contribuyen a la estabilización esférica de las partículas en suspensión (Paniagua et al., 2021).

Principales hidrocoloides empleados en bebidas

La estabilidad de las dispersiones y suspensiones en alimentos puede verse afectada por cambios a lo largo del tiempo, debido al comportamiento de los componentes inmiscibles que pueden experimentar separación de fases, así como a las interacciones no deseadas entre los componentes individuales. Estas interacciones físicas entre las partículas dispersas son un factor clave en este proceso (Drapala et al., 2018).

Los hidrocoloides son polímeros hidrofílicos que poseen una amplia variedad de propiedades funcionales beneficiosas para su uso en dispersiones alimentarias. Estos compuestos tienen la capacidad de modificar la reología y la microestructura del medio, lo que permite obtener productos estables con propiedades sensoriales aceptables. La aplicación de hidrocoloides, como la goma xantana y la carboximetilcelulosa (CMC), se ha utilizado principalmente en la elaboración de bebidas a base de frutas y hortalizas, con el objetivo de prevenir la sedimentación y controlar la vida útil del producto (Taiwo y Gift, 2019).

- La goma xantana es un polímero microbiano obtenido comercialmente a partir de la bacteria *Xanthomonas campestris*. Se utiliza ampliamente en la industria alimentaria debido a sus propiedades como controlador de viscosidad, estabilizante, emulsionante y agente espumante. Se hidrata rápidamente en agua fría sin formar grumos, y sus soluciones exhiben un comportamiento pseudoplástico. A temperatura ambiente, la goma xantana muestra cierta heterogeneidad en sus disoluciones. No obstante, cuando estas disoluciones se calientan a 40°C durante un período prolongado, se favorece la formación de geles rígidos al enfriarse (Drapala et al., 2018).
- La pectina es un polisacárido natural presente en las paredes celulares de las plantas, y se obtiene principalmente a partir de subproductos de la industria de los zumos de naranja, limón y sidra. Es más económica que otros agentes gelificantes, con excepción del almidón. La pectina forma geles en medios ácidos en presencia de altas cantidades de azúcar, lo que es común en la preparación de mermeladas, una de sus aplicaciones principales. Además de su uso en mermeladas y otras conservas vegetales, la pectina se emplea en repostería y en la fabricación de productos derivados de zumos de frutas (Taiwo y Gift, 2019).
- La celulosa es el componente principal del papel. En la industria alimentaria, la celulosa se obtiene mediante la despolimerización de fibras de celulosa natural, a través de hidrólisis en medio ácido de pulpa de madera. Los derivados de celulosa (del E-461 al E-466) se producen químicamente en un proceso de dos etapas: primero, la celulosa obtenida de madera o de residuos de algodón se trata con sosa cáustica; luego, esta celulosa alcalinizada se hace reaccionar con diferentes compuestos orgánicos según el derivado deseado.

Aunque la celulosa no es soluble en agua, sí es dispersable. Los derivados pueden ser más o menos solubles según el tipo, pero, a diferencia de otros estabilizantes vegetales, son mucho menos solubles en caliente que en frío, con la excepción de la carboximetilcelulosa (Taiwo y Gift, 2019).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

Los experimentos y análisis fueron llevados a cabo en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos del Programa de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS

Material de investigación

- Cushuro (*Nostoc commune*) fresco. Procedente de Huamachuco. Será adquirido del mercado de abastos La Hermelinda, Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Maracuyá variedad amarilla (*Passiflora edulis*). Será adquirido del mercado de abastos La Hermelinda, Trujillo, región La Libertad, Perú.

Insumos

- Sacarosa, marca Cartavio. Será adquirido en Supermercado Tottus, Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Ácido cítrico. Distribuidor Linros. Será adquirido de la empresa Linros Interinsumos S.R.L, Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Sorbato de potasio. Distribuidor Linros. Será adquirido de la empresa Linros Interinsumos S.R.L, Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Agua de mesa, marca San Luis. Será adquirido del Real Plaza, Trujillo, región La Libertad, Perú.
- Bolsas de polipropileno con cierre hermético, marca Ziploc serán adquiridas del Mercado Zonal Palermo del distrito Trujillo, región La Libertad, Perú.

Reactivos

- Hidróxido de sodio 0.1 N

3.3. EQUIPOS E INSTRUMENTOS

- Balanza analítica. Marca A&D Company Limited. Modelo GR-200. Capacidad 0 - 200 g, sensibilidad aprox. 0.0001 g.
- Balanza de precisión. Marca Ohaus. Modelo IAJ602. Capacidad 0-600 g, sensibilidad aprox. 0.01 g.
- Termómetro digital. Marca Multidigital. Rango de 50 a 200 °C. Precisión ± 0.01 °C.
- Reómetro digital. Marca Brookfield. Modelo RVDV-III+. Husillo N° 2. Voltaje 90-260 V.
- Estufa Venticell. Marca MMM Group. Modelo UNE-300. Rango 20-180 °C. Precisión 0.5 °C.
- pH metro. Marca Mettler Toledo. Rango de 0 a 14.
- Refractómetro. Marca Atago. Rango: 0-90 °Brix.
- Licuadora de 5 velocidades. Modelo 250-22. Marca Oster
- Refrigeradora. Marca Bosh. Modelo Frostt 44. Rango 0 a 8 °C.
- Centrifugadora tubular. Marca Heraeus Sepatech. Modelo Labofuge 200.
- Agitador de paletas. Marca CAT. Modelo R50. Rango de 100 a 1600 rpm.
- Cocina eléctrica. Marca JP Selecta. Modelo 100442. Con 6 potencias de calefacción (0-1500 watts).

3.4. METODOLOGÍA

Esquema experimental para la evaluación de la bebida a base de maracuyá con la proporción de pulpa de fruta:agua y adición del hidrocoloide de cushuro en polvo

En la Figura 3, se muestra el esquema experimental. Las variables independientes serán la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo. Las variables dependientes serán: pH, sólidos solubles, acidez titulable, viscosidad aparente y aceptabilidad general.

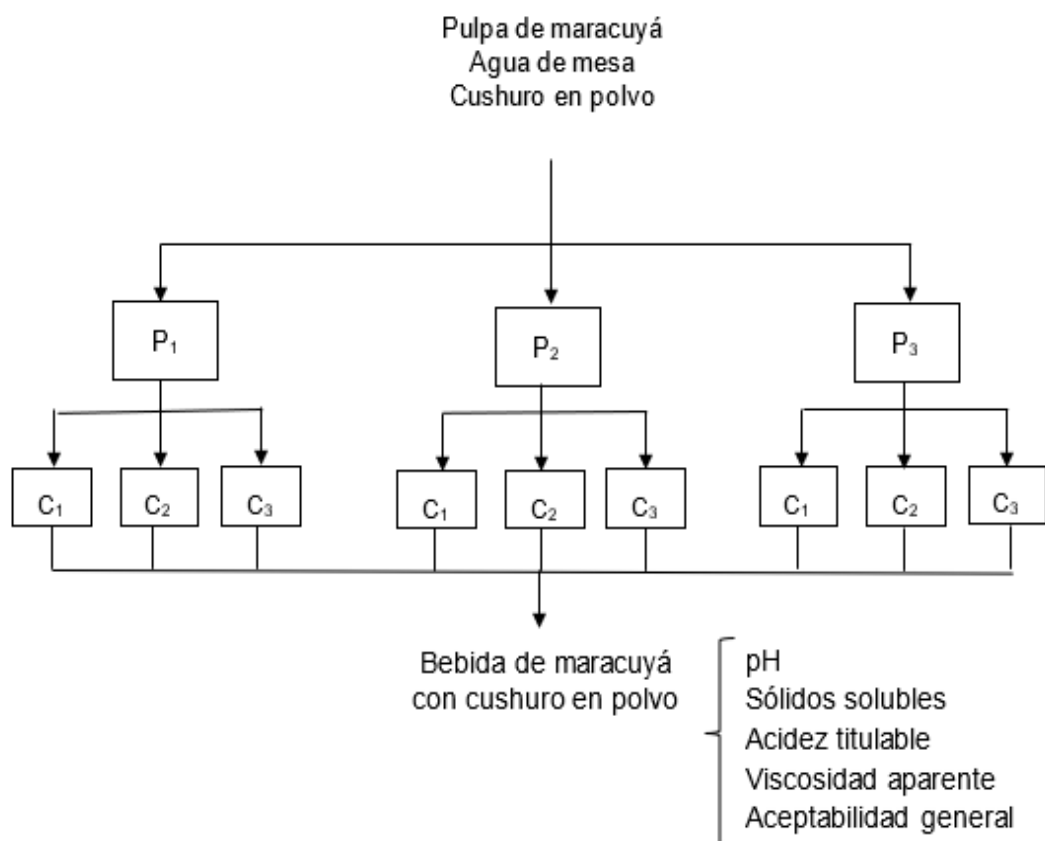


Figura 3. Esquema experimental

Leyenda:

P1: proporción pulpa de fruta: agua, 1:1

P2: proporción pulpa de fruta: agua, 1:2

P3: proporción pulpa de fruta: agua, 1:3

C1: adición de cushuro en polvo, 0.80%

C2: adición de cushuro en polvo, 0.90%

C3: adición de cushuro en polvo, 1.00%

Formulaciones para la investigación de la bebida de maracuyá

En la Cuadro 5, se presentan las formulaciones para la elaboración de la bebida a base de maracuyá con la proporción de pulpa de fruta:agua y adición de cushuro en polvo (Villar, 2022; Venegas, 2021; Bautista, 2019) con modificaciones del autor.

Cuadro 5. Formulaciones de la bebida de investigación

Ingredientes	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Pulpa de maracuyá	45.00	45.00	45.00	30.00	30.00	30.00	22.50	22.50	22.50
Agua	45.00	45.00	45.00	60.00	60.00	60.00	67.50	67.50	67.50
Sacarosa	9.89	9.89	9.89	9.89	9.89	9.89	9.89	9.89	9.89
Ácido cítrico	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
CMC	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Sorbato de potasio	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Subtotal	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Cushuro en polvo	0.80	0.90	1.00	0.80	0.90	1.00	0.80	0.90	1.00

Procedimiento experimental para la obtención del polvo de Hidrocoloide de cushuro

En la Figura 4, se muestra el diagrama de flujo para la elaboración del hidrocoloide del cushuro en polvo. A continuación, se describe cada etapa del diagrama de flujo (Venegas, 2021; Santiago, 2018).

- **Recepción:** Se recibirá el cushuro fresco con color, sabor y aroma característico.
- **Selección y limpieza:** Se realizará manualmente y se excluirán las impurezas y/o materias extrañas que se encuentren adheridas al cushuro y en malas condiciones.
- **Pesado:** Se pesará el cushuro apto para el procesamiento y determinación de los rendimientos.
- **Lavado:** Se realizará por inmersión durante 3 min en una tina con agua potable, luego se enjuagará. Este mismo procedimiento, se repetirán por 3 veces.
- **Liculado:** En una proporción de 1:2 (cushuro:agua destilada) se licuará durante 2 min hasta obtener una consistencia densa y homogénea.
- **Precocción.** Se realizará en baño María a 70 °C durante 15 min.
- **Filtrado 1:** Se empleará tela organza para separar el extracto acuoso y la torta.
- **Separación:** El extracto acuoso se adicionará alcohol 96° en una proporción de 1:1 (filtrado:alcohol), cual formará una separación de fase.
- **Filtrado 2:** Para la obtención de los flóculos de hidrocoloide de cushuro, se realizará el ultimo filtrado hasta eliminar la totalidad del agua.
- **Secado:** Se empleará un secador de bandejas con convección de aire a 50 °C, hasta una humedad constante de 6-8%.
- **Molienda:** Se hará pasar por un molino de martillos para reducir el tamaño de las partículas.
- **Tamizado:** El material resultante se tamizará con un colador con malla N° 30 (425 µm).
- **Envasado:** El producto se envasará en bolsas de polipropileno con cierre hermético.

- **Almacenado:** Se realizará a temperatura ambiente durante 48 h, hasta el momento de la preparación de las muestras de la bebida.

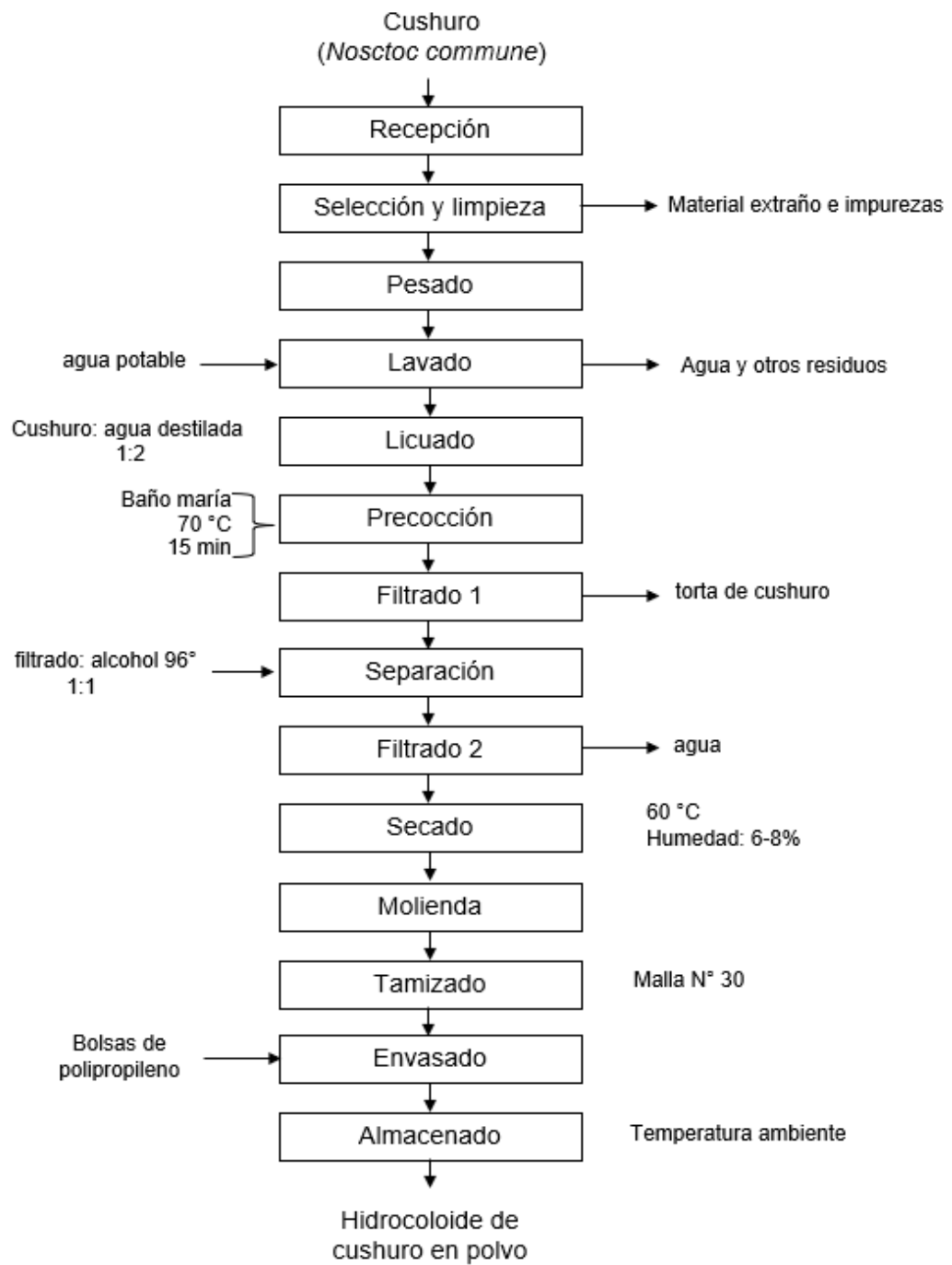


Figura 4. Diagrama de flujo de elaboración del hidocoloide de cushuro en polvo

Procedimiento experimental para la elaboración de la bebida de maracuyá con proporción pulpa de fruta:agua y del hidocoloide de cushuro en polvo

En la Figura 5, se muestra el diagrama para la elaboración de la bebida de maracuyá con proporción pulpa de fruta:agua y del hidocoloide de cushuro en polvo. A continuación, se describe cada proceso del diagrama de flujo (Sáenz y Valladares, 2021; Santamaría, 2017).

- **Recepción:** Se recibirán los frutos de maracuyá.
- **Selección:** Se realizará manualmente y se excluirán las impurezas y/o materias extrañas, y eliminando aquellos frutos deteriorados.
- **Lavado:** Se realizará con abundante agua potable en una bandeja de plástico.
- **Extracción:** Se cortará el fruto por la mitad y con una cuchara se extraerá la pulpa adherida a las semillas de maracuyá.
- **Pulpeado:** Se frotarán las semillas con la pulpa en un colador, con el propósito de separar la pulpa. Posteriormente, la pulpa se homogenizará en una licuadora durante 1 min; luego, se tamizará (75 μ m) para uniformizar tamaño de las partículas de la pulpa.
- **Mezclado:** Se realizará en las proporciones de pulpa y agua según las formulaciones, luego se calentará a 65 °C en contante agitación manual durante 5 min, y se agregará lentamente la sacarosa.
- **Pasteurización:** El hidocoloide de cushuro en polvo y el ácido cítrico serán disueltas independientes en agua a 80 °C para, luego, agregarlos

a la mezcla mencionada anteriormente. Se pasteurizará a 95 °C durante 3 min y, al finalizar, se agregará el sorbato de potasio.

- **Envasado:** Se realizará a 85 °C en botellas de vidrio de 250 ml.
- **Enfriamiento:** Se realizará a temperatura ambiente (25 °C), para evitar la pérdida de nutrientes y de características sensoriales.
- **Almacenamiento:** Se almacenará en un lugar fresco a 25 °C hasta el día de los análisis respectivos.

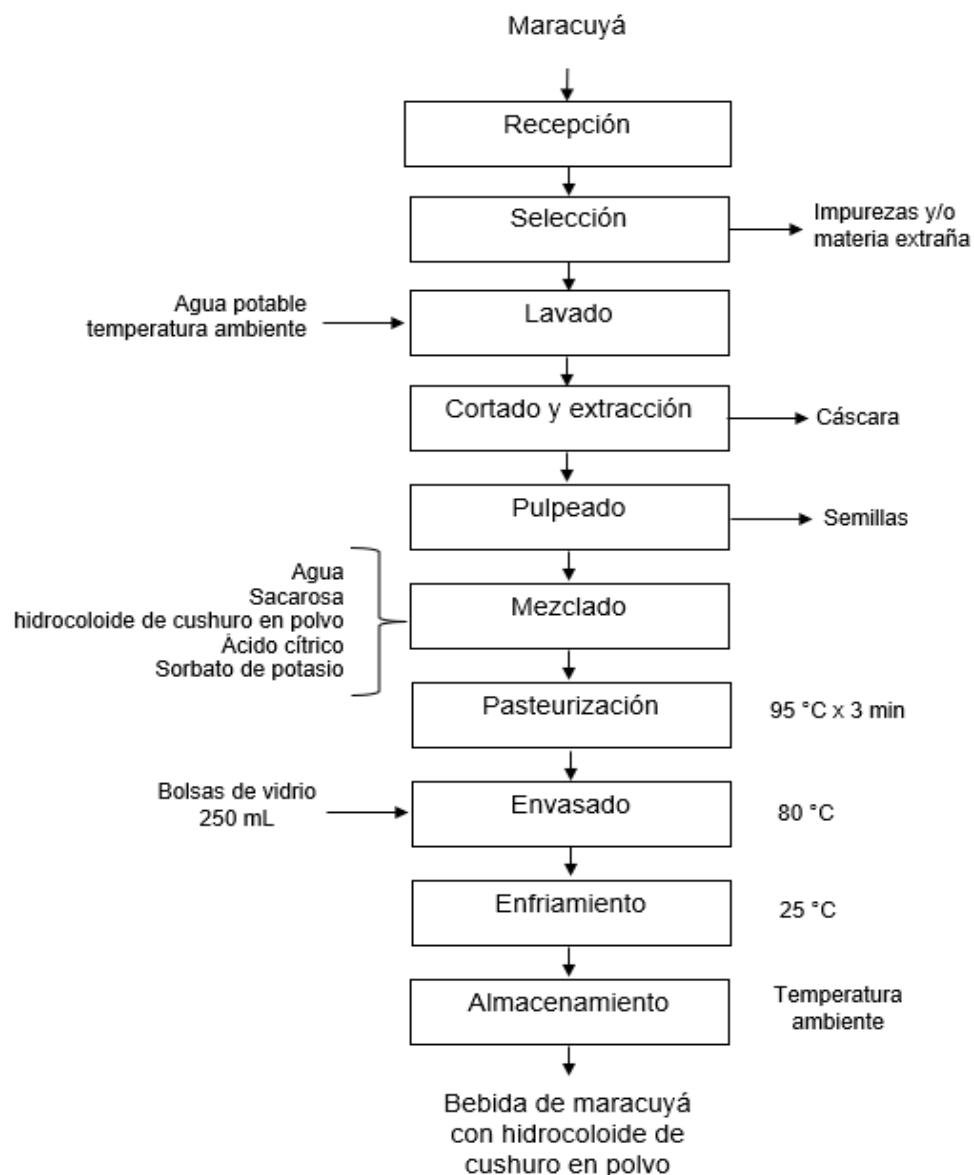


Figura 5. Diagrama de flujo de elaboración de la bebida de maracuyá con hidrocoloide de cushuro en polvo

3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.5.1. pH

Se utilizó una muestra de 10 mL para cada tratamiento y se empleó un pH-metro digital para la medición. Antes de realizar las mediciones, el equipo fue calibrado con tres tipos de buffers (pH 4, 7 y 10) para garantizar la precisión de los resultados. Se tomaron tres lecturas para cada procedimiento y se calculó el promedio, reportando los valores con dos decimales. Este procedimiento se llevó a cabo de acuerdo con las directrices establecidas por AOAC en 1997.

3.5.2. Sólidos Solubles

Los sólidos solubles fueron expresados en °Brix y se determinaron utilizando un refractómetro de mano Atago, el cual fue calibrado a 25 °C. Se colocó una gota de la bebida de maracuyá en el refractómetro, previamente calibrado con agua destilada, y se registró el valor de los sólidos solubles en °Brix. Este proceso se realizó siguiendo los lineamientos de AOAC en 2005.

3.5.3. Acidez Titulable

La acidez titulable fue medida por triplicado mediante el método descrito en AOAC (2005) 939.05. Para esta determinación, se utilizó una solución valorada de hidróxido de sodio 0.1 N. Se transfirieron 10 mL de la muestra a un matraz Erlenmeyer y se tituló con la solución de hidróxido de sodio hasta alcanzar un pH entre 8.1 y 8.3, registrando el volumen empleado. La acidez titulable fue expresada como porcentaje de ácido cítrico y se calculó utilizando la fórmula especificada en el método.

$$\% \text{ acidez} = \frac{N \times V \times \text{peso Eq}}{w}$$

Donde:

V = volumen de NaOH usado para la titulación.

N = normalidad del NaOH.

Peso Eq = peso equivalente a 0.064 g de ácido cítrico.

W = Cantidad de la muestra

3.5.4. Viscosidad Aparente

Se empleó el reómetro Brookfield Modelo DV-III, equipado con el husillo N.º 27, operando a una velocidad de 100 rpm y utilizando un volumen de muestra de 500 mL a una temperatura de 20 ± 1 °C. La viscosidad se registró en mPa.s, según lo indicado por Taiwo y Gift en 2015.

3.5.5. Aceptabilidad General

La evaluación se realizó mediante una escala hedónica de 9 puntos. Los panelistas probaron las muestras de la bebida, utilizando agua de mesa como neutralizante entre cada tratamiento. Participaron 50 panelistas no entrenados, con edades comprendidas entre los 18 y 35 años, representativos del público consumidor de bebidas de frutas. Las pruebas se llevaron a cabo en tres sesiones, con tres tratamientos por sesión. A cada panelista se le presentaron 3 muestras codificadas al azar con 3 dígitos, y cada 10 minutos se mostraban las tres muestras restantes. Las pruebas se llevaron a cabo durante las mañanas y tardes, preferiblemente entre las 10:00 y las 12:00 horas y entre las 16:00 y las 18:00 horas. La metodología de evaluación se basó en la cartilla mostrada en la Figura 6 (Anzaldúa-Morales, 2005, Araoz & Gonzales, 2018).

3.6. MÉTODOS ESTADÍSTICOS

La evaluación estadística se llevó a cabo utilizando un diseño bifactorial, en el cual se variaron tres proporciones de pulpa de maracuyá:agua y tres niveles de adición de hidrocoloide de cushuro en polvo, cada uno con tres repeticiones. Las variables paramétricas consideradas fueron pH, sólidos solubles, acidez titulable y viscosidad aparente, mientras que la variable no paramétrica fue la aceptabilidad general.

Para las variables paramétricas, se utilizó la prueba de Levene para evaluar la homogeneidad de varianzas, seguida de un ANOVA de un factor con un nivel de confianza del 95% para determinar el efecto significativo de las variables independientes. En caso de encontrar diferencias significativas, se aplicó la prueba de Duncan para realizar comparaciones múltiples y determinar qué formulaciones presentaban diferencias estadísticamente significativas.

Para la variable no paramétrica de aceptabilidad general, se utilizó la prueba de Friedman para evaluar las diferencias entre las formulaciones. Al encontrarse diferencias significativas ($p < 0.05$), no fue necesario realizar la prueba de Wilcoxon. Todos los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico SPSS versión 27, ampliamente reconocido por su capacidad para manejar datos complejos y realizar una variedad de análisis estadísticos, asegurando la robustez y fiabilidad de los resultados obtenidos.

Prueba de aceptabilidad general de la bebida de maracuyá			
Nombre:			
Fecha:			
Instrucciones: Pruebe la bebida de maracuyá que se le ha proporcionado y califique según la escala que se presenta, marcando con una (x) en el casillero correspondiente de acuerdo con el nivel de agrado o desagrado que le produzca.			
	Muestra		
Escala	312	536	487
Me agrada extremadamente	----	----	----
Me agrada mucho	----	----	----
Me agrada bastante	----	----	----
Me agrada ligeramente	----	----	----
Ni me agrada ni me desagrada	----	----	----
Me desagrada ligeramente	----	----	----
Me desagrada bastante	----	----	----
Me desagrada mucho	----	----	----
Me desagrada extremadamente	----	----	----
Comentarios:			

Figura 6. Ficha de evaluación para la prueba de aceptabilidad general de la bebida de maracuyá con hidrocoloide de cushuro en polvo

Fuente: Anzaldúa-Morales (2005)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de la proporción de pulpa de fruta:agua y adición del hidrocoloide de cushuro en polvo sobre el pH, sólidos solubles, acidez titulable, viscosidad aparente y aceptabilidad general de una bebida de maracuyá

pH

La figura 7 muestra cómo varía el pH de diferentes formulaciones de una bebida de maracuyá en función de la proporción de pulpa de fruta y agua, así como la adición de hidrocoloide de cushuro en polvo. Las formulaciones F1 y F2, que contienen un 45% de pulpa de maracuyá y un 45% de agua, tienen un pH de 3.65, siendo las más alcalinas. La formulación F6, con un 30% de pulpa y un 60% de agua, presenta un pH ligeramente inferior de 3.60. Las formulaciones F3, F4 y F5, con un 45% de pulpa y cantidades crecientes de cushuro en polvo, muestran una disminución progresiva del pH, alcanzando valores de 3.29, 3.14 y 3.09, respectivamente. Finalmente, las formulaciones F7, F8 y F9, con un 22.5% de pulpa y un 67.5% de agua, presentan valores de pH de 3.28, 3.27 y 3.38, respectivamente. Estos resultados indican que tanto la proporción de pulpa de maracuyá como la cantidad de cushuro en polvo influyen significativamente en la acidez de la bebida, siendo las formulaciones con mayor proporción de agua y cushuro las que presentan un pH más bajo.

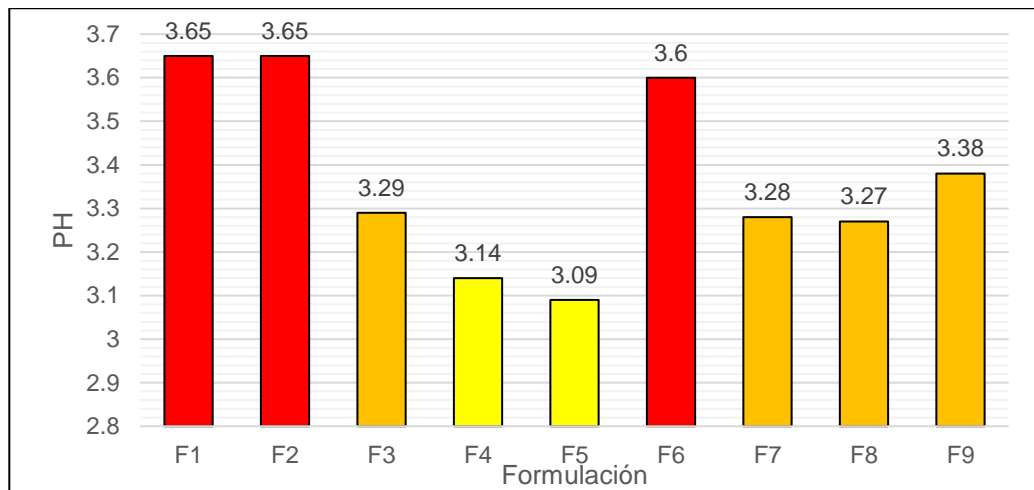


Figura 7. pH en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo

En el estudio sobre maracuyá, los valores de pH obtenidos en las formulaciones oscilaron entre 3.09 y 3.65, reflejando una acidez característica de esta fruta, cuyo pH referencial se sitúa generalmente entre 2.8 y 3.6. Este rango de pH es fundamental para preservar el sabor fresco y ácido del maracuyá, así como para contribuir a la estabilidad microbiológica de las bebidas formuladas.

Por su parte, Mayorga (2023) reporta un pH de 5.6 en la bebida funcional elaborada con cushuro y tuna roja en su tratamiento óptimo (T5). Este valor de pH, correspondiente a una acidez moderada, resulta adecuado para conservar las características sensoriales y la estabilidad del producto, manteniendo un equilibrio que favorece tanto la aceptabilidad sensorial como la preservación de los antioxidantes. Es importante destacar que el pH referencial de la tuna roja varía entre 5.5 y 6.0, lo que sugiere que el pH alcanzado en el tratamiento óptimo es coherente con las propiedades naturales de la fruta utilizada.

En una línea similar, Bautista (2021) informa que el mejor tratamiento para el néctar de maracuyá, con una dilución de pulpa a agua de 1:5 y una concentración de mucílago de cacao al 15%, presentó un pH de 3.61. Este

valor coincide con los resultados obtenidos en el estudio de maracuyá, indicando que las formulaciones mantienen la acidez intrínseca de la fruta, esencial tanto para la preservación sensorial como para la estabilidad microbiológica.

Conforme a la “Norma Técnica Peruana” (NTP) para bebidas funcionales y néctares, se espera que el pH esté en un rango que asegure tanto la seguridad microbiológica como la aceptabilidad sensorial, típicamente entre 3.0 y 4.5. En el presente estudio, las formulaciones F3, F4, F5, F7, F8 y F9, cuyos pH oscilan entre 3.09 y 3.38, cumplen con estos criterios, garantizando que la bebida sea segura y aceptable para el consumo, manteniendo la acidez necesaria para preservar la estabilidad microbiológica y sensorial.

No obstante, las formulaciones F1, F2 y F6, con valores de pH de 3.65 y 3.60, aunque dentro del rango permitido por la NTP, se encuentran en el extremo superior del mismo. Estos valores se acercan al pH referencial de frutas menos ácidas, como el melón o la papaya, que presentan un pH entre 3.5 y 4.0. Si bien estas formulaciones cumplen con los límites establecidos, se recomienda considerar ajustes en otros factores de conservación, tales como el uso de conservantes naturales o la refrigeración, para asegurar la estabilidad microbiológica a largo plazo.

Cuadro 6. Prueba de Levene para el pH en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo

Estadístico de Levene	p
0.155	0.329

En la Cuadro 6, el Estadístico de Levene reporta que las variaciones en el pH observadas en las formulaciones no son significativamente diferentes, implicando que las proporciones de pulpa de fruta y la adición

del hidrocoloide de cushuro en polvo generan varianzas homogéneas en el pH de las bebidas.

Cuadro 7. Análisis de varianza para el pH en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,811	8	,101	7,509	,003
Dentro de grupos	,121	9	,013		
Total	,933	17			

La Cuadro 7 muestra los resultados del “análisis de varianza” (ANOVA) para el pH en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo. La suma de cuadrados entre grupos es 0.811 con 8 grados de libertad, lo que indica la variabilidad del pH atribuida a las diferentes proporciones de los ingredientes. La media cuadrática entre grupos es 0.101, mientras que la media cuadrática dentro de los grupos, que representa la variabilidad interna no explicada por el modelo, es 0.013 con 9 grados de libertad. El valor F obtenido es 7.509, con una significancia de 0.003, indicando que las diferencias observadas en el pH entre las formulaciones son estadísticamente significativas, lo que sugiere que la proporción de pulpa de fruta:agua y la cantidad de hidrocoloide de cushuro en polvo tienen un impacto significativo en el pH de la bebida.

Cuadro 8. Prueba de Duncan para el pH en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo

Pulpa de maracuyá	Cushuro en polvo	Subgrupos			
		1	2	3	4
30.00	0.90	31,00			
30.00	0.80	32,00			
22.50	0.90	32,50	32,50		
22.50	0.80	32,55	32,55		
22.50	1.00	33,70	33,70	33,70	
45.00	1.00		35,00	35,00	35,00
45.00	0.90			36,15	36,15
30.00	1.00			36,30	36,30
45.00	0.80				37,50

La Cuadro 8 de la Prueba de Duncan muestra cómo diferentes combinaciones de pulpa de maracuyá y cushuro en polvo se agrupan en subgrupos en función de sus valores de pH. Los subgrupos indican que las combinaciones con 30.00 de pulpa y niveles de cushuro de 0.90 y 0.80 se agrupan en los niveles más bajos de pH, mientras que combinaciones con 45.00 de pulpa y 1.00 de cushuro alcanzan los niveles más altos. Esto sugiere que incrementos en la proporción de pulpa y la adición de cushuro tienden a aumentar el pH de la bebida, con diferencias significativas entre los subgrupos identificados. Considerando estos resultados, la mejor combinación sería la de 30.00 de pulpa de maracuyá y 0.90 o 0.80 de cushuro en polvo, ya que presentan los valores de pH más bajos, lo que favorece la acidez y estabilidad del producto final.

Sólidos solubles

La figura 8 muestra el contenido de sólidos solubles en diferentes formulaciones de una bebida, variando la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición de hidrocoloide de cushuro en polvo. Las formulaciones F1, F2 y F3 presentan los valores más altos de sólidos solubles con 20.2, 21.1 y 18.3 respectivamente, lo que indica una mayor concentración de compuestos que contribuyen al sabor dulce y al valor nutricional de la bebida. En contraste, las formulaciones F4 a F9 tienen valores más bajos de sólidos solubles, oscilando entre 14.7 y 15.8, lo que puede resultar en un sabor menos intenso y una percepción diferente de calidad por parte del consumidor. Este patrón sugiere que las formulaciones con una mayor proporción de pulpa de fruta tienden a tener un contenido más alto de sólidos solubles, mientras que las que contienen más agua y cushuro en polvo tienen un contenido menor. En términos de preferencia del consumidor y calidad nutricional, las formulaciones con mayores sólidos solubles, como F1 y F2, pueden ser más atractivas.

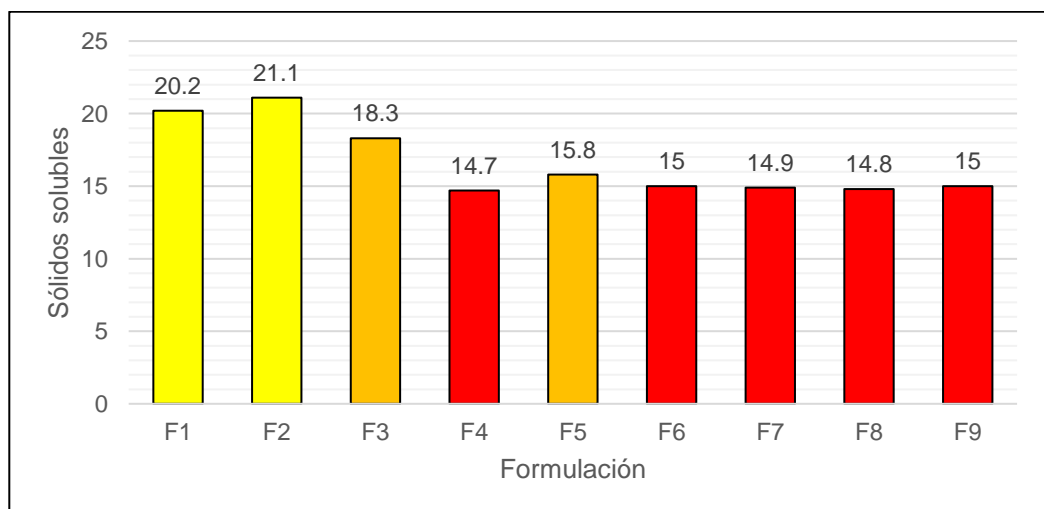


Figura 8. Sólidos solubles en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo

Los estudios de Venegas (2021) y Bautista (2021) investigan cómo diferentes ingredientes y proporciones afectan las características fisicoquímicas de néctares de frutas, específicamente en cuanto al contenido de sólidos solubles. En el estudio de Venegas (2021), se evaluó el efecto de la adición de hidrocoloide de cushuro liofilizado sobre un néctar de aguaymanto. Los sólidos solubles mostraron un comportamiento creciente con valores que iban desde 12.10 hasta 14.80 °Brix a medida que aumentaba la concentración de hidrocoloide. El mejor tratamiento identificado tenía 13.8 °Brix, lo que indica un contenido de sólidos solubles comparable a las bebidas comerciales.

Por otro lado, Bautista (2021) analizó el néctar de maracuyá, donde se exploró la relación entre la dilución de pulpa y agua y la concentración de mucílago de cacao. El mejor tratamiento encontrado presentó un contenido de sólidos solubles de 14.2 °Brix. Esto sugiere que la adición de mucílago de cacao en la proporción adecuada puede alcanzar niveles de sólidos solubles que mejoran las propiedades sensoriales y la calidad del néctar, similar al estudio de Venegas donde el hidrocoloide de cushuro también resultó en altos niveles de sólidos solubles.

En ambos estudios, se observa que la adición de ingredientes específicos (hidrocoloide de cushuro liofilizado y mucílago de cacao) en proporciones adecuadas contribuye a un contenido óptimo de sólidos solubles, mejorando la calidad sensorial de las bebidas. Ambos estudios sugieren que valores de sólidos solubles alrededor de 14 °Brix son preferibles, equilibrando el sabor y la percepción de calidad en los néctares de frutas.

Según la Norma Técnica Peruana (NTP), se recomienda que el contenido de sólidos solubles se encuentre en un rango adecuado para asegurar tanto la calidad sensorial como la aceptabilidad del producto. Generalmente, un contenido de sólidos solubles entre 12 y 16 °Brix es aceptable para néctares de frutas. En este contexto, todas las

formulaciones presentadas (F1 a F9) cumplen con los estándares de la NTP, con excepción de las formulaciones F1, F2 y F3, que presentan valores superiores al rango recomendado, lo que podría resultar en un sabor excesivamente dulce. Por lo tanto, la mayoría de las formulaciones cumplen con la NTP, asegurando una buena calidad sensorial y aceptación del consumidor.

Cuadro 9. Prueba de Levene para los sólidos solubles en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo

Estadístico de Levene	p
0.238	0.922

En la Cuadro 9, el Estadístico de Levene reporta que las variaciones en los sólidos solubles observados en las formulaciones no son significativamente diferentes, implicando que las proporciones de pulpa de fruta y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo generan varianzas homogéneas en los sólidos solubles de las bebidas.

Cuadro 10. Análisis de varianza para los sólidos solubles en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	58,000	4	14,500	29,000	,003
Dentro de grupos	2,000	4	,500		
Total	60,000	8			

La Cuadro 10 del ANOVA para los sólidos solubles en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo muestra una suma de cuadrados entre grupos de 58.000 con 4 grados de libertad, y una suma de cuadrados dentro de los grupos de

2.000 con 4 grados de libertad. La media cuadrática entre grupos es 14.500 y dentro de grupos es 0.500, resultando en un valor F de 29.000 y una significancia (p) de 0.003. Esto indica que las diferencias observadas en los sólidos solubles entre las formulaciones son estadísticamente significativas, lo que sugiere que la proporción de pulpa de fruta y la cantidad de hidrocoloide de cushuro afectan de manera importante el contenido de sólidos solubles en la bebida.

Cuadro 11. Prueba de Duncan para los sólidos solubles en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo

Pulpa de maracuyá	Cushuro en polvo	Subgrupos						
		1	2	3	4	5	6	7
30.00	0.80	14.68						
22.50	0.90	14.82	14.82					
22.50	0.80	14.93	14.93					
30.00	1.00		15.02	15.02				
22.50	1.00			15.25				
30.00	0.90				15.81			
45.00	1.00					18.33		
45.00	0.80						20.15	
45.00	0.90							21.13

La Cuadro 11 muestra los resultados de la Prueba de Duncan para los sólidos solubles (Brix) en función de la proporción de pulpa de maracuyá y cushuro en polvo, agrupados en siete subgrupos según diferencias significativas. Los valores más bajos de sólidos solubles se encuentran en las combinaciones con 30.00% de pulpa y 0.80% de chíá, mientras que los valores más altos se presentan en las formulaciones con 45.00% de pulpa y concentraciones de mucílago de 0.80% y 0.90%. Esto indica que un aumento en la proporción de pulpa de maracuyá está asociado con un incremento significativo en los sólidos solubles.

Acidez titulable

La figura 9 muestra la acidez titulable en diferentes formulaciones de una bebida, variando la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición de hidrocoloide de cushuro en polvo. Las formulaciones F1, F2 y F3 presentan los valores más altos de acidez titulable, con 6.63, 6.9 y 5.95 respectivamente, indicando una mayor acidez en estas formulaciones. Esto sugiere que estas combinaciones contienen una proporción de pulpa de fruta más alta o una cantidad mayor de cushuro en polvo, contribuyendo a una mayor acidez. Las formulaciones F4, F5 y F6 tienen valores de acidez titulable intermedios, de 3.8, 4.3 y 3.7 respectivamente, lo que indica un equilibrio moderado en la acidez, posiblemente debido a una proporción equilibrada de pulpa de fruta y agua. Por último, las formulaciones F7, F8 y F9 muestran los valores más bajos de acidez titulable, con 2.9, 3.4 y 3.2 respectivamente, lo que sugiere una menor proporción de pulpa de fruta o una mayor dilución con agua, resultando en una bebida menos ácida. Estos resultados indican que la acidez titulable varía significativamente con la proporción de pulpa de fruta y la adición de hidrocoloide de cushuro, siendo las formulaciones con mayor pulpa de fruta las que presentan mayor acidez, lo que puede influir positivamente en la estabilidad microbiológica y las propiedades sensoriales de la bebida.

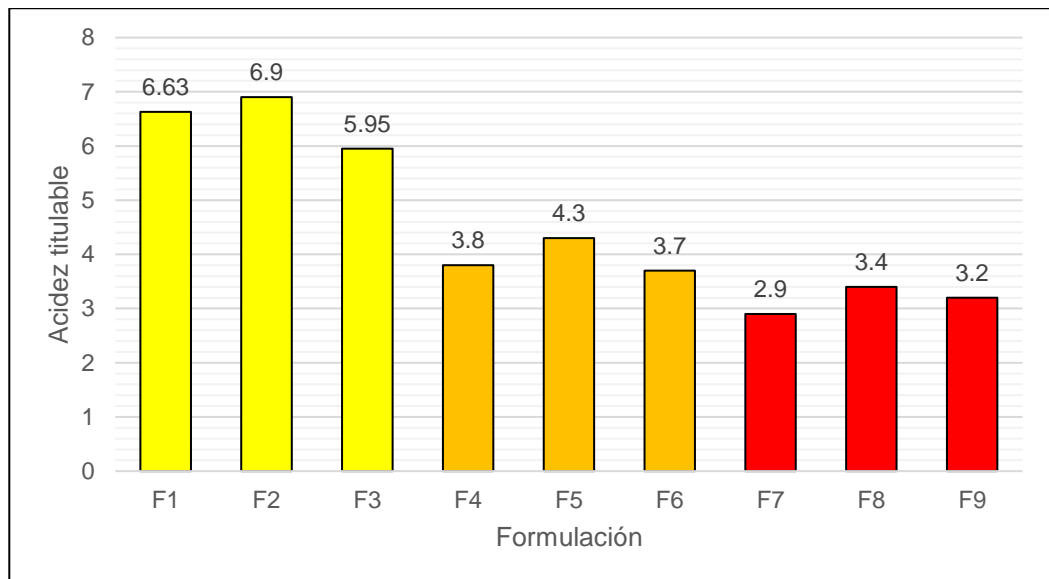


Figura 9. Acidez titulable en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidocoloide de cushuro en polvo

Al comparar los resultados obtenidos en este estudio con los hallazgos de Mayorga (2023), se observa una discrepancia significativa en los niveles de acidez titulable. Mientras que Mayorga reportó una acidez de 0.18% en su bebida funcional de cushuro y tuna roja, las formulaciones evaluadas en el presente estudio presentan valores mucho más altos, con algunas formulaciones alcanzando hasta 6.9%. Esta diferencia sugiere que las variaciones en la proporción de pulpa de fruta y la adición de cushuro en polvo pueden tener un impacto considerable en la acidez de la bebida.

Por otro lado, en el estudio de Bautista (2021), se observa que las formulaciones actuales muestran una tendencia similar en algunas características pero con variaciones notables en la acidez. Bautista reportó una acidez titulable de 0.47% en su néctar de maracuyá, un valor que fue considerado óptimo para mantener el balance entre acidez y sabor. En contraste, las formulaciones F1, F2 y F3 del presente estudio tienen niveles de acidez significativamente más altos, lo que sugiere una diferencia en la formulación que podría influir en la percepción sensorial.

Sin embargo, las formulaciones F4 a F9, con acidez titulable entre 2.9% y 4.3%, muestran una mayor concordancia con los resultados de Bautista, indicando que, aunque algunas formulaciones presentan diferencias, otras mantienen un perfil de acidez más acorde con lo esperado en productos similares, lo que puede favorecer su aceptación por parte del consumidor.

De acuerdo con la “Norma Técnica Peruana” (NTP), la acidez titulable en bebidas de frutas debe estar dentro de un rango que asegure tanto la estabilidad microbiológica como la aceptabilidad sensorial del producto. En el presente estudio, las formulaciones F1, F2 y F3 mostraron valores de acidez titulable superiores a lo recomendado, lo que podría afectar negativamente la percepción sensorial del producto al ser demasiado ácido. En contraste, las formulaciones F4, F5, F6, F7, F8 y F9, con valores entre 2.9% y 4.3%, cumplen con los estándares de la NTP, garantizando que el producto sea estable y agradable al paladar. Esto subraya la necesidad de ajustar las formulaciones para asegurar el cumplimiento con las normativas establecidas y la aceptación del consumidor.

En los resultados obtenidos, se observa una relación inversa entre la acidez titulable y el pH de las formulaciones. Las formulaciones con valores de acidez titulable más altos, como F1, F2 y F3, tienden a presentar un pH más bajo, lo que es característico de un ambiente más ácido. Esta relación es consistente con la comprensión química de que un aumento en la acidez titulable generalmente corresponde a una disminución en el pH, reflejando un incremento en la concentración de iones de hidrógeno. Por otro lado, las formulaciones con menores niveles de acidez titulable, como F7, F8 y F9, muestran un pH relativamente más alto, indicando una menor acidez. Esta dinámica sugiere que los ajustes en la acidez titulable son cruciales para controlar el pH, y por ende, la percepción sensorial y estabilidad del producto final.

Cuadro 12. Prueba de Levene para acidez titulable en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo

Estadístico de Levene	p
0.486	0.206

En la Cuadro 12, el Estadístico de Levene reporta que las variaciones en acidez titulable observados en las formulaciones no son significativamente diferentes, implicando que las proporciones de pulpa de fruta y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo generan varianzas homogéneas en acidez titulable de las bebidas.

Cuadro 13. Análisis de varianza para acidez titulable en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	19,021	4	2,378	29,000	,000
Dentro de grupos	2,000	4	.		
Total	21,021	8			

La Cuadro 13 expone que la suma de cuadrados entre grupos es 21.021 con 4 grados de libertad, y la media cuadrática entre grupos es 2.378. El valor F es 29.000 con una significancia (p) de 0.000, indicando que las diferencias observadas en la acidez titulable entre las distintas formulaciones son altamente significativas. Estos resultados demuestran que la proporción de pulpa de fruta y la adición de hidrocoloide de cushuro tienen un efecto significativo en la acidez titulable de las bebidas, confirmando que los cambios en la formulación afectan de manera importante este parámetro fisicoquímico.

Cuadro 14. Prueba de Duncan para acidez titulable en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo

Pulpa de maracuyá	Cushuro en polvo	Subgrupos						
		1	2	3	4	5	6	7
22.50	0.80	2.9100						
22.50	1.00		3.1900					
22.50	0.90		3.4250					
30.00	0.90			3.7200				
30.00	1.00			3.9000				
30.00	0.80				4.3250			
45.00	1.00					6.1750		
45.00	0.90						6.6400	
45.00	0.80							6.9500

La Cuadro 14 presenta que los datos se agrupan en siete subgrupos que reflejan diferencias significativas. Las formulaciones con menores niveles de acidez titulable están asociadas con una menor cantidad de pulpa (22.50%) y concentraciones de cushuro en polvo entre 0.80% y 1.00%. En contraste, las formulaciones con mayor acidez corresponden a combinaciones con 45.00% de pulpa de maracuyá, donde la acidez alcanza hasta 6.95%, sugiriendo que un mayor contenido de pulpa incrementa significativamente la acidez de la mezcla.

Viscosidad aparente

La figura 10 muestra la viscosidad aparente de diversas formulaciones de una bebida en función de la proporción de pulpa de fruta y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo. Las formulaciones con mayores valores de viscosidad aparente son F3 (174 mPa.s), F2 (136.4 mPa.s) y F1 (117.2 mPa.s), indicando una textura más espesa, posiblemente debido a una mayor proporción de pulpa de fruta y/o mayor adición de cushuro en polvo.

Estas formulaciones probablemente ofrecen una sensación en boca más rica y espesa. En el otro extremo, las formulaciones F4 (85.6 mPa.s) y F7 (88.8 mPa.s) presentan las viscosidades más bajas, lo que sugiere una consistencia más ligera y fluida, posiblemente debido a una mayor dilución con agua. Las formulaciones intermedias, como F5 (116.4 mPa.s), F6 (123.2 mPa.s), F8 (97.2 mPa.s) y F9 (122.4 mPa.s), ofrecen una gama de viscosidades que varían entre 85.6 y 123.2 mPa.s, proporcionando diferentes texturas que podrían adaptarse a diferentes preferencias del consumidor. Estos resultados destacan cómo la variación en la proporción de pulpa de fruta y la adición de hidrocoloide de cushuro en polvo influyen significativamente en la viscosidad aparente de las formulaciones, afectando la textura y, potencialmente, la aceptabilidad del producto final.

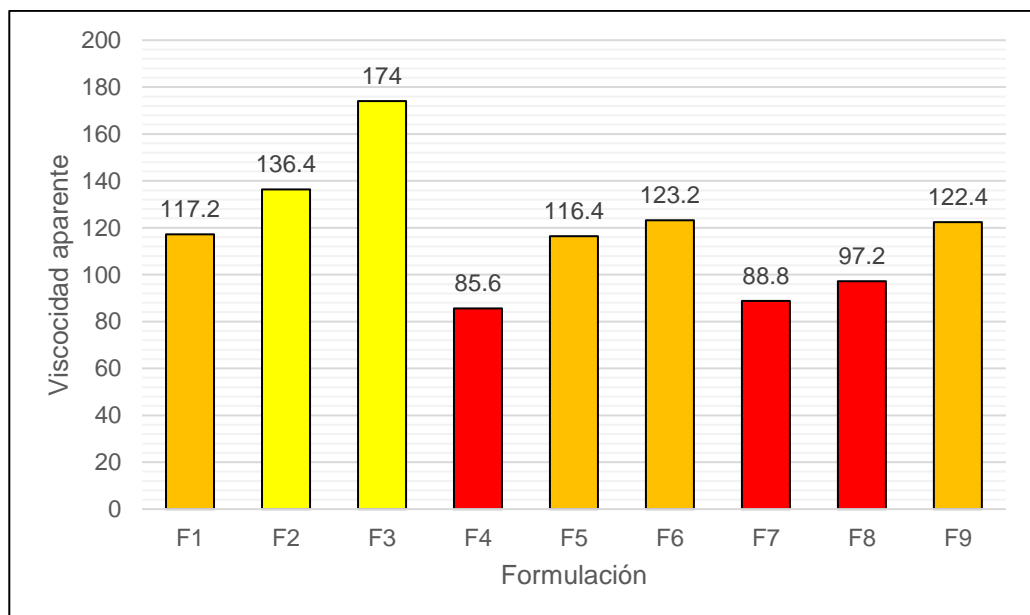


Figura 10. Viscosidad aparente en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo

El estudio realizado por Venegas (2021) investigó el efecto de la adición de hidrocoloide de cushuro liofilizado en un néctar de aguaymanto, obteniendo valores de viscosidad aparente que varían entre 355.7 y 723.4 mPa.s. El tratamiento óptimo, que incluyó una adición de 0.50% de

hidrocoloide, presentó una viscosidad de 485.3 mPa.s, indicando una bebida considerablemente más espesa.

En contraste, el estudio de Bautista (2021) sobre un néctar de maracuyá mostró una viscosidad aparente significativamente menor en su tratamiento óptimo, con un valor de 8.87 mPa.s. Esto sugiere una bebida mucho más ligera y fluida, adecuada para diferentes preferencias de consumo.

Las formulaciones evaluadas en el presente estudio presentan viscosidades aparentes que oscilan entre 85.6 y 174 mPa.s. Estas viscosidades se encuentran en un rango intermedio entre los valores extremos reportados por Venegas y Bautista. Las formulaciones con mayores viscosidades, como F3 (174 mPa.s), indican una textura más espesa, mientras que las formulaciones con menores viscosidades, como F4 (85.6 mPa.s), sugieren una consistencia más ligera.

La diferencia en los resultados de viscosidad aparente entre los estudios puede explicarse por la naturaleza de los ingredientes principales y las formulaciones utilizadas. Mientras que el uso de hidrocoloide de cushuro liofilizado en el estudio de Venegas produce un néctar de aguaymanto con alta viscosidad, la combinación de pulpa de maracuyá y mucílago de cacao en el estudio de Bautista resulta en una bebida significativamente más fluida. Las formulaciones del presente estudio ofrecen una variedad de viscosidades que pueden adaptarse a diferentes preferencias de los consumidores, proporcionando opciones intermedias en términos de espesor y textura.

Según la “Norma Técnica Peruana” (NTP), se espera que la viscosidad aparente se mantenga dentro de un rango que asegure una consistencia aceptable y atractiva para los consumidores. Aunque los valores específicos pueden variar según la categoría de la bebida, generalmente

se considera que una viscosidad en el rango de 100 a 200 mPa.s es adecuada para néctares y bebidas funcionales, proporcionando una textura suficientemente espesa sin ser excesivamente densa. En este contexto, todas las formulaciones presentadas cumplen con los estándares de la NTP, ya que todas se encuentran dentro del rango adecuado, asegurando así una consistencia que es tanto aceptable como atractiva para los consumidores. Por lo tanto, los valores de viscosidad aparente obtenidos en las formulaciones son conformes a los requisitos establecidos por la NTP.

Cuadro 15. Prueba de Levene para viscosidad aparente en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo

Estadístico de Levene	p
2.18	0.058

En la Cuadro 15, el Estadístico de Levene reporta que las variaciones en viscosidad aparente observados en las formulaciones no son significativamente diferentes, implicando que las proporciones de pulpa de fruta y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo generan varianzas homogéneas en viscosidad aparente de las bebidas.

Cuadro 16. Análisis de varianza para viscosidad aparente en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	19343,514	8	2417,939	1795,499	,000
Dentro de grupos	24,240	18	1,347		
Total	19367,754	26			

La Cuadro 17 presenta los resultados de la Prueba de Duncan para la viscosidad aparente en función de la proporción de pulpa de maracuyá y cushuro en polvo, agrupando las formulaciones en siete subgrupos según las diferencias significativas en la viscosidad. Las formulaciones con menor viscosidad se encuentran en aquellas con una mayor proporción de pulpa (45%) y cushuro en polvo al 1%, mientras que las formulaciones con mayor viscosidad corresponden a aquellas con 45% de pulpa y 0.90% de cushuro (178.45 cP). Esto sugiere que una menor cantidad de cushuro en polvo, combinado con una alta proporción de pulpa, incrementa significativamente la viscosidad de la mezcla.

Aceptabilidad general

La figura 11 muestra la aceptabilidad general de tres formulaciones de una bebida en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo. La formulación F5 obtuvo la mayor puntuación de aceptabilidad general con un valor de 7, indicando una alta preferencia entre los evaluadores. La formulación F6 le sigue con una puntuación de 6.5, también mostrando una buena aceptación. Por último, la formulación F3 obtuvo una puntuación de 6, siendo la menos preferida entre las tres evaluadas, aunque todavía dentro de un rango aceptable. Estos resultados sugieren que la formulación F5, con su combinación específica de pulpa de fruta y cushuro en polvo, logra un equilibrio óptimo de sabor, textura y otras características sensoriales que son altamente valoradas por los consumidores. La variación en la aceptabilidad general entre las formulaciones indica la importancia de ajustar cuidadosamente las proporciones de los ingredientes.

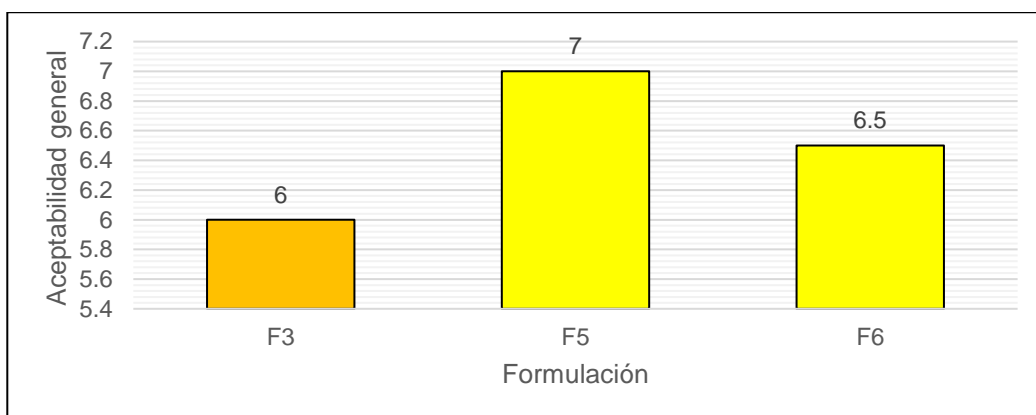


Figura 11. Aceptabilidad general en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo

Ramos (2022) llevó a cabo una investigación sobre una bebida elaborada con alga *Nostoc sphaericum* (cushuro), revelando que la mayoría de los participantes expresaron insatisfacción con el color (93.2%) y el olor (45.9%) de la bebida, así como con su consistencia (69.2%). Sin embargo, mostraron buena satisfacción con la apariencia (74%) y una aceptación moderada del sabor (37.7%). En comparación, las formulaciones del presente estudio, especialmente F5, superan significativamente estas cifras en términos de aceptabilidad general.

Villar (2022) evaluó una bebida a base de mandarina edulcorada con estevia, utilizando diferentes proporciones de cushuro liofilizado de fruta. Las proporciones de 70:30, 50:50 y 30:70 obtuvieron un promedio de 3.7 puntos en una escala de 5, mientras que la proporción 80:20 obtuvo solo 1.6 puntos. Comparativamente, las formulaciones del presente estudio presentan una aceptabilidad general superior, con F5 obteniendo una puntuación de 7 en una escala de 10.

Sáenz y Valladares (2021) formularon una bebida a base de spirulina, cushuro y carambola, logrando una aceptabilidad general de 3.9 puntos en una escala de 5. Aunque esta puntuación es relativamente buena, las

formulaciones F5 y F6 del presente estudio muestran una aceptación mayor, con puntuaciones de 7 y 6.5, respectivamente.

Bautista (2019) investigó una bebida funcional con spirulina y pulpa de mora, encontrando que la mejor formulación obtuvo una aceptabilidad general de 4.4 puntos en una escala de 5. Este resultado es ligeramente inferior a la formulación F5 del presente estudio, que obtuvo 7 puntos en una escala de 10, indicando una mayor aceptación general.

Comparando los resultados de aceptabilidad general, se observa que las formulaciones del presente estudio, especialmente F5, tienen una mayor aceptación general en comparación con los estudios de Ramos, Villar, Sáenz y Valladares, y Bautista. Las puntuaciones más altas en el presente estudio sugieren que las formulaciones de pulpa de fruta y cushuro en polvo son más aceptables para los consumidores en términos de sabor, textura y otras características sensoriales clave. Esta superioridad en la aceptación destaca la importancia de la proporción adecuada de ingredientes para optimizar la aceptación del producto final por parte de los consumidores, asegurando un equilibrio ideal entre las propiedades sensoriales y la calidad del producto.

Cuadro 18. Análisis de varianza para aceptabilidad general en función de la proporción de pulpa de fruta:agua y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	16,422	2	8,211	4,172	,019
Dentro de grupos	171,233	87	1,968		
Total	187,656	89			

La Cuadro 18 muestra los resultados del análisis de ANOVA para la aceptabilidad general en función de la proporción de pulpa de fruta:agua

y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo. La suma de cuadrados entre grupos es 16.422 con 2 grados de libertad, mientras que la suma de cuadrados dentro de los grupos es 171.233 con 87 grados de libertad. La media cuadrática entre grupos es 8.211 y dentro de los grupos es 1.968, resultando en un valor F de 4.172 y una significancia (p) de 0.019. Estos resultados indican que las diferencias observadas en la aceptabilidad general entre las distintas formulaciones son estadísticamente significativas, lo que sugiere que la proporción de pulpa de fruta y la adición de hidrocoloide de cushuro influyen significativamente en la percepción sensorial y la aceptación del producto por parte de los consumidores.

Cuadro 19. Prueba de Friedman para la aceptabilidad general de la bebida de maracuyá y la adición del hidrocoloide de cushuro en polvo

Pulpa de maracuyá	Cushuro en polvo	Rango promedio	Promedio	Moda
45.00	1.00	1,62	6,22	6
30.00	0.90	2,47	7,38	8
30.00	1.00	1,91	6,64	7
Chi ²			22,630	
P			0.001	

La Cuadro 19 muestra los resultados de la “Prueba de Friedman” para la aceptabilidad general de una bebida de maracuyá con la adición de hidrocoloide de cushuro en polvo, evaluada en diferentes formulaciones por 50 panelistas. Los resultados indican diferencias significativas en la aceptabilidad general entre las formulaciones, con un valor de Chi-cuadrado de 22.630 y un p-valor de 0.001, lo que confirma que las diferencias observadas no son aleatorias. La formulación con 30% de pulpa de maracuyá y 0.90% de cushuro en polvo (F5) obtuvo el rango promedio más alto (2.47) y el mayor promedio de aceptabilidad (7.38), indicando que fue la más preferida

por los evaluadores, mientras que la formulación con 45% de pulpa y 1.00% de cushuro (F3) tuvo la menor aceptabilidad. Estos resultados sugieren que una proporción moderada de cushuro y pulpa optimiza la aceptabilidad sensorial de la bebida.

4.2. Proporción de pulpa de fruta:agua y adición del hidrocoloide de cushuro en polvo para obtención del mejor pH, sólidos solubles, acidez titulable, viscosidad aparente y mayor aceptabilidad general de la bebida de maracuyá

Para determinar la mejor proporción de pulpa de fruta y la adición de hidrocoloide de cushuro en polvo en una bebida de maracuyá, se analizaron varios parámetros clave: pH, sólidos solubles, acidez titulable, viscosidad aparente y aceptabilidad general. A continuación se presenta un análisis integrador para identificar la mejor combinación.

- **pH:** Las formulaciones F5 y F6 presentan pH bajos (3.09 y 3.60), adecuados para bebidas de maracuyá ya que mantienen la frescura y estabilidad microbiológica.
- **Sólidos Solubles:** Las formulaciones F1 y F2 tienen los valores más altos de sólidos solubles (20.2 y 21.1 °Brix), lo que indica un mayor contenido de azúcares y una mayor densidad. Sin embargo, F5 presenta un valor moderado (15.8 °Brix), adecuado para un buen equilibrio de sabor.
- **Acidez Titulable:** La formulación F5 también tiene un valor de acidez titulable moderado (4.3), lo que es favorable para un sabor equilibrado sin ser excesivamente ácido.

- **Viscosidad Aparente:** La viscosidad aparente de F5 es 116.4 mPa.s, lo cual es intermedio y proporciona una buena textura sin ser demasiado espesa o demasiado ligera.
- **Aceptabilidad General:** La formulación F5 tiene la mayor aceptabilidad general (7), indicando una fuerte preferencia de los consumidores.

Considerando todos los parámetros, la formulación F5 (30% pulpa de maracuyá, 60% agua, 0.90% cushuro en polvo) resulta ser la mejor combinación. Esta formulación presenta un equilibrio óptimo de pH, sólidos solubles, acidez titulable y viscosidad aparente, junto con la mayor aceptabilidad general, lo que sugiere que es la más adecuada para desarrollar una bebida de maracuyá que sea aceptable sensorialmente y cumpla con los requisitos fisicoquímicos.

V. CONCLUSIONES

Las proporciones de pulpa de maracuyá, agua y la adición de hidrocoloide de cushuro en polvo influyen significativamente en los parámetros fisicoquímicos de la bebida. Las formulaciones con más pulpa (F1, F2 y F3) presentan mayores sólidos solubles y acidez, pero también una viscosidad elevada. En contraste, las formulaciones con menos pulpa (F7, F8 y F9) tienen viscosidades más bajas y acidez más manejable, aunque pueden carecer de riqueza sensorial.

La formulación F5 (30% pulpa, 60% agua, 0.90% cushuro) fue la más aceptada, combinando un equilibrio óptimo de pH, sólidos solubles, acidez y viscosidad. Este estudio resalta la importancia de ajustar los ingredientes para cumplir con los requisitos fisicoquímicos y optimizar la percepción sensorial y satisfacción del consumidor.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar la formulación F5 (30% pulpa de maracuyá, 60% agua, 0.90% cushuro en polvo) como base para la producción de la bebida de maracuyá, ya que ha demostrado tener la mejor aceptabilidad general y un equilibrio óptimo de pH, sólidos solubles, acidez titulable y viscosidad aparente. Esta formulación debe ser considerada como un punto de partida para la producción en mayor escala y posible comercialización.

Se sugiere realizar estudios adicionales para explorar variaciones en la concentración de cushuro en polvo y otros ingredientes estabilizantes o edulcorantes. Estas investigaciones pueden ayudar a refinar aún más la formulación y adaptarla a diferentes preferencias de los consumidores, así como a posibles ajustes estacionales o de mercado que puedan surgir.

Es recomendable llevar a cabo evaluaciones sensoriales más amplias con diferentes grupos demográficos, incluyendo variaciones en edad, género y preferencias dietéticas. Además, segmentar el mercado para identificar nichos específicos que prefieran ciertas características de la bebida puede ayudar a personalizar la formulación y la estrategia de marketing, asegurando que el producto final satisfaga las necesidades y expectativas de una audiencia más amplia.

VII. REFERENCIAS

- Alcocer, J., Paz, N., Garay, P. y Villalva, F. 2021. Bebidas funcionales con agregados de goma arábica. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 26: 145-158.
- Alegre, R. 2019. Contenido de proteínas, hierro y calcio de *Nostoc sphaericum* procedente de la Laguna de Conococha, Huaraz. Tesis para obtener el Título Profesional de Licenciado en Nutrición. Universidad Cesar Vallejo.
- Alegre, R., Ojeda, M. y Acuña, A. 2020. Análisis proximal y contenido de hierro y calcio de *Nostoc sphaericum* deshidratado procedente de la laguna de Conococha, Catac-Huaraz. *UCV Scientia*, 12(2): 137-149.
- Anzaldúa-Morales, A. 2005. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Segunda edición. Edit. Acribia S.A. Zaragoza, España.
- AOAC. 1980. Official method 932.12. Solids (soluble) in fruits and fruit products (sólidos solubles). Segunda Edición, Maryland, USA.
- AOAC. 2005. Official methods of analysis of AOAC International, Décimo octava Edición, Maryland, USA.
- Araoz, R. y Gonzales, A. 2018. Obtención de una bebida energizante a partir de pulpa de yacón y de mango con adición de spirulina. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Industria Alimentaria. Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú.
- Bastías, J. y Cepero, Y. 2018. La vitamina C como un eficaz micronutriente en la fortificación de alimentos. *Revista Chilena de Nutrición*, 43(2): 81-88.

- Bautista, A. 2021. Efecto de la dilución y concentración de mucilago de cacao en las características fisicoquímicas y sensoriales del néctar de maracuyá. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Perú.
- Bautista, K. 2019. Elaboración de una bebida nutritiva utilizando spirulina y mora con tres concentraciones y dos tipos de conservante (benzoato de sodio y sorbato de potasio). Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniera Agroindustrial. Universidad Técnica de Cotopaxi. Ecuador.
- Buste, V. y Zambrano, O. 2017. Incidencia de porcentaje de goma guar y zumo de maracuyá en la calidad fisicoquímica y organoléptica del néctar. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Brasil.
- Corpus-Gómez, A., Alcántara, M., Celis, H., Echevarría, B., Paredes, J. y Paucar, L. 2021. Cushuro hábitat, características fisicoquímicas composición nutricional, formas de consumo y propiedades nutricionales. *Agroindustrial Science*, 11(2): 231-238.
- Drapala, K., Mulvihill, D. y O'mahony, J. 2018. A review of the analytical approaches used for studying the structure, interactions and stability of emulsions in nutritional beverage systems. *Food Structure*. 16(1):27-42.
- Guiné, R., Florença, S., Barroca, M., & Anjos, O. (2021). The duality of innovation and food development versus purely traditional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 109, 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.010>

- Gutiérrez, R., Gonzales, K., Valdés, O., Hernández, Y. y Acosta, Y. 2019. Algas marinas como fuente de compuestos bioactivos en beneficio de la salud humana. *Revista de Ciencias Biológicas y la Salud*, 18(3): 20-27.
- Horvat, A., Behdani, B., Fogliano, V., & Luning, P. A. (2019). A systems approach to dynamic performance assessment in new food product development. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 330–338. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.036>
- Laz, M., Tuárez, M., Bermello, S. y Díaz, E. 2018. Evaluación fisicoquímica en jugo de maracuyá con diferentes concentraciones de hidrocoloides. *Revista Espamciencia para el agro*,9(2): 119-123.
- Luna, E. (2024). Características fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial de bebida funcional a base de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) y cushuro (*Nostoc sphaericum*) edulcorado con Stevia. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniera Agroindustrial. Universidad Nacional del Santa. Perú.
- Martínez-Velarde, D., Málaga-Chávez, R. y Bernabe, A. 2021. Consumo de bebidas azucaradas, verduras y frutas en sujetos con alteración del metabolismo de la glucosa. *Spanich Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 25(3): 326-336.
- Mayorga, E. (2023). Evaluación de antioxidantes y valor nutricional de una bebida funcional de cushuro (*nostoc sphaericum*) y tuna roja (*opuntia ficus-indica*) edulcorada con estevia, Huancayo, 2022. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniera Agroindustrial. Universidad Nacional del Centro del Perú. Perú.
- Méndez-Ancca, S., Pepe-Victoriano, R., Gonzales, H. H. S., Zambrano-Cabanillas, A. W., Marín-Machuca, O., Rojas, J. C. Z., Maquera, M.

M., Huanca, R. F., Aguilera, J. G., Zuffo, A. M., & Ratke, R. F. (2023). Physicochemical Evaluation of Cushuro (*Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet & Flahault) in the Region of Moquegua for Food Purposes. *Foods*, 12(10), 1939. <https://doi.org/10.3390/foods12101939>

National Center for Biotechnology Information. 2014. Taxonomy. National Center for Biotechnology Information.

Norma Técnica Peruana. 2009. 203.110. Jugos, néctares y bebidas de fruta. Requisitos. Indecopi.

O'Neil, C., Nicklas, T., Zhanovec, M., & Fulgoni, V. L. (2011). Diet quality is positively associated with 100% fruit juice consumption in children and adults in the United States: NHANES 2003-2006. *Nutrition Journal*, 10, 17. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-10-17>

Paniagua, D., Vicioso, K. y Valdez, N. 2021. Application of the nutraceutical and stabilizing properties of the passion fruit mesocarp and exocarp in obtaining a natural passion fruit-pineapple drink. *Ciencia y Salud*, 2: 7-21.

Ruilova, C., León, D. y Tay, L. 2018. Potencial erosivo de jugos naturales, jugos industrializados y gaseosos. *Revista Estomatología Herediana*, 28(1): 56-63.

Sáenz, M. y Valladares, J. 2021. Bebida de spirulina, cushuro y carambola para prevenir la anemia en escolares de la I.E. Luis Fabio Xammar Jurado- Santa María. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, Lima.

Santamaría, R. 2017. Determinación de las proporciones de kiwi, naranja, ciruela, maracuyá y espirulina para la elaboración y caracterización de

un néctar mixto. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Industrial. Universidad Cesar Vallejo.

Santiago, H. 2018. Influencia del liofilizado de tres estados de crecimiento de cushuro como estabilizante en la elaboración de néctar de piña. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Huánuco, Perú.

Sierra y Selva Exportadora. Tendencias del mercado de maracuyá y oportunidades en el mercado internacional. Unidad de Inteligencia Comercial. Recuperado de: <https://repositorio.sierraexportadora.gob.pe/bitstream/handle/SSE/288/Maracuy%C3%A1%20-%20Julio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Singh, G., Micha, R., Khatibzadeh, S., Shi, P., Lim, S., Andrews, K. G., Engell, R. E., Ezzati, M., & Mozaffarian, D. (2015). Global, Regional, and National Consumption of Sugar-Sweetened Beverages, Fruit Juices, and Milk: A Systematic Assessment of Beverage Intake in 187 Countries. PLOS ONE, 10(8), e0124845. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124845>

Cuadros Peruanos de Composición de Alimentos. 2017. Ministerio de Salud. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Recuperado de: <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/Cuadros-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Taiwo, A. y Gift, N. 2015. Effect of the addition of hydrocolloids to tomato-carrot juice blend. J. Nutritional Health and Food Science, 3(1):1–10.

Torres-Maza, A., Yupanqui-Bacilio, C., Castro, V., Aguirre, E., Villanueva, E., & Rodríguez, G. (2020). Comparison of the hydrocolloids Nostoc commune and Nostoc sphaericum: Drying, spectroscopy, rheology

and application in nectar. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 583–589.
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.14>

Venegas, J. 2021. Determinación de las características fisicoquímicas y reológicas de un néctar de aguaymanto con adición de hidrocoloide de cushuro. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Industrial. Universidad Cesar Vallejo.

Villar, L. 2022. Nivel de aceptabilidad y aporte de micronutrientes de un néctar de mandarina enriquecido con cushuro. Tesis para obtener el Título Profesional de Licenciada en Nutrición. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Panel fotográfico



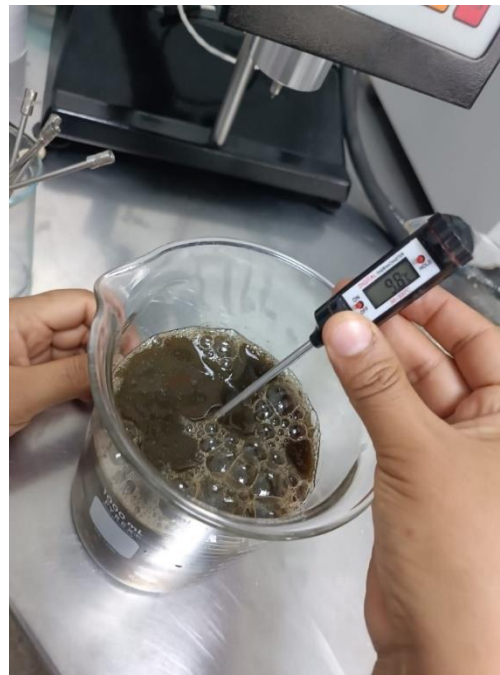
Fotografía 1. Medición de pH en la formulación F6, registrando un valor de 3.66



Fotografía 2. Botellas de las diferentes formulaciones almacenadas



Fotografía 3. Medición de viscosidad aparente de 122.0 mPa.s en una muestra de la bebida



Fotografía 4. Medición de temperatura en la muestra



Fotografía 5. Registro de una viscosidad aparente de 109.8 mPa.s,



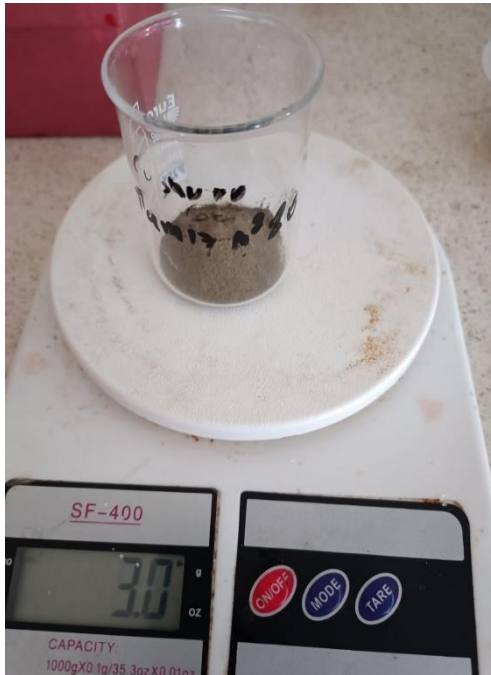
Fotografía 6. Botella con separación de fases



Fotografía 7. Botella etiquetada como F1 Cushuro Tamiz N°60



Fotografía 8. Botella etiquetada como "Patrón CMC"



Fotografía 9. Pesada de 3.0 g de polvo de cushuro



Fotografía 10. Contenido de jugo de maracuyá en un recipiente



Fotografía 11. Pulpa de maracuyá



Fotografía 12. Limpieza de fruta de maracuyá



Fotografía 13. Cushuro triturado



Fotografía 14. Cushuro fresco en proceso de deshidratación



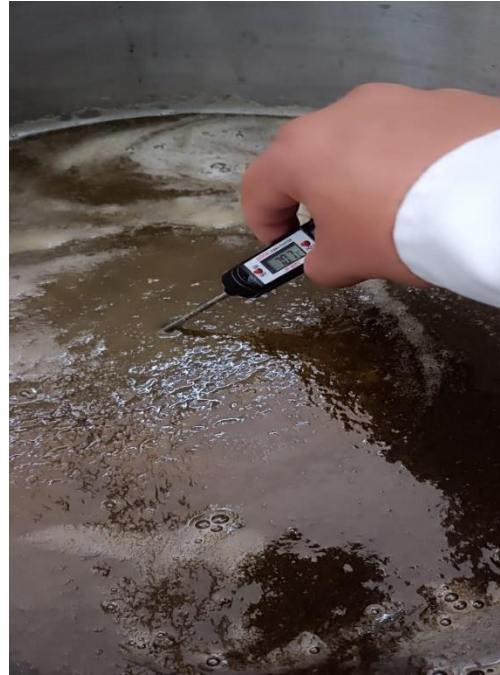
Fotografía 15. Cushuro tamizado, con partículas finas



Fotografía 16. Cushuro deshidratado en un horno para eliminar la humedad restante.



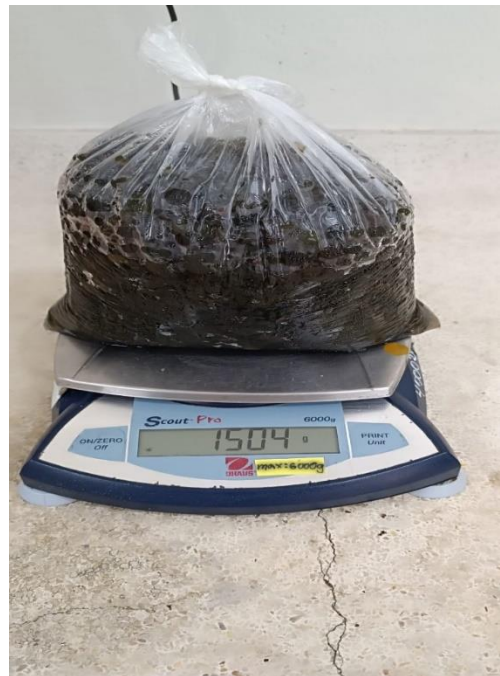
Fotografía 17. Filtrado de preparación



Fotografía 18. Medición de temperatura de mezcla



Fotografía 19. Supervisión de preparación de mezcla



Fotografía 20. Pesado de muestra de cushuro



Fotografía 21. Examinación de partículas de cushuro



Fotografía 22. Mezcla de cushuro



Fotografía 23. Preparación de mezclado de cushuro