UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: Desarrollo de una mezcla en polvo a base de piña (*Ananas comosus*) y aceite de linaza (*Linum usitatissimum*) microencapsulados para preparar bebidas instantáneas

---

Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Propuesta Tecnológica previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Hilda Gabriela Punina Yumbulema

Tutor: Dra. Jacqueline de las Mercedes Ortiz Escobar

Ambato – Ecuador

Enero - 2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dra. Jacqueline de las Mercedes Ortiz Escobar

CERTIFICA:

Que el presente Informe Final del Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Propuesta Tecnológica el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 11 de diciembre del 2025

Firmado electrónicamente por:
JACQUELINE DE LAS MERCEDES ORTIZ ESCOBAR
Validar únicamente con FirmaEC

Dra. Jacqueline de las Mercedes Ortiz Escobar

1802171353

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Hilda Gabriela Punina Yumbulema, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación Opción Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.

Hilda Gabriela Punina Yumbulema

0550632657

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Informe Final del Trabajo de Titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Informe Final del Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Hilda Gabriela Punina Yumbulema

0550632657

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Propuesta Tecnológica, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Firmado electrónicamente por:
MANUEL ISRAEL GUANOQUIZA RIVERA
Validar únicamente con FirmaEC

Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
GABRIEL ALEJANDRO MORENO TOASA
Validar únicamente con FirmaEC

Mg. Gabriel Alejandro Moreno Toasa

1500647910

Firmado electrónicamente por:
ORESTES DARIO LOPEZ HERNANDEZ
Validar únicamente con FirmaEC

Dr. Orestes Darío López Hernández

1754784864

Ambato, 23 de Diciembre del 2025

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación dedico principalmente a Dios, por brindarme sabiduría, salud, fortaleza y guiarme en momentos difíciles. Gracias, Señor, por sostenerme en cada desafío y hacer posible la culminación de esta etapa.

En especial a mis Padres por su esfuerzo y sacrificio; a mi adorada Madre, María Yumbulema, por su amor infinito y apoyo incondicional en cada sueño, quien ha sido mi ejemplo de perseverancia y humildad. Gracias por ser mi refugio en los momentos difíciles y la fuerza que me impulsó a seguir adelante. Cada paso alcanzado ha sido posible gracias a su paciencia y amor infinito. A mi querido Padre, Segundo Punina, por su esfuerzo constante y la mano firme que me guiaron hasta este punto. ***"****Han sido mi guía y motivación para no rendirme****"****.*

A mis abuelitas por su cariño maternal y sus bendiciones brindadas cada día. A mi abuelito que hoy descansa en el cielo, por haberme regalado el privilegio de acompañarlo en sus últimos días. Sus consejos llenos de sabiduría y su cariño vivirán eternamente en mi corazón.

A cada uno de mis hermanos, por siempre estar presente, mis consejeros en cada etapa de mi vida, su apoyo económico y sobre todo por cuidarme. A mi única hermana quien ha sido como mi segunda Madre por los consejos y creer siempre en mí. ***"****Infinitamente agradecida por cada alegría y apoyo brindado****".***

A mi familia en general; primos, a mis Tíos en especial a Ángel Cañar y Rosa Yumbulema por recibirme en su hogar, brindarme cariño y compañía durante mi etapa universitaria. A mis Padrinos, Danilo Cañar y Patricia Ruiz, quienes son mi segunda guía que siempre han acompañado mis pasos, sus consejos y muestras de afecto han sido un impulso valioso.

A mis cuñadas, por su apoyo incondicional, comprensión y por siempre estar presente. A mis sobrinos, quienes con su ternura, alegría y energía llenan mi vida de luz.

A mis queridos amigos por brindarme su amistad sincera.

Con mucho amor y gratitud, Gaby

AGRADECIMIENTO

*Con infinito respeto y amor le agradezco con el alma a **Dios** mi guía eterno, por sostenerme en cada paso de este camino. Su amor me acompañó en cada aprendizaje y desafío que superé.*

A mis Padres quienes han sido parte fundamental en este proceso, sin su ayuda nada de esto fuera posible; sus consejos, su amor infinito, apoyo económico, sus palabras de ánimo, me han dado la fuerza para seguir luchando por mis metas.

A cada miembro de mi familia le agradezco por siempre acompañarme, gracias por ser el pilar que sostiene mis sueños y la fuerza que me impulsa a seguir adelante. Este logro también es de ustedes, porque me han acompañado con el corazón, aportando amor y apoyo a este proceso.

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato, en especial, a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, y los docentes, por la formación académica y los conocimientos impartidos.

A mi tutora de tesis, la Dra. Jacqueline Ortiz por su paciencia, su guía, orientación académica y acompañamiento durante el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Orestes López por su valiosa colaboración en esta investigación, cuyo aporte fue significativo y fundamental. Se agradece especialmente su paciencia, orientación y apoyo brindado.

A mis amigos les agradezco de todo corazón a Gabriela, Estefanía, Ainhoa, Jeny, Jacqueline, Gabriel, Kevin, Esteban, Jorge y demás amigos, por brindarme su amistad, quienes me acompañaron desde el inicio hasta el final, convirtiéndose en cómplices de todo este proceso. Gracias por sus consejos y apoyo incondicional, así como su presencia en los momentos de cansancio, por animarme cuando sentí que no podía más y su alegría al celebrar conmigo cada pequeño avance.

Hilda Gabriela Punina Yumbulema

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii
DERECHOS DE AUTOR iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO v
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO viii
ÍNDICE DE TABLAS x
ÍNDICE DE FIGURAS xi
ÍNDICE DE ANEXOS xii
RESUMEN EJECUTIVO xiii
ABSTRACT xiv
CAPÍTULO I 1
MARCO TEÓRICO 1
1.1 Antecedentes investigativos 1
1.1.1 Tipos de mezclas para bebidas instantáneas 2
1.1.2 Microencapsulación mediante secado por aspersión 2
1.1.3 Piña (*Ananas comosus*) 4
1.1.4 Aceite de linaza (*Linum usitatissimum*) 6
1.1.5 Edulcorante natural 7
1.1.6 Colorante natural 8
1.2 Objetivos 8
1.2.1 Objetivo general 8
1.2.2 Objetivos específicos 8
CAPÍTULO II 9
METODOLOGÍA 9
2.1 Materiales 9
2.1.1 Materia prima 9
2.1.2 Materiales de laboratorio 9
2.1.3 Reactivos 9
2.1.4 Equipos 9
2.2 Métodos 9
2.2.1 Obtener pulpa de piña y aceite linaza microencapsulados mediante secado por aspersión 9
2.2.2 Evaluar la aceptabilidad sensorial de formulaciones de bebidas instantáneas, para determinar el mejor tratamiento 15

2.2.3 Realizar la caracterización físico-química, análisis proximal y microbiológica del mejor tratamiento, en base a la normativa vigente. 15
CAPÍTULO III 18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 18
3.1 Obtener pulpa de piña y aceite linaza microencapsulados mediante secado por aspersión. 18
3.1.1 Determinación de sólidos totales en la pulpa de piña 18
3.1.2 Rendimiento de los microencapsulados 18
3.1.3 Elaboración de la mezcla en polvo 19
3.1.4 Análisis fisicoquímicos de las formulaciones 20
3.2 Evaluar la aceptabilidad sensorial de formulaciones de bebidas instantáneas, para determinar el mejor tratamiento 22
3.3 Realizar la caracterización físico-química, análisis proximal y microbiológica del mejor tratamiento, en base a la normativa vigente. 26
3.3.1 Análisis fisicoquímicos del mejor tratamiento 26
3.3.2 Análisis proximal 28
3.3.3 Análisis microbiológico 29
CAPITULO IV 31
CONCLUSIONES 31
4.1 Conclusiones 31
4.2 Recomendaciones 31
MATERIAL DE REFERENCIA 32
Anexos 46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rendimiento de pulpa de piña y aceite de linaza en polvo 19
Tabla 2. Formulaciones de las mezclas en polvo para preparar bebidas instantáneas. 19
Tabla 3. Resultados del análisis fisicoquímica de todos los tratamientos. 21
Tabla 4. Comparación del análisis sensorial mediante la prueba de Wilcoxon. 22
Tabla 5. Datos obtenidos de los análisis fisicoquímicos del mejor tratamiento 27
Tabla 6. Análisis proximal del mejor tratamiento T2 (BC26) 29
Tabla 7. Análisis microbiológico del mejor tratamiento 30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama del proceso de microencapsulación por secado por aspersión. 3
Figura 2. Piña *(Ananas comosus)* 5
Figura 3. Aceite de linaza (*Linum usitatissimum*) 7
Figura 4. Diagrama de flujo de la microencapsulación de la pulpa de piña. 11
Figura 5. Diagrama de flujo de la microencapsulación del aceite de linaza 12
Figura 6. Diagrama de flujo de la elaboración de la mezcla en polvo 13
Figura 7. Perfil sensorial de las formulaciones evaluadas 25
Figura 8. Índice de aceptabilidad de las formulaciones 26

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Proceso de la microencapsulación de la pulpa de piña 46
Anexo 2. Proceso de la microencapsulación del aceite de linaza. 47
Anexo 3. Formulaciones desarrolladas y sus análisis fisicoquímicos 47
Anexo 4. Evaluación sensorial de las bebidas 48
Anexo 5. Determinación de cenizas y análisis microbiológico 48
Anexo 6. Hoja de cata 49
Anexo 7. Análisis proximal y microbiológicos del mejor tratamiento realizados en el laboratorio LACONAL 50

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio surge ante la necesidad de desarrollar bebidas instantáneas con mejores características nutricionales, considerando la limitada disponibilidad de productos en polvo elaborados a partir de frutas tropicales y aceites vegetales. La finalidad de esta investigación fue formular y caracterizar una mezcla en polvo a base de pulpa de piña y aceite de linaza microencapsulados destinada a la preparación de bebidas instantáneas. La metodología comprendió la obtención de las mezclas en polvo mediante secado por aspersión utilizando agentes encapsulantes como la maltodextrina, goma arábiga, y la elaboración de tres formulaciones, las cuales fueron evaluadas mediante análisis físicoquímicos y evaluación sensorial. Los atributos evaluados fueron; color, olor, textura (sensación en boca), sabor y aceptabilidad. En el mejor tratamiento se realizó el análisis proximal (proteína, grasa y fibra dietética), además de análisis microbiológicos. Los resultados evidenciaron que la bebida elaborada con la mezcla en polvo que contiene 80 por ciento de pulpa de piña y 20 por ciento de aceite de linaza microencapsulados presentó la mayor aceptabilidad sensorial, destacando un equilibrio adecuado entre sólidos solubles, acidez y pH. Asimismo, el análisis nutricional de la mezcla en polvo obtuvo un contenido significativo de fibra dietética y ácidos grasos. Se concluye que la mezcla en polvo formulada es una alternativa útil y con propiedades sensoriales favorables para el consumidor. Estos resultados demuestran que es de buena calidad e ideal para consumo porque cumplió con lo establecido en la norma vigente.

Palabras clave: mezcla en polvo, bebida instantánea, piña, aceite de linaza, secado por aspersión

ABSTRACT

This study arose from the need to develop instant beverages with better nutritional characteristics, considering the limited availability of powdered products made from tropical fruits and vegetable oils. The purpose of this research was to formulate and characterize a powdered mixture based on microencapsulated pineapple pulp and flaxseed oil for the preparation of instant beverages. The methodology involved obtaining the powder mixtures by spray drying using encapsulating agents such as maltodextrin and gum arabic, and developing three formulations, which were evaluated by physicochemical analysis and sensory evaluation. The attributes evaluated were color, odor, texture (mouthfeel), flavor, and acceptability. The best treatment underwent proximal analysis (protein, fat, and dietary fiber), as well as microbiological analysis. The results showed that the beverage made with the powder mixture containing 80 percent pineapple pulp and 20 percent microencapsulated flaxseed oil had the highest sensory acceptability, highlighting an adequate balance between soluble solids, acidity, and pH. Likewise, nutritional analysis of the powder mixture revealed a significant content of dietary fiber and fatty acids. It is concluded that the formulated powder mixture is a useful alternative with favorable sensory properties for consumers. These results demonstrate that it is of good quality and ideal for consumption because it complies with current regulations.

Keywords: powder mix, instant beverage, pineapple, flaxseed oil, spray drying

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

En el mercado se puede encontrar bebidas comerciales que presentan limitaciones durante su almacenamiento, como la sedimentación, separación de fases y cambios de viscosidad lo que afecta a la aceptabilidad del producto y reducen su vida útil **(Rastegarpour et al., 2025).** Así mismo, la incorporación de vitaminas liposolubles y aceites esenciales resulta compleja, ya que presentan poca solubilidad en agua y dificultan su dispersión uniforme, lo que puede generar características sensoriales poco agradables en la bebida **(Henao et al., 2024).** Por otro lado, el consumo excesivo de bebidas procesadas que contienen azúcares, edulcorantes o saborizantes artificiales genera riesgos de enfermedades cardiovasculares, obesidad y otros problemas de salud **(Miller et al., 2020).**

Estas condiciones representan un desafío para la industria alimentaria, que busca alternativas más estables y de fácil manejo logístico. Según **Chaturvedi & Chakraborty (2023),** destaca que los polvos para bebidas facilitan el almacenamiento, el transporte y de fácil adquisición. Por ello, la elaboración de mezclas en polvo resulta una opción conveniente, ya que al no contener agua permite una mejor conservación prolongada y reduce los cambios indeseables durante la vida útil **(Ueda et al., 2023).**

Las mezclas en polvo se han convertido como una alternativa versátil para desarrollar alimentos nutricionales ya que ofrecen estabilidad, practicidad y funcionalidad **(Pacheco et al., 2020).** El aporte nutricional de una mezcla en polvo depende de la selección adecuada de los ingredientes, así como de la eficacia en su incorporación y estabilidad **(Doykina et al., 2024).**

Según **Fournaise et al. (2021),** la clasificación de alimentos instantáneos en polvo es de acuerdo a la solubilidad de sus componentes (solubles e insolubles) y la estructura que forman al reconstituirse. Los componentes solubles se disuelven por completo, en cambio, los insolubles se dispersan que pueden originar suspensiones o sistemas coloidales, lo que influye en la textura y en la estabilidad de la bebida obtenida **(Rafiquzzaman et al., 2025).**

A fin que una mezcla en polvo cumpla su función como alimento nutricional instantáneo, es fundamental controlar ciertas características tecnológicas que afectan tanto a su calidad como su función nutricional **(Pismag et al., 2023).** Por otro lado, los factores que son determinantes para la calidad final del producto son los métodos de secado, la estructura de partícula, la densidad aparente, la humedad residual y las propiedades de rehidratación **(George et al., 2022).** De igual forma estos factores pueden determinar la retención la estabilidad de nutrientes y compuestos bioactivos y sensibles, mientras al mismo tiempo atributos aceptables de textura, sabor y apariencia **(Copado et al., 2023).**

El contenido de humedad bajo en una mezcla en polvo puede evitar el deterioro microbiológico, lo cual no necesita refrigeración. La mezcla en polvo llega a ofrecer un perfil nutricional y sensorial parecido al de las bebidas frescas al ser disueltas en agua **(Gómez et al., 2024).**

1.1.1 Tipos de mezclas para bebidas instantáneas

De acuerdo con lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana **NTE INEN 2471 (2015),** correspondientes a las mezclas en polvo para la elaboración de bebidas instantáneas son productos realizados a partir de ingredientes alimenticios, aditivos alimentarios y, en ciertos casos, nutrientes añadidos. Al ser disueltas en agua, estas mezclas permiten obtener una bebida lista para ser consumida. Esta normativa clasifica los productos en tres tipos esenciales:

- **Tipo I:** se refiere a las mezclas sin azúcar, a las que se les añaden edulcorantes intensos y pueden ser enriquecidas con nutrientes como proteínas, vitaminas o minerales.
- **Tipo II:** corresponde a mezclas con contenido de azúcar, usando la sacarosa, fructosa o maltodextrina, con o sin nutrientes (proteínas, vitaminas o minerales).
- **Tipo III:** mezclas que incluyen cafeína, pertenecientes de ingredientes como el té, junto con azúcares o edulcorantes, que pueden contener o no componentes nutricionales adicionales.

1.1.2 Microencapsulación mediante secado por aspersión

La microencapsulación por secado por aspersión es una tecnología muy empleada para proteger compuestos bioactivos sensibles ante condiciones como la luz, el oxígeno, la humedad o el calor, además de facilitar su manipulación, dosificación y estabilidad en matrices sólidas **(Flamminii et al., 2025).** Este método destaca por su bajo costo, escalabilidad industrial, además, por generar productos en polvo de fácil dosificación y manipulación **(Rasia et al., 2019).**

El proceso implica en transformar una solución o emulsión que incluye el compuesto activo (material de núcleo) junto con un material encapsulante. Cuando esta mezcla entra a la cámara de secado, el solvente se evapora de manera casi instantánea, de esta manera, los materiales de pared forman una capa protectora alrededor del material núcleo, lo que previene de posibles cambios químicos o físicas y regulando su liberación, dando como resultado partículas secas microencapsuladas **(Mazár et al., 2025).**

Seleccionar adecuadamente el material de pared es esencial, debido a que influye directamente en la eficiencia protectora y en las características finales de las microcápsulas. Por lo general los más utilizados son los polisacáridos, proteínas y lípidos. Entre las más destacadas se encuentran la maltodextrina, la goma arábiga y proteínas como el aislado de suero, por su capacidad de formar una capa protectora contra la oxidación y la degradación térmica **(Furuta & Neoh, 2021).**

Mediante secado por aspersión resulta útil porque permite elaborar mezclas en polvo para preparar bebidas instantáneas, al mismo tiempo, ofrecer la protección a componentes sensibles como los aceites ricos en ácidos grasos poliinsaturados **(Zhang et al., 2022).** Además, esta técnica mantiene sus características sensoriales, nutricionales y ayuda a prevenir su oxidación, sobre todo a prolongar la vida útil **(Kumar et al., 2024).**

Se emplea en la encapsulación de vitaminas, pigmentos, aceites esenciales evitando la degradación por oxígeno, luz y humedad, de esta manera esta técnica mejora la estabilidad oxidativa al disminuir el contacto con el oxígeno. Como por ejemplo en la investigación de **Pastuña (2016),** se observó que el secado por aspersión conserva tanto su contenido de carotenoides como su actividad antioxidante en el aceite de palma crudo, logrando conservar ácidos grasos esenciales y mejorando la vida útil del producto **(Mangope et al., 2025).**

En un estudio realizado por **Correa et al. (2024),** señalan que el microencapsulado de aceites ricos en ácidos grasos omega-3, como el aceite de linaza o chía favorece su incorporación en bebidas manteniendo sus propiedades sensoriales y permite aumentar el valor nutricional. Así mismo, la combinación de maltodextrina y goma arábiga resulta ser efectiva para microencapsular aceite de calabaza según lo descrito por **Pino et al. (2019).**

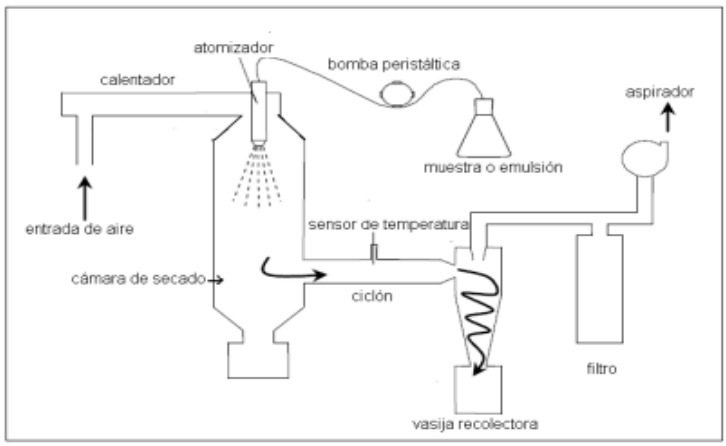


Figura 1. Diagrama del proceso de microencapsulación por secado por aspersión.

Nota. Información obtenida de **(Castañeta et al., 2011).**

Goma arábiga

La goma arábiga puede generar microcápsulas con elevada eficiencia de encapsulación y una protección frente a la oxidación, la humedad y la luz. Lo cual resulta clave para mantener estables compuestos sensibles, especialmente aceites ricos en ácidos grasos poliinsaturados **(Akram et al., 2021).** Además, este agente encapsulante contiene una pequeña cantidad de proteínas, esto es clave debido a su función mulsificante lo cual posibilita que se estabilicen mezclas con aceites **(Mazár et al., 2025)**

Las proteínas de la goma arábiga desempeñan un papel clave en la formación y estabilidad de emulsiones aceite/agua, ya que permiten que los polipéptidos se unan a la superficie de las gotas de aceite, mientras que los polisacáridos se extienden en la fase acuosa lo que facilitan la formación y estabilización de las emulsiones **(Lobato et al., 2023).**

Maltodextrina

La maltodextrina es uno de los polisacáridos derivado del almidón más usados como material de pared para procesos de microencapsulación como en secado por aspersión, es útil porque puede formar una capa protectora alrededor de compuestos bioactivos. De igual forma, cuando la maltodextrina se combina con otros agentes encapsulantes la goma arábiga o con proteínas contribuye a mejorar la estabilidad de los compuestos y a la eficiencia de encapsulado **(Laureanti et al., 2023).**

Se destaca por su baja actividad de agua, sabor neutro y ayuda a minimizar la higroscopicidad. lo cual resulta esencial para que los compuestos bioactivos se mantengan estables durante el almacenamiento **(Antares et al., 2024).** Como resultado de estas propiedades, se logra obtener soluciones fáciles de procesar y microcápsulas poco higroscópicas, asegurando así una mayor estabilidad durante su almacenamiento **(Xiao et al., 2022).** Del mismo modo, su baja viscosidad facilita el bombeo, la atomización y el secado, aspectos fundamentales para optimizar el rendimiento del secado por aspersión **(Almutairi et al., 2022).**

En esta propuesta tecnológica se planteó elaborar una mezcla en polvo elaborada con pulpa de piña y aceite de linaza microencapsulados, que permitirá aprovechar las materias primas producidas en el país, conservar sus nutrientes y ofrecer un producto innovador al consumidor. Las siguientes materias primas fueron utilizadas para la preparación de la mezcla en polvo y se describen según sus características principales.

1.1.3 Piña (*Ananas comosus*)

Características botánicas

La piña es la tercera fruta más importante que ayuda a mejorar el perfil nutricional, debido a su contenido de vitaminas, fibra, antioxidantes y compuestos bioactivos beneficiosos para la salud **(Hernández et al., 2021).** Pertenece a la familia Bromeliaceae, es herbácea, perennifolia y de crecimiento terrestre, presenta una roseta de hojas rígidas y alargadas con forma lanceolada. Mientras que su tallo es poco visible porque es muy corto. Las raíces son superficiales y adventicias, se esparcen en la capa más alta del suelo, lo cual requiere que el terreno esté bien drenado **(Cheng, 2018).**

La planta desarrolla una inflorescencia terminal que origina un fruto, resultado de la unión de numerosas bayas individuales junto con los tejidos florales y las brácteas lo que da el aspecto característico. La propagación de la planta se realiza principalmente por métodos vegetativos, como hijuelos, coronas y

brotes laterales, ya que la formación de semillas viables es poco común en la producción comercial **(Hossain, 2016).**

La producción de piña se desarrolla mayormente en la región litoral, por sus condiciones de clima, suelo y altitud ayuda a su crecimiento. Especialmente en provincias como Guayas, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas y Manabí son para el cultivo de piña. Ecuador cuenta con alrededor de 4 500 ha dedicadas a este cultivo, de las cuales unas 3 145 ha se encuentran en producción, destinándose gran parte a la exportación **(Santillán & Fabián, 2018).**

Composición nutricional y beneficios para la salud

La piña posee un alto contenido de agua y aporta azúcares como sacarosa, glucosa y fructosa, junto con fibra dietética, vitaminas (especialmente vitamina C y del complejo B) y minerales como potasio, calcio, magnesio, fósforo y hierro **(Hamzah et al., 2021).** También contiene cantidades menores de proteínas y lípidos. Entre sus compuestos bioactivos destacan los ácidos orgánicos (cítrico y málico), los fenoles y la bromelina, responsables de varias de sus cualidades como sensoriales **(Mehraj et al., 2024).**

La piña no solo proporciona nutrientes, sino también una serie de compuestos bioactivos, incluyendo carotenoides, flavonoides y polifenoles (como el β-caroteno). Asimismo, contiene ácidos fenólicos como el ferúlico y el gálico. Además, contiene bromelina, una enzima conocida por su capacidad para reducir la inflamación y ayudar en la digestión **(Mohsin et al., 2024).** La mezcla diversa de sustancias volátiles, como lactonas, aldehídos, alcoholes y ésteres, que produce el olor característico de la piña **(Kumalawati et al., 2022).**

En la piña se encuentra una enzima que destaca por sus efectos positivos en el cuerpo, facilita la digestión de proteínas y ayuda a calmar la inflamación, en el organismo. Por ello, resulta especialmente útil en casos de molestias digestivas o inflamaciones leves. Además, sus compuestos antioxidantes que protegen a las células del daño de los radicales libres y apoyan la salud en general **(Dewi, 2025).**

Otro aporte relevante de la piña es su capacidad para apoyar las defensas del cuerpo, gracias a su riqueza en vitamina C y polifenoles, compuestos que mejoran la respuesta frente a agentes infecciosos, y reduce el estrés oxidativo. Además, la piña ayuda una recuperación mejor ante enfermedades, debido al efecto combinado de sus antioxidantes y de la bromelina **(Banerjee et al., 2018).**

Figura 2. Piña (*Ananas comosus*)

1.1.4 Aceite de linaza (*Linum usitatissimum*)

Características botánicas

El aceite de linaza proviene de las semillas de *Linum usitatissimum*, una planta herbácea anual perteneciente a la familia *Linaceae.* Su tallo, fino y erguido, alcanza alturas aproximadas de 30 a 80 cm según la variedad y sus flores son de color azul, blanco o púrpura pálido los cinco pétalos. La planta produce un fruto en forma de cápsula seca que guarda entre 6 y 10 semillas de tamaño pequeñas, brillantes y ovaladas, con colores que van del marrón al dorado, y que representan la principal fuente de aceite de linaza. Se consideran valiosas por su cantidad de ácidos grasos necesarios para el organismo ya que estas semillas poseen una cubierta rica en mucílagos, además de proteínas, lignanos y aceites. Gracias a estas características, la planta resulta adecuada para producir un aceite usado en alimentos, suplementos y diversos procesos industriales **(Yang et al., 2021).**

En cuanto al aceite de linaza que es altamente susceptible a la oxidación y una fuente rica en ácidos grasos esenciales, como el omega-3, reconocidos por sus propiedades antiinflamatorias y sus beneficios para la salud cardiovascular y reducción del colesterol **(Aragüez-Forte & Pino, 2020).**

Aunque la mayor producción mundial de lino se concentra en Canadá, Rusia, China e India, Ecuador cultiva lino a menor escala. La producción local se destina tanto a consumo alimentario como a usos industriales y artesanales. Según datos agrícolas recientes, se registró una producción de aproximadamente 57,4 toneladas en 2022, evidenciando una ligera disminución respecto al año anterior. Aunque el cultivo se mantiene en pequeña escala, principalmente en zonas de la Sierra ecuatoriana, se reconoce su potencial agroindustrial por su alto valor nutricional y la creciente demanda de aceites ricos en omega-3. No obstante, el país aún depende de importaciones de semillas y aceites para satisfacer la demanda de la industria alimentaria y cosmética **(Duarte et al., 2025).**

Composición nutricional y beneficios para la salud

Las semillas de linaza poseen hasta un 45 % de aceite, siendo el principal ácido graso el ácido alfa-linolénico (ALA, omega-3) que contiene entre 39% y el 55% de los ácidos grasos totales. También incluyen ácido oleico, ácido linoleico, proteínas, fibra, flavonoides, lignanos y minerales como magnesio, calcio y potasio. El aceite contiene además lignanos, fitoesteroles y antioxidantes fenólicos, que ayudan a disminuir el estrés oxidativo y pueden colaborar con la prevención de trastornos metabólicos **(Campos et al., 2019).**

Es reconocido por sus efectos positivos en la salud del corazón, por lo que el consumo regulado permite contribuir a reducir la inflamación y mejorar diversos indicadores asociados al bienestar del corazón, lo que podría reducir la probabilidad de desarrollar hipertensión y trastornos afines **(Kauser et al., 2024).**

Además, el aceite de linaza ayuda al funcionamiento del metabolismo y fortalece la respuesta inmunológica. Diversas investigaciones evidencian mejoras en el control de la glucosa, así como una disminución del estrés oxidativo, beneficios en la salud intestinal. Incorporarlo en la alimentación se ha asociado con efectos beneficiosos en el control de la glucosa, la presión arterial y la salud gastrointestinal, lo que lo convierte en un ingrediente funcional de gran interés **(Nie et al., 2025).**

Aplicación en la industria alimentaria

El aceite de linaza se incorpora como ingrediente funcional en aceites comestibles, suplementos nutricionales, productos de panadería, lácteos, bebidas y alimentos fortificados. De igual forma es útil en formulaciones veganas y en la optimización del perfil nutricional de alimentos industrializados. Para fomentar la sostenibilidad y la innovación dentro de la industria alimentaria se utilizan los subproductos. De tal forma para promover la sostenibilidad y la innovación en el sector alimentario, se utilizan sus subproductos, que son abundantes en fibra, proteínas y compuestos bioactivos **(Langyan et al., 2023).**

Figura 3. Aceite de linaza (*Linum usitatissimum*)

1.1.5 Edulcorante natural

Los endulzantes naturales son sustancias de origen vegetal que se emplean para dar dulzor a alimentos y bebidas en lugar de usar el azúcar refinado presente en los endulzantes artificiales. Algunos, como la miel o el jarabe de agave, contienen calorías, mientras que otros, como la stevia y el monk fruit, ofrecen sabor dulce sin aportar energía significativa **(Yeung, 2023).**

El empleo de edulcorantes naturales es una alternativa adecuada para reemplazar el azúcar en alimentos y bebidas, ya que permiten aportar dulzor con un menor contenido calórico y no altera el sabor **(Muñoz et al., 2021)**. El monk fruit, conocido también como fruta del monje (*Siraitia grosvenorii*), proviene del sur de China y destaca por su extraordinaria dulzura, derivada de los mogrosidos, compuestos entre 200 y 300 veces más dulces que la sacarosa, pero prácticamente sin aporte calórico **(Benucci et al., 2024).** Además, no genera aumentos en los niveles de glucosa, por lo que es apto para personas diabéticas. Se incorpora en lácteos, postres, bebidas y mezclas edulcorantes para mejorar el sabor **(Younes et al., 2019).**

1.1.6 Colorante natural

En la industria alimentaria, los colorantes naturales se emplean para realzar la apariencia visual de los productos, y así mejorar el aspecto visual, haciéndolos más llamativos y restaurando el color perdido durante las etapas de procesamiento o conservación. Estos pigmentos se obtienen de fuentes vegetales como frutas, hortalizas, semillas y especias **(Singh et al., 2023).** De forma similar, los colorantes de origen vegetal permiten reemplazar a colorantes sintéticos y ser mejor aceptados por los consumidores **(López et al., 2020).**

La curcumina es un colorante natural derivado del rizoma de la cúrcuma y pertenece al grupo de los curcuminoides. Se destaca por su característico color amarillo brillante ha impulsado su uso habitual en diferentes alimentos, entre ellos salsas, mostaza, dulces, productos lácteos y bebidas **(Vega et al., 2023).**

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar una mezcla en polvo a base de pulpa de piña (*Ananas comosus*) y aceite de linaza (*Linum usitatissimum*) microencapsulados para preparar bebidas instantáneas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Obtener pulpa de piña y aceite linaza microencapsulados mediante secado por aspersión.
- Evaluar la aceptabilidad sensorial de formulaciones de bebidas instantáneas, para determinar el mejor tratamiento.
- Realizar la caracterización físico-química, análisis proximal y microbiológica del mejor tratamiento, en base a la normativa vigente.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

El presente trabajo de titulación fue de tipo experimental con enfoque cuantitativo y cualitativo que se llevó a cabo en los laboratorios académicos de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

2.1 Materiales

2.1.1 Materia prima

La fruta se obtuvo en buen estado de madurez en el Mercado cerrado Latacunga, ubicado en la provincia de Cotopaxi, y el aceite de linaza se adquirió en un local comercial de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua.

Además, se utilizaron aditivos como la curcumina, edulcorante natural y agentes encapsulantes: maltodextrina y goma arábiga.

2.1.2 Materiales de laboratorio

Para los análisis se utilizaron varios materiales de laboratorio, como papel aluminio, cuchillos, cucharas de acero inoxidable, vasos de precipitación, matraces y una probeta graduada. También se emplearon tubos cónicos para centrífuga de 15 ml, una gradilla, pipetas con pera de succión, bureta y crisoles. Además, se utilizaron un mechero Bunsen, trípode con malla metálica, desecador, pinzas y gas.

2.1.3 Reactivos

Los reactivos empleados para la determinación de la acidez titulable fueron el hidróxido de sodio y fenolftaleína.

2.1.4 Equipos

Para el procedimiento experimental se utilizaron varios equipos de laboratorio: Centrífuga Hettich Universal II, Balanza analítica OHAUS, Homogeneizador ULTRA-TURRAX, Mini Spray Dryer Büchi B-290, Balanza infrarroja Citizen, Refractómetro digital ATAGO, pH-metro Thermo Scientific, Mufla NABERTHERM y Procesador de alimentos INDURAMA.

2.2 Métodos

2.2.1 Obtener pulpa de piña y aceite linaza microencapsulados mediante secado por aspersión

2.2.1.1 Descripción del proceso de microencapsulación

Para la elaboración de la microencapsulación de la pulpa de piña se siguió la siguiente metodología: Se recibió la piña fresca como materia prima, verificando que se encuentre en buenas condiciones. La fruta obtenida se lavó con agua potable para eliminar impurezas superficiales y posteriormente se desinfectó

con una solución de hipoclorito de sodio al 1% por dos minutos, con el fin de reducir la presencia de microorganismos antes de su procesamiento y nuevamente se enjuagó con agua potable **(Maneeboon et al., 2023).**

La piña fue pelada y se cortó en trozos pequeños que se trituraron en un procesador de alimentos hasta obtener la pulpa. Posteriormente la pulpa obtenida se centrifugó a aproximadamente 4200 rpm durante 15 minutos a una temperatura de 15 °C, en una centrífuga.

2.2.1.2 Determinación de sólidos totales

El contenido de humedad se determinó siguiendo el procedimiento, adaptada de **Perrazo (2018),** se emplearon 5 g de muestra, los cuales se analizaron en una balanza infrarroja durante 30 minutos. Los análisis se realizaron por triplicado, el valor obtenido correspondió al porcentaje de humedad, y la diferencia se consideró como el porcentaje de sólidos totales, calculado mediante la siguiente ecuación:

$$\%\mathrm{ST} = 100 - \%\mathrm{H}$$

(Ecuación 1)

Donde:

ST: Sólidos totales

%H: Contenido de humedad

2.2.1.3 Microencapsulación mediante secado por aspersión

En la microencapsulación de la pulpa de piña se empleó la técnica adaptada por **Silva et al. (2025),** basada en el secado por aspersión para la obtención de microcápsulas. Primero, se pesó los agentes encapsulantes compuesta por maltodextrina y goma arábiga, las cuales se incorporó a la pulpa en una proporción de 1:2 (pulpa: agentes encapsulantes) y la mezcla se agitó continuamente empleando un homogeneizador.

Posteriormente, la mezcla se sometió al proceso de secado en un Mini Spray Dryer, operado a una temperatura de entrada de 140 °C y una temperatura de salida de 80 °C, condiciones bajo las cuales se obtuvieron un polvo fino compuesto por microesferas que contienen los sólidos de la pulpa de piña. El polvo obtenido se enfría, se envasa y se almacena en envases herméticos.

En la Figura 4, presenta el diagrama de flujo:

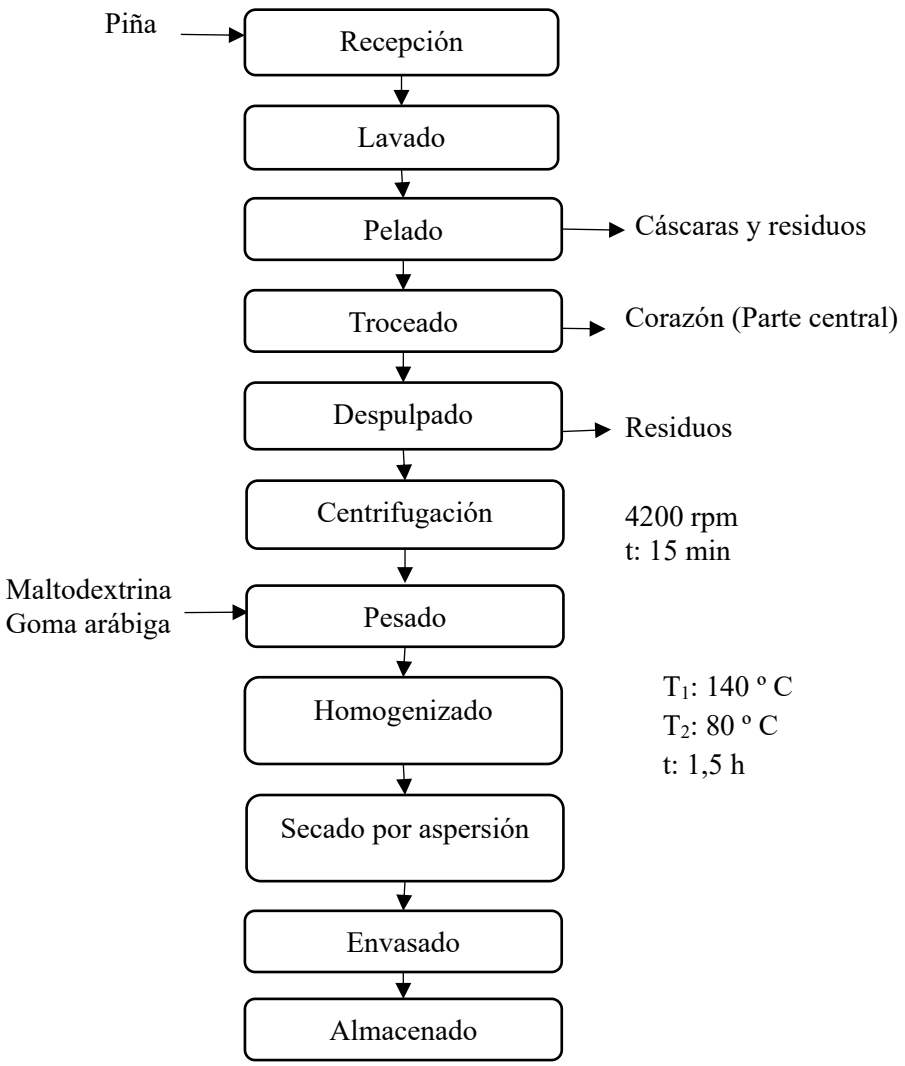


Figura 4. Diagrama de flujo de la microencapsulación de la pulpa de piña.

2.2.1.4 Microencapsulación del aceite de linaza mediante secado por aspersión

Para la microencapsulación del aceite de linaza comestible se empleó la técnica adaptada por **Solís (2018).** Primero, se preparó la fase acuosa, mezclando agua destilada con la goma arábiga y la maltodextrina y se agitó continuamente. Posteriormente, se añadió la carga lipídica (33,3%), correspondiente a la fase oleosa, con el fin de formar una emulsión.

La mezcla se agitó durante 15 minutos para asegurar la formación de una emulsión uniforme. Finalmente, la emulsión tipo aceite en agua (o/w) fue llevada al secador por aspersión, utilizando temperaturas de 150 °C de entrada y 75 °C de salida. El polvo microencapsulado fue envasado y almacenado en envases herméticos.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo:

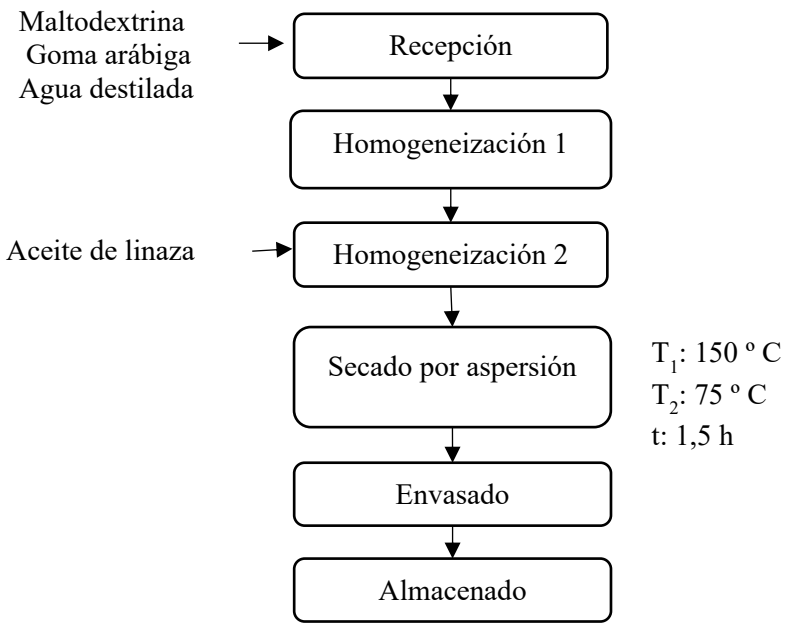


Figura 5. Diagrama de flujo de la microencapsulación del aceite de linaza

Rendimiento

El rendimiento de cada proceso de microencapsulación (piña y aceite de linaza) se calculó mediante la relación del peso final del producto seco y el peso inicial de sólidos, utilizando la siguiente ecuación:

$$\textbf{Rendimiento}\ (\%) = \frac{\text{Peso final del producto seco}}{\text{Peso inicial de sólidos}} * 100$$

(Ecuación 2)

2.2.1.5 Elaboración de la mezcla en polvo

Para la elaboración de mezclas en polvo se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

Recepción: Se recibieron las materias primas necesarias para la formulación, entre ellas la pulpa de piña y el aceite de linaza microencapsulados, el colorante y el edulcorante natural.

Dosificado: Se pesaron los ingredientes de acuerdo con las formulaciones establecidas. Las mezclas obtenidas se combinaron en las siguientes proporciones, dando lugar a tres formulaciones experimentales:

- **T1:** 70 % piña – 30 % aceite de linaza
- **T2:** 80 % piña – 20 % aceite de linaza
- **T3:** 90 % piña – 10 % aceite de linaza

A cada formulación se añadió la misma cantidad de edulcorante natural (Monk fruit) que permitió un dulzor adecuado y curcumina, colorante natural utilizado en productos elaborados a partir de piña.

Mezclado: Se mezclaron los ingredientes en un mismo recipiente hasta que sus componentes se integraron completamente.

Envasado: El producto final fue envasado en recipientes herméticos.

Almacenado: El producto ya envasado fue almacenado en un lugar limpio y seco.

En la Figura 6, se presente el diagrama de flujo:

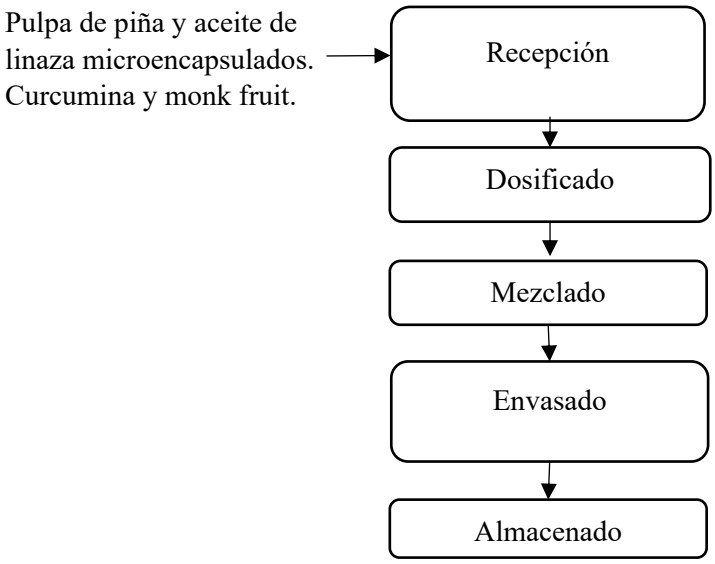


Figura 6. Diagrama de flujo de la elaboración de la mezcla en polvo

Posteriormente, se realizaron los análisis fisicoquímicos por triplicado de cada tratamiento, que permitieron caracterizar y comparar cada tratamiento. Para la determinación de la humedad se utilizaron directamente las muestras en polvo de cada tratamiento, mientras que para los análisis de sólidos solubles °Brix, pH, acidez, las mezclas fueron diluidas en agua filtrada en una relación 1:7 (mezcla en polvo: agua filtrada).

2.2.1.6 Análisis fisicoquímicos

- **Humedad**

El contenido de humedad de las muestras en polvo se determinó con una balanza de humedad por infrarrojo. El equipo calentó las muestras mediante radiación infrarroja, lo que permitió eliminar el contenido de agua, obtenido directamente el porcentaje de humedad después de un tiempo aproximado de 5 minutos **(Miranda et al., 2023).**

Los resultados obtenidos se compararon con lo establecido por la normativa INEN 2471:2015 correspondiente a mezclas en polvo para preparar refrescos, siendo el valor máximo permitido de 6% para mezclas en polvo tipo II.

Determinación de sólidos solubles (°Brix)

La determinación de los sólidos solubles (°Brix), se realizó de acuerdo con la norma **NTE INEN ISO 2173 (2013).** Se utilizó un refractómetro digital previamente calibrado con agua destilada a 20 °C. Posteriormente, se colocó una gota de la muestra reconstituida sobre el prisma del equipo y se registró el valor de °Brix, expresado como el porcentaje de sólidos solubles totales.

Los resultados se compararon con los valores establecidos en la normativa NTE INEN 2304:2017, correspondientes a refrescos y bebidas no carbonatadas.

Determinación de pH

El pH se determinó siguiendo con lo establecido en la norma **NTE INEN-ISO 1842 (2013)**, empleando un pH-metro digital, previamente calibrado con soluciones buffer de pH 4,0 y 7,0. Las mediciones se efectuaron introduciendo el electrodo directamente en la muestra homogeneizada.

Determinación de acidez titulable

Para el análisis, se tomaron 10 ml de la muestra y se añadieron dos gotas de fenolftaleína como indicador. La titulación se realizó con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N, hasta observar un cambio de color estable durante aproximadamente 30 segundos, de acuerdo con lo establecido en la norma **NTE INEN-ISO 750 (2013)**. A partir del volumen de base empleado, se determinó la acidez total mediante la siguiente ecuación:

$$\textbf{Acidez titulable } (\%\ \textbf{ácido cítrico}) = \frac{(V_1 * N * 0.064 * 100)}{V_2}$$

(Ecuación 3)

Donde:

$\mathbf{V_1}$= Volumen de NaOH usados para la titulación (ml)

N = Normalidad de la solución de NaOH

0.064 = Peso correspondiente al ácido cítrico

$\mathbf{V_2}$**=** Volumen tomado para el análisis (ml)

Los valores obtenidos se interpretaron como el contenido de ácido cítrico presente en 100 gramos de muestra.

Análisis estadístico

Para el análisis se empleó un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), considerando como factor el tratamiento (variable independiente) con tres niveles: F1 (70 % piña – 30 % aceite), F2 (80 % piña – 20 % aceite) y F3 (90 % piña – 10 % aceite). Se analizaron los datos obtenidos de humedad, °Brix, pH y acidez titulable, para determinar el mejor tratamiento. Se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor, con el propósito de conocer si existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para cada una de las variables evaluadas. En casos donde se encuentran diferencias ($p < 0,05$), se aplicó la prueba de Tukey para conocer el mejor tratamiento. El análisis estadístico se realizó con el software SPSS, empleando un nivel de confianza del 95 % **(Aguilar, 2025).**

2.2.2 Evaluar la aceptabilidad sensorial de formulaciones de bebidas instantáneas, para determinar el mejor tratamiento

Para la evaluación sensorial, las bebidas instantáneas se prepararon disolviendo cada formulación en agua filtrada a una proporción de 1:7 (mezcla: agua). Participaron 25 jueces semi-entrenados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato. A cada evaluador se le presentaron las tres muestras codificadas con diferentes dígitos en orden aleatorio, y se les proporcionó agua para enjuagar la boca entre la evaluación de cada muestra **(Amarakoon & Navaratne, 2017).**

Los atributos evaluados fueron color, olor, sabor, textura (sensación en boca) y aceptabilidad general mediante una escala hedónica de 5 puntos donde: 1 = “me disgusta mucho”, 2 = “me disgusta”, 3 = “ni me gusta ni me disgusta”, 4 = “me gusta” y 5 = “me gusta mucho” según lo descrito por **Cargua et al. (2025).**

Los resultados fueron analizados con la prueba no paramétricas de Friedman para detectar diferencias entre las tres formulaciones y, cuando fue necesario, la prueba de Wilcoxon para comparaciones por pares. El análisis se realizó en SPSS, empleando un nivel de confianza del 95 % ($\alpha = 0,05$), con el fin de identificar la formulación con mayor aceptación por parte de los evaluadores **(Coral, 2019).**

2.2.3 Realizar la caracterización físico-química, análisis proximal y microbiológica del mejor tratamiento, en base a la normativa vigente.

Con el mejor tratamiento se realizaron los siguientes análisis:

2.2.3.1 Análisis fisicoquímico

- **Humedad:** Se determinó siguiendo la metodología especificada en el apartado 2.2.1.6.

- **Cenizas**

El análisis del contenido de cenizas se realizó en base a la norma **NTE INEN 520 (2012),** para la cual se pesaron 3 g de muestra y se colocaron cuidadosamente en crisoles previamente tarados. Primero, se sometió a preincineración sobre un trípode con malla metálica utilizando un mechero Bunsen hasta que desapareció el humo, eliminando la materia orgánica volátil. Posteriormente, los crisoles fueron llevados a una mufla a 550 °C durante 4 horas hasta obtener una muestra completamente incinerada. Finalmente, los crisoles se enfriaron en un desecador y se pesaron nuevamente para calcular el contenido de cenizas mediante la siguiente ecuación:

$$\%\ \mathbf{Cenizas} = \frac{(m_3 - m_1) * 100}{(m_2 - m_1) * (100 - H)}$$

(Ecuación 4)

Donde:

$\mathbf{m_1}$ = Peso del crisol vacío (g)

$\mathbf{m_2}$ = Peso del crisol con la muestra (g)

$\mathbf{m_3}$ = Peso del crisol con las cenizas (g)

$\mathbf{H}$ = Porcentaje de huemdad de la muestra (%)

- **Sólidos solubles (°Brix):** Se midieron conforme al procedimiento indicado en el apartado 2.2.1.6.
- **pH:** Se evaluó de acuerdo con la metodología establecida en el apartado 2.2.1.6.
- **Acidez titulable:** Se realizó siguiendo el procedimiento descrito en el apartado 2.2.1.6.

2.2.3.2 Análisis proximal

Proteína

La determinación de proteína total se realizó en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL), bajo el método **AOAC 2001.11 (2023),** que utiliza el método Kjeldahl para medir el nitrógeno total. Para ello, se tomó 1 g de cada muestra y se añadió 15 ml de ácido sulfúrico (95–97 %) junto con los catalizadores correspondientes, realizando la digestión hasta que la solución quedó clara. Luego, la solución digerida fue neutralizada con hidróxido de sodio y sometida a destilación, seguida de titulación para determinar el contenido de nitrógeno. El resultado obtenido se multiplicó por 6,25 para calcular la proteína bruta de la muestra **(Thiex et al., 2002).**

Grasa total

Para la determinación de grasa total se siguió el método **AOAC 2003.06 (2023).** Se pesó aproximadamente 1 g de cada muestra y se colocó en un cartucho de extracción para ser introducido en

el equipo Soxhlet. La grasa fue extraída usando un disolvente orgánico durante varias horas hasta que la muestra quedó completamente desgrasada. Luego, el disolvente se evaporó, y la grasa residual se secó y pesó para calcular el contenido total de grasa de la muestra. El análisis se realizó en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL).

Fibra dietética

La fibra dietética fue analizada siguiendo el método oficial **AOAC 985.29 (2023),** conocido como método enzimático-gravimétrico. Se pesó aproximadamente 1 g de cada muestra, que fue sometida a la acción de enzimas digestivas para eliminar proteínas y carbohidratos solubles, dejando únicamente la fracción de fibra. La fibra residual fue aislada, secada y pesada para cuantificar el contenido total de fibra en cada muestra. El análisis se llevó a cabo en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL).

Carbohidratos

El contenido de carbohidratos se estimó por diferencia, restando del 100 % la suma de los porcentajes obtenidos de humedad, proteínas, grasas, fibra dietética y cenizas presentes en la muestra. Este método proporciona un valor aproximado de los carbohidratos totales, aplicando la siguiente fórmula:

$$\%\ \mathrm{Cb} = 100 - (\%\ \text{humedad} + \%\ \text{proteína} + \%\text{grasa} + \%\ \text{fibra} + \%\ \text{ceniza})$$

(Ecuación 5)

2.2.3.3 Análisis microbiológico

Se realizó en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL) empleando el método **AOAC 997.02 (2023)** con placas Petrifilm para mohos y levaduras. Este método permite que estos microorganismos crezcan y sean identificados después de un tiempo de incubación. Además, en la normativa **NTE INEN 2471 (2010),** establece los requisitos microbiológicos para las mezclas en polvo de bebidas instantáneas, ya que una al contener mohos o levaduras afectan la estabilidad del producto.

Para detectar coliformes totales y *Escherichia coli*, se empleó el método AOAC R.I.: 110402 (2023) con placas Compact Dry EC. Estas placas distinguen las bacterias por su color, estos microorganismos son indicadores importantes de higiene y posible contaminación en alimentos en polvo.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la metodología descrita se obtuvieron los siguientes resultados:

3.1 Obtener pulpa de piña y aceite linaza microencapsulados mediante secado por aspersión

3.1.1 Determinación de sólidos totales en la pulpa de piña

Los análisis se realizaron por triplicado en la pulpa de piña, obteniendo un contenido de humedad promedio de 84,91 % ± 0,01 y un valor de sólidos totales de 15,09 % ± 0,01. Estos resultados se encuentran dentro de los rangos reportados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO, la cual indica que la pulpa de piña suele tener una humedad entre 81,2 % y 86,2 %, mientras que los sólidos totales están entre 13 % y 19 %, conformados por azúcares, ácidos orgánicos, fibra soluble y otros compuestos no volátiles **(Alekya et al., 2024).**

Al comparar el valor obtenido por **Gutiérrez (2012),** que reporta un 16,8 % de sólidos totales en la pulpa de piña, se observa que ambos resultados son similares y las pequeñas diferencias pueden relacionarse por el grado de madurez o variedad. A partir del contenido sólidos totales se determinó la cantidad necesaria de maltodextrina y goma arábiga que se añadió a la pulpa antes del secado. Este parámetro es relevante debido a que, en el proceso de microencapsulación, lo que se encapsula no es el agua sino los sólidos presentes en la pulpa que permanece dentro de las microcápsulas **(Rios & Gil, 2021).**

3.1.2 Rendimiento de los microencapsulados

El rendimiento obtenido después del proceso de microencapsulación fue de 83.19 % ± 2.20 para la pulpa de piña y 83.48 % ± 0.64 para el aceite de linaza, como se muestra en la Tabla 1. En ambos casos, el rendimiento se calculó como la relación entre el peso del polvo final y cantidad de sólidos presentes antes del secado. Para la pulpa, estos sólidos correspondieron a los sólidos totales propios de la fruta más la maltodextrina y la goma arábiga incorporadas **(Figueroa et al., 2016).**

Un aspecto importante es que se utilizó la combinación de maltodextrina y goma arábiga como materiales de recubrimiento. Según **Vargas et al. (2024),** mencionan que el uso de una mayor cantidad de material de pared como la maltodextrina permite obtener mejores rendimientos de secado, porque cuando se utiliza poca cantidad, la mezcla con elevado contenido de azúcares y ácidos se vuelve pegajosa, lo que hace que se quede adherida a la cámara de secado. Por eso, al incrementar la cantidad de maltodextrina se eleva la temperatura de transición vítrea, lo que disminuye la pegajosidad y evita estas pérdidas durante el proceso **(Phing & Saleena, 2022).**

En aceites vegetales, el uso la goma arábiga contribuye a una mayor retención del aceite durante el secado y disminuye su oxidación. Esto ocurre porque facilita la emulsión y forma una capa protectora

alrededor de las gotas, esto aumenta el rendimiento **(Rodríguez et al., 2021).** Tanto la maltodextrina como la goma arábiga ayudan a mejorar la estabilidad, la retención de sólidos y la recuperación del producto final, tanto en mezclas de pulpa de frutas como en aceites vegetales **(Hamayda et al., 2023)**.

Las condiciones del proceso, como la proporción del agente encapsulante y la temperatura del aire tanto de entrada como de salida, pueden influir en las características finales del polvo, así como en el rendimiento obtenido **(Lingua et al., 2021).** El control de estas temperaturas del secador, la estabilidad de la emulsión durante todo el proceso y propiedades de la alimentación (sólidos totales, viscosidad, tamaño de gota), permite mejorar la recuperación del producto final **(Pellicer et al., 2018).**

Tabla 1. Rendimiento de pulpa de piña y aceite de linaza en polvo

	Pulpa de piña	Aceite de linaza
Rendimiento (%)	83.19 ± 2.20	83.48 ± 0.64

Nota. El rendimiento se calculó como la relación entre el peso del polvo obtenido y los sólidos iniciales.

3.1.3 Elaboración de la mezcla en polvo

Para la elaboración de la mezcla en polvo de pulpa de piña y aceite de linaza microencapsulados, se siguió según lo expuesto en el apartado 2.2.1.1. En la Tabla 2 se encuentran totalizados al 100 % todos los ingredientes de cada formulación, manteniendo la relación porcentual entre la pulpa de piña y aceite de linaza microencapsulados propuestos. La cantidad de monk fruit y colorante curcumina fueron iguales en todas las formulaciones, para observar cómo los cambios en la proporción de los microencapsulados, afectan las características del producto final. Las formulaciones finales que se desarrollaron se presentan a continuación:

Tabla 2. Formulaciones de las mezclas en polvo para preparar bebidas instantáneas.

Ingrediente	**T1 (%)**	**T2 (%)**	**T3 (%)**
Pulpa de piña microencapsulada	67.21 *	76.81 *	86.41 *
Aceite de linaza microencapsulado	28.80 *	19.20 *	9.60 *
Monk fruit	3.85	3.85	3.85
Colorante curcumina	0.14	0.14	0.14
Total	100	100	100

Nota. Las formulaciones se expresan en porcentaje con base al peso total de la mezcla (100 %), el símbolo (*) representa el porcentaje de la relación **T1:** 70 % piña – 30 % aceite de linaza, **T2:** 80 % piña – 20 % aceite de linaza, **T3:** 90 % piña – 10 % aceite de linaza.

3.1.4 Análisis fisicoquímicos de las formulaciones

- **Humedad**

Los resultados del contenido de humedad, se presentan en la Tabla 3, promedio de las tres replicas realizadas, obteniéndose los valores de T1: 4,03 ± 0,20 %, T2: 3,85 ± 0,12 % y T3: 4,02 ± 0,11 %. En el análisis estadístico mediante (ANOVA) y pruebas de Tukey se obtuvo que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos. Aunque estadísticamente los tratamientos son iguales, se observa que la muestra T2 presentó un contenido de humedad más baja, que garantiza una mejor estabilidad de los productos en polvo durante su almacenamiento **(Silva et al., 2018).**

Además, las tres formulaciones cumplen con lo establecido por la normativa **INEN 2471 (2015),** la cual especifica un máximo de 6 % de humedad para mezclas en polvo tipo II destinadas a refrescos o bebidas instantáneas. Un menor contenido de humedad en el producto disminuye el riesgo de crecimiento microbiano y de reacciones químicas no deseadas. Al reducirse el agua disponible también baja la actividad de agua, lo que contribuye a que el polvo sea menos susceptible a la contaminación y pueda conservarse por más tiempo **(Parhizkary et al., 2025).**

En un estudio realizado por **Cardona et al. (2021)**, mencionan que los polvos elaborados mediante secado por aspersión suelen tener un contenido de humedad entre 1,50 y 9,55 %, valores que coinciden con los resultados obtenidos de humedad de todos los tratamientos. El contenido de humedad puede cambiar según las características de cada muestra y el material de recubrimiento usado. Así mismo, al aumentar la maltodextrina, la humedad de las microcápsulas disminuye en comparación con otros materiales de pared **(Brito et al., 2025).**

- **Sólidos solubles**

En cuanto a los sólidos solubles obtenidos en los tres tratamientos, en el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, se determinó que la formulación T1 fue significativamente menor a T2 y T3, en cambio en estos estadísticamente no se encontraron diferencias significativas. El valor promedio de sólidos solubles de T2 es de 13,00 °Brix, esto indica que la proporción de sólidos logró disolverse. Esto es debido a que el contenido de sólidos solubles depende tanto de la cantidad de pulpa de piña microencapsulada como de los materiales de pared y de su capacidad para disolverse adecuadamente en el agua **(Gomes et al., 2023).**

El aceite de linaza microencapsulado puede influir en cómo se disuelve el polvo en agua, debido a que en sus moléculas de grasa son hidrofóbicas y se acumula en la superficie de las partículas, formando una capa que dificulta su humectación, por lo que se dispersa con menor facilidad **(Jiang et al., 2025).** Además, los valores de °Brix presentados en la Tabla 3 concuerdan con lo reportado por **Madhava et al. (2020),** que obtuvieron valores de sólidos solubles de 13 a 17 °Brix en jugo de piña en polvo reconstituido realizado mediante secado por aspersión.

- **pH**

Con relación al pH, se obtuvo que existen diferencias significativas entre las formulaciones, según la prueba de Tukey, la muestra T2 estadísticamente presentó el pH 4,00 ± 0,02 siendo el más bajo, por lo tanto, tiene una liberación más homogénea de iones de hidrógeno tras la reconstitución, lo que reduce directamente el pH **(Yulia et al., 2024)**. Los valores de pH presentados en la Tabla 3 de los tratamientos analizados cumplen con los requisitos establecidos por la **NTE INEN 2304 (2017),** para refrescos o bebidas no carbonatadas, que establecen un rango permitido entre pH 2.0 (mínimo) y pH 4.5 (máximo). La diferencia de pH entre los tratamientos es debido al efecto de dilución causado por la adición de microcápsulas de aceite, ya que estos no aportan acidez. Como resultado, reduce la concentración de ácidos de la bebida y el pH tiende a aumentar **(Prado et al., 2022).**

Los valores obtenidos coinciden con lo señalado por **Pujapanda et al. (2025),** que reportan para jugos de piña secados con maltodextrina un pH cercano a 3,5 a 4,7 después ser disueltos. Además, la proporción de agente portador y el equilibrio núcleo pared influyen en la solubilidad y liberación de compuestos hidrosolubles, incluyendo los ácidos naturales de la fruta **(Baquerizo et al., 2025)**.

- **Acidez titulable**

La acidez total titulable presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$). El valor obtenido de acidez en la formulación T2 es de 0,236 % que corresponde a los ácidos orgánicos de la fruta, como el cítrico y el málico que se liberan mejor, lo que le da al producto su sabor ácido característico **(Sarkar & Bulo, 2020)**. En cambio, los valores inferiores de acidez observados en T1 pueden atribuirse a un mayor efecto de dilución provocado por la adición del aceite y del material de encapsulación **(Correa et al., 2024)**. La reducción de la acidez titulable implica una menor concentración total de ácidos disponibles, lo que puede influir en el perfil sensorial **(Basurto et al., 2023).**

Tabla 3. Resultados del análisis fisicoquímico de todos los tratamientos.

	T1	**T2**	**T3**
Humedad ((%)	4,03 ± 0,21 [a]	3,85 ± 0,12 [a]	4,02 ± 0,11 [a]
°Brix	12,60 ± 0,10 [a]	13,00 ± 0,20[b]	13,30 ± 0,10[b]
pH	4,13 ± 0,01[b]	4,00 ± 0,02[a]	4,15 ± 0,01[b]
Acidez (%)	0,202 ± 0,009[a]	0,236 ± 0,006[b]	0,226 ± 0,009[b]

Nota. Los valores corresponden al promedio de las tres mediciones y desviación estándar. Las letras distintas (a, b) reflejan diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$).

Con relación a los análisis fisicoquímicas, el T2 se considera adecuado, debido a que presenta un contenido de humedad bajo, un °Brix moderado, mayor acidez, un pH bajo, y cumple con la normativa vigente.

3.2 Evaluar la aceptabilidad sensorial de formulaciones de bebidas instantáneas, para determinar el mejor tratamiento

Para evaluar la aceptación de las bebidas instantáneas, la mezcla en polvo se diluyó en agua filtrada y se analizaron los atributos sensoriales de las tres formulaciones. Se aplicó la prueba de Friedman para identificar diferencias entre tratamientos. Cuando se encontraron diferencias significativas, se utilizó la prueba de Wilcoxon para comparaciones por pares. Los promedios y desviaciones estándar de cada atributo se presentan en la Tabla 4, permitiendo conocer las preferencias de los evaluadores y determinar cuál formulación obtuvo la mayor aceptación.

Tabla 4. Comparación del análisis sensorial mediante la prueba de Wilcoxon.

	T2 - T1		**T3 - T1**		**T2-T3**	
Color	4.32±0.48	4.00±0.71	4.16±0.37	4.00±0.71	4.32±0.48	4.16±0.37
Sig. asin	0.087		0.285		0.24	
Olor	4.52±0.51	3.32±0.47	4.08±0.27	3.32±0.47	4.52±0.51	4.08±0.27
Sig. asin	<0.001		<0.001		<0.001	
Sabor	4.68±0.55	3.32±0.80	3.96±0.67	3.32±0.80	4.68±0.55	3.96±0.67
Sig. asin	<0.001		0.006		0.003	
Textura (Sensación en boca	4.16±0.74	3.84±0.80	3.92±1.18	3.84±0.80	4.16±0.74	3.92±1.18
Sig. asin	0.073		0.958		0.480	
Aceptabilidad	4.56±0.65	3.56±0.91	4.08±0.81	3.56±0.91	4.56±0.65	4.08±0.81
Sig. asin	<0.001		0.021		0.042	

Nota. Los valores de (Sig.asin) si es menor a $p < 0.05$ existen diferencias significativas entre las formulaciones. Las letras T1, T2, y T3 representan a las formulaciones: **T1:** 70 % piña – 30 % aceite de linaza, **T2:** 80 % piña – 20 % aceite de linaza, **T3:** 90 % piña – 10 % aceite de linaza.

- **Color**

No existen diferencias significativas en el atributo del color entre las tres formulaciones, según la prueba de Friedman y las comparaciones por pares con Wilcoxon ($p > 0,05$), lo que sugiere que los catadores observaron un color similar en todas las muestras. Este resultado se debe a la incorporación de la curcumina como colorante natural en la misma cantidad para cada formulación, lo que dio una tonalidad amarilla uniforme a todas las bebidas, sin embargo, el T2 destacó por tener un valor medio más alto.

Además, los polvos obtenidos por microencapsulación presentaron un color blanco, debido a los agentes de recubrimiento, lo que hizo necesario la adición del colorante curcumina para mejorar la apariencia final de la bebida **(Fang et al., 2024).** La curcumina es ampliamente utilizada en la industria de alimentos como colorante alimentario y se incorpora fácilmente en bebidas, postres, entre otros productos, ofreciendo buena estabilidad con apariencia visual homogénea bajo pH ácido o neutro **(Sharifi et al., 2020).**

- **Olor**

En la evaluación sensorial del olor de las muestras, se obtuvo diferencias significativas entre las formulaciones al aplicar la prueba de Friedman, lo que significa que los catadores identificaron cambios en la intensidad del aroma en las bebidas. La formulación T2 muestra el mayor puntaje promedio ($4,52 \pm 0,51$), presentando una mayor aceptación del aroma.

Además, en la prueba de Wilcoxon por pares, existen diferencias significativas entre todos los pares T2 y T1, T3 y T1, y entre T2 y T3 ($p < 0,001$), estos cambios entre formulaciones se asocian al efecto de la microencapsulación de pulpa de piña y aceite de linaza. En el caso del aceite de linaza la microencapsulación permite proteger compuestos volátiles evitando olores indeseables por oxidación durante el almacenamiento y al reconstituirse estos compuestos aromáticos se liberan progresivamente mejorando así la percepción del aroma **(Yaman et al., 2023)**. Así mismo, la pulpa de piña microencapsulada es la que aporta la mayor contribución al aroma de la bebida, ya que contiene compuestos volátiles como ésteres y aldehídos los que dan el olor frutal **(Quijano et al., 2020).** Los resultados muestran que T2 al combinarse los compuestos aromáticos tanto de la pulpa de piña y del aceite presentó un aroma distintivo respecto las demás formulaciones.

- **Sabor**

En la prueba de Friedman (Tabla 4) se obtuvo diferencias significativas ($p < 0,001$) en el atributo sabor entre las formulaciones evaluadas, debido a que la formulación de la bebida instantánea influyó de manera directa en la percepción gustativa. La comparación por pares con la prueba de Wilcoxon, comprobó que existen diferencias significativas entre T2 y T1 ($p < 0,001$), entre T3 y T1 ($p = 0,006$) y entre T2 y T3 ($p = 0,003$), lo que sugiere que cada formulación tuvo un sabor distinto y la muestra T2 destacó con el mayor promedio ($4,68 \pm 0,55$) con mejor aceptación en cuanto al sabor.

La cantidad de pulpa de piña, el aceite de linaza microencapsulados junto con la concentración de sólidos solubles y la liberación de compuestos volátiles frutales pueden modificar la intensidad, el dulzor, la acidez y el sabor. Según **Sousa et al. (2022),** reportan que cuando los aceites se microencapsulan, permite la disminución de sabores desagradable como amargos o rancio. La pulpa de piña microencapsulada influye en el sabor ya que, al contener compuestos responsables del sabor, tales como azúcares y ácidos orgánicos, estos le dan un balance entre dulce y ácido propios de la fruta **(Paull et al., 2020).** Además, el monk fruit realza el dulzor sin dejar sabores raros o residuales, la muestra T2 destacó con mejores puntuaciones sensorialmente, debido a que en esa formulación hubo un balance del sabor natural de la piña y del aceite junto con el edulcorante natural.

- **Textura (sensación en boca)**

La evaluación sensorial del atributo textura no mostró diferencias significativas entre las formulaciones según la prueba de Friedman y Wilcoxon (Tabla 4), lo que indica que los catadores tuvieron una sensación en boca similar y aceptable en todas las bebidas instantáneas. Esto es debido que las micropartículas obtenidas de la microencapsulación fueron pequeñas y uniformes que se disolvieron bien al preparar la bebida.

La microencapsulación de aceites ayuda a disminuir la sensación directa de grasa en boca, evitando sensaciones excesivas de oleosidad **(Fernandes et al., 2024)**. De igual manera la pulpa de piña microencapsulada influye en la sensación en boca porque, al mezclarse con agua, libera gradualmente sus compontes, generando una percepción suave y uniforme. Al incorporarse de manera homogénea evita la percepción de grumos, haciendo que sea agradable al momento de consumir **(Baldelli et al., 2024).** Por lo tanto, las muestras al contener aceite de linaza microencapsulado tiene una sensación en boca más suave y menos grasosa por lo que la uniformidad ligera percibida, refleja que los tratamientos no generaron cambios sensoriales relevantes en este atributo.

- **Aceptabilidad**

En la aceptabilidad general de las bebidas instantáneas, existió diferencias significativas entre las formulaciones según la prueba de Friedman ($p < 0,001$), donde T2 alcanzó el mayor promedio ($4,56 \pm 0,65$), seguido de T3 ($4,08 \pm 0,81$) y T1 ($3,56 \pm 0,91$). Del análisis de la prueba de Wilcoxon, entre pares se tiene diferencias significativas entre T2 y T1 ($p < 0,001$), T3 y T1 ($p = 0,021$) y entre T2 y T3 ($p = 0,042$).

La mayor aceptabilidad obtenido por la muestra T2 podría estar relacionada con un equilibrio adecuado entre las proporciones de la pulpa de piña y el aceite de linaza microencapsulados, que otorgó un sabor y aroma agradables, así como una sensación en boca estable y homogénea. Además, la combinación de dulzor, acidez de la pulpa de piña, el sabor agradable del aceite de linaza, logró generar una sensación en boca agradable. La aceptabilidad es un aspecto importante en los alimentos debido a que integra la

percepción del sabor, color, olor y la sensación en boca, y refleja directamente la aceptabilidad del producto **(Bochnak & Swieca, 2020).**

- **Gráfico radial del análisis sensorial**

Los resultados de la evaluación sensorial de las formulaciones se evidencian en la Figura 7, destacando la formulación T2 (BC26) con puntuaciones altas en todos los atributos, especialmente en olor, sabor y aceptabilidad, lo que significa una mayor preferencia por parte de los evaluadores, en comparación con T1 (GH03) y T3 (JB22). La preferencia del consumidor suele depender de la combinación de los atributos sensorial, tal como señala en un estudio realizado por **Marín & González (2022),** en bebidas en polvo a base de frutas, la aceptabilidad no está determinada por un solo atributo, sino por el equilibrio entre la apariencia, el aroma, el sabor, la acidez y el dulzor.

Con una percepción de color y sensación en boca parecida a la de T2, pero con puntuaciones un poco más bajas en sabor y aceptabilidad, la formulación T3 (JB22) logró valores intermedios. En cuanto a T1 (GH03), este tuvo los puntajes más bajos, en particular en olor y sabor, debido a que la combinación de ingredientes no consiguió un perfil sensorial tan balanceado como en las demás muestras. Tanto T1 como T3 se encuentran dentro de un nivel aceptable que tuvieron un perfil sensorial moderado, pero con valores algo más bajos en los atributos como el sabor y aroma. Sin embargo, las pequeñas diferencias en las formulaciones se deben a las proporciones de los compuestos aromáticos o las propiedades del polvo microencapsulado, que pueden influir en la percepción sensorial.

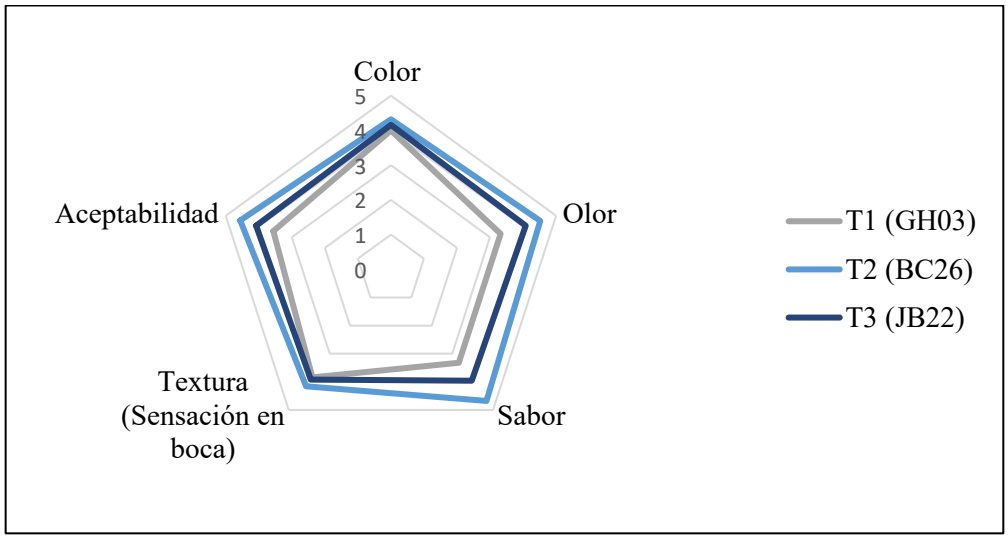


Figura 7. Perfil sensorial de las formulaciones evaluadas

- **Índice de aceptabilidad de las formulaciones**

El índice de aceptabilidad se muestra en la Figura 8 para las tres formulaciones, el tratamiento que tuvo la mayor aceptación fue la formulación T2 (91 %) que supera ampliamente el 70 %, que se considera umbral aceptable para productos alimenticios elaborados a nivel experimental **(Huey et al., 2024).** Este

resultado concuerda con las puntuaciones sensoriales individuales, en las que T2 se destacó en sabor, olor y aceptabilidad, características que influyen directamente la preferencia del producto. La formulación T1 tuvo un 71 %, lo que sobrepasó el límite mínimo de aceptabilidad. Aunque el producto no es rechazado, su perfil sensorial no resulta tan agradable en comparación con las otras formulaciones. Este nivel más bajo puede deberse a sus puntuaciones más bajas en sabor y olor, características que normalmente impactan de manera importante la valoración total de las bebidas reconstituidas.

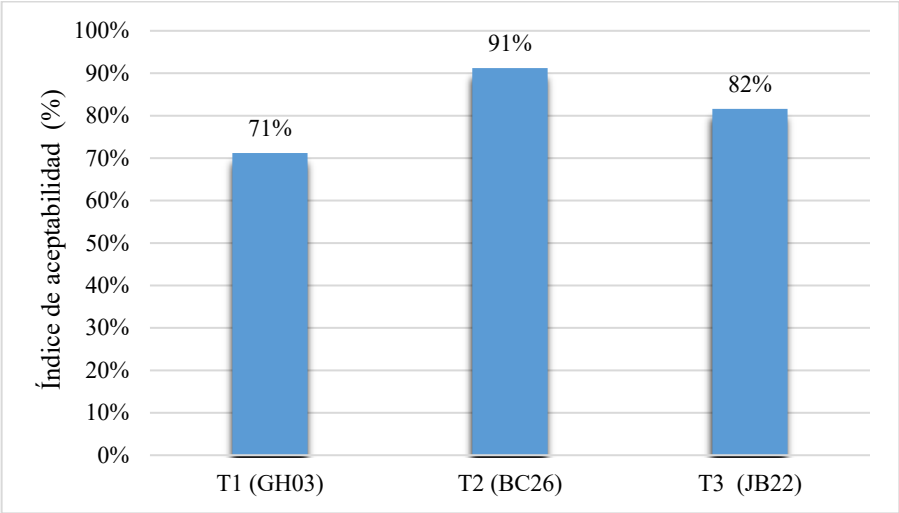


Figura 8. Índice de aceptabilidad de las formulaciones

3.3 Realizar la caracterización físico-química, análisis proximal y microbiológica del mejor tratamiento, en base a la normativa vigente.

3.3.1 Análisis fisicoquímicos del mejor tratamiento

En la Tabla 5 se encuentran los resultados de los análisis fisicoquímicos del mejor tratamiento T2. Con respecto al contenido de humedad se encuentra dentro del rango permitido por la **INEN 2471 (2015),** normativa que es para mezclas en polvo tipo II, que sirven para preparar a bebidas instantáneas, y no deben exceder el 6 % de contenido de humedad. Además, en la industria alimentaria se plantea que los productos en polvo mantengan un contenido de humedad entre el 3 % y 4 %, con el fin de asegurar su estabilidad durante el periodo de almacenamiento **(Wang et al., 2022).**

El contenido de cenizas de la mezcla en polvo fue de 1,27 ± 0,06 %, indicando una concentración moderada de minerales inorgánicos, este valor muestra los minerales naturales de la pulpa de piña como potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Los agentes encapsulantes como goma arábiga y maltodextrina, suelen tener un bajo contenido mineral, pero si se utilizan en grandes cantidades tienden a reducir el porcentaje de cenizas **(Rodríguez et al., 2021).** Asimismo, **Asquieri et al. (2020),** reportaron un porcentaje de cenizas de 4,189 % al realizar un estudio de secado por aspersión de extracto de yacón *(Smallanthus sonchifolius)*. Por lo tanto, el contenido de cenizas en productos secos se encuentra entre 0,5 a 5,1%, lo que concuerda con lo reportado por **Mala et al. (2024),** que los polvos

obtenidos a partir de desechos de piña presentan un rango amplio, que suele estar entre el 1 % y el 5 %, además realizan un polvo de cáscara de piña obtuvieron un valor de 3,98 % de cenizas. Por otra parte, en un estudio realizado por **Santos et al. (2021),** señalan que obtuvieron un contenido de cenizas de 4,83 % y 4,23 % en polvo del corazón y la cáscara de la piña respectivamente.

En cuanto a los sólidos solubles (°Brix) de la bebida preparada con la mezcla microencapsulado, este se encuentra dentro de los límites establecidos por la normativa **NTE INEN 2304 (2017)**, para bebidas no carbonatadas, la cual establece un valor máximo permitido de 15 °Brix. Además, el resultado refleja la concentración de sólidos solubles que provienen tanto de los azúcares naturales de la piña como de los solutos proporcionados por la microencapsulación **(Amanina et al., 2020).**

El pH obtenido se encuentra dentro rango ácido característico de productos formulados con piña (pH 3.5–4.1), que contribuye a la estabilidad del producto y limita el crecimiento microbiano. Así mismo, cumple con la **NTE INEN 2304 (2017)** para bebidas no carbonatadas, que permite valores entre 2.0 y 4.5. De acuerdo con **Lima et al. (2023),** menciona que al tener un pH menor de 4,6 inhibe la proliferación de microorganismos, lo que favorece la vida útil del producto.

La acidez titulable de la bebida elaborada con la mezcla en polvo de piña con aceite de linaza microencapsulados es de (0,236 %), se encuentra dentro de lo estipulado por la norma ecuatoriana **NTE INEN 2304 (2017)** para las bebidas no carbonatadas, que requiere un contenido mínimo de 0,1 g/100 ml de acidez expresada como ácido cítrico, lo que sugiere que conserva una cantidad adecuada de ácidos orgánicos de la piña, manteniendo las características sensoriales **(Sharma et al., 2023).**

Tabla 5. Datos obtenidos de los análisis fisicoquímicos del mejor tratamiento.

	Réplica 1	**Réplica 2**	**Réplica 3**	**(Media ± DE)**
* Humedad (%)	3,98	3,76	3,80	3,85 ± 0,12
* Cenizas (%)	1,33	1,21	1,27	1,27 ± 0,06
** Solidos solubles	13,00	12,9	13,10	13,00 ± 0,2
**pH	3,974	3,989	4,021	4,00 ± 0,02
**Acidez (%)	0,2304	0,2368	0,2432	0,236 ± 0,006

Nota. Los resultados son de las tres mediciones junto con su media y desviación estándar. El símbolo (*) representa a los análisis realizados en la mezcla el polvo, en cambio los (**) es para los análisis determinados en la bebida preparada a partir de la mezcla en polvo.

3.3.2 Análisis proximal

Los resultados obtenidos de proteína total, grasa, fibra dietética total y carbohidratos de la mezcla en polvo del mejor tratamiento T2 se presenta en la Tabla 6.

- **Proteína total**

El contenido de proteína obtenido en la mezcla en polvo de pulpa de piña y aceite de linaza microencapsulados es de 3,65 %, valor que puede ser aceptable para este tipo mezcla, sin embargo, la piña tiene entre 0,4–0,5 % de proteína **(Andrade et al., 2024).** Al comparar estos resultados con otros productos similares, como el estudio de **Akther et al. (2020),** sobre bebidas instantáneas que las formulaciones que incluían mango y otras frutas tenían contenidos proteicos de entre 0,7 y 4,6 %.

Por lo tanto, la proteína proviene de la pulpa de piña utilizada en la formulación, en cambio el aceite de linaza no aporta proteína debido a su naturaleza lipídica, y la maltodextrina al ser un carbohidrato casi puro no añade proteínas. La goma arábiga aportó una pequeña fracción de proteína, debido a su fracción de arabinogalactano-proteína (AGP), que contiene aproximadamente un 10% de proteína **(Han et al., 2025).** Otro estudio de **Selani et al. (2014)**, sobre la pulpa de piña liofilizada tiene un valor de 4,71% ligeramente superior al valor obtenido en este estudio.

Grasa

El contenido de grasa en la mezcla en polvo es de 6,12%, debido a la presencia del aceite de linaza microencapsulado, que actúa como la fuente lipídica principal y tiene un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados. Entre ellos destaca el ácido α-linolénico (ALA, omega-3), que suele representar entre el 50 y 60 % de la grasa total, además de pequeñas cantidades de omega-6 y omega-9 **(Pozo & Durán, 2020).**

Por ello, la mezcla no solo aporta lípidos, sino que incorpora grasas de buena calidad nutricional, En cambio la pulpa de la piña no aporta casi nada de grasa (<0,2 %) y los agentes encapsulantes como la maltodextrina y goma arábiga son polisacáridos que no aportan lípidos. En comparación, algunos polvos como los de cacao para bebidas instantáneas suelen tener entre 10 y 12 % de grasa, por lo que la mezcla presenta un valor moderado **(Trimedona et al., 2022).**

Fibra dietética total

La fibra dietética total determinada por el método gravimétrico-enzimática obtuvo un valor de 3,01 % en la mezcla en polvo, que corresponde a la pulpa de piña porque la parte fibrosa del producto proviene mayormente de esta materia prima. Este ingrediente incluye una combinación de fibra soluble e insoluble que aporta directamente al valor obtenido **(Rather et al., 2023).**

Además, la goma arábiga utilizada en la microencapsulación como material de pared aporta una cantidad adicional de fibra soluble, aunque está presente en menor cantidad, esta goma es conocida por

su naturaleza de polisacárido fermentable o sus propiedades tecnológicas, por lo que también aporta parte del contenido de fibra que aparece en el análisis final del polvo **(Elnour et al., 2023).**

Carbohidratos

EL análisis mostró un 82,10 % de carbohidratos, valor influido principalmente por la pulpa de piña debido a que aporta azúcares como sacarosa, glucosa y fructosa, los cuales se concentran aún más tras el secado **(Sadowska et al., 2021)**. Además, la maltodextrina igual aporta una fracción de carbohidratos dado que es un ingrediente muy digestible y suele utilizarse como matriz en productos deshidratados. Su incorporación en porcentajes del 10 al 50 % puede elevar el nivel de carbohidratos del polvo **(Xiao et al., 2022).** Este valor coincide con lo observado en polvos para bebidas instantáneas a base de mango y naranja, donde también se han registrado contenidos elevados de carbohidratos, entre 80 y 95 % **(Sultana et al., 2024).** Así mismo en estudio realizado por **Godoy et al. (2016)** en una bebida instantánea a base de harina de plátano y guandul obtuvo un valor de carbohidratos de 84,97 %.

Tabla 6. Análisis proximal del mejor tratamiento T2 (BC26)

Análisis	Unidades	Resultado
Proteína total	%	3,65
Grasa	%	6,12
Fibra dietética total	%	3,01
Carbohidratos	%	82,10

Nota. Los valores de proteína, grasa y fibra dietética fueron determinados en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL)

3.3.3 Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos del mejor tratamiento T2 ((BC26) se muestran en la Tabla 7. Los resultados obtenidos para la mezcla en polvo presentan valores inferiores a 10 UPM/g para mohos y levaduras, así como menos de 10 UFC/g para coliformes totales y *E. coli,* resultado que refleja la carga microbiana es baja y evidencia que, durante el procesamiento, el secado y el envasado se mantuvieron condiciones higiénicas apropiadas. Además, estos valores se encuentran dentro de parámetros de la normativa **NTE INEN 2471 (2010),** que establece como limites un máximo de $5{,}0 \times 10^1$ UPM/g para mohos y para levaduras, mientras que para que para coliformes totales requiere resultados inferiores a 3 NMP/g.

El cumplimiento de estos requisitos sugiere que la formulación y el proceso tecnológico aplicado ofrecen condiciones poco favorables para el crecimiento microbiano, coherentes con lo reportado en estudios que destacan que mezclas en polvo presentan mayor estabilidad microbiológica **(Usman et al., 2025).**

Tabla 7. Análisis microbiológico del mejor tratamiento

Análisis	Unidades	Resultados
Mohos	UPM/g	<10
Levaduras	UPL/g	<10
Coliformes totales	UFC/g	<10
E. coli	UFC/g	<10

Nota. UPM/g: unidades formadoras de mohos por gramo, UFC/g: unidades formadoras de colonia por gramo, UPL/g: unidades formadoras de levaduras por gramo.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

4.1 Conclusiones

- Se desarrolló una mezcla en polvo a partir de pulpa de piña y aceite de linaza microencapsulados mediante secado por aspersión de buena calidad y fácil rehidratación.
- Se obtuvo pulpa de piña y de aceite de linaza microencapsulado, utilizando maltodextrina y goma arábiga en proporciones adecuadas para obtener polvos estables.
- Se evaluaron tres formulaciones de bebidas elaboradas a partir de mezclas en polvo de piña y aceite de linaza microencapsulado, determinando que el tratamiento que contiene 80 % de pulpa de piña y 20 % de aceite de linaza obtuvo un índice de aceptabilidad del 91%.
- El mejor tratamiento cumple con la normativa INEN 2471-2015, destinado para mezclas en polvo de bebidas instantáneas, en tanto que, para los análisis fisicoquímicos cumple con la norma NTE INEN 2304-2017, para refrescos o bebidas no carbonatadas. El análisis microbiológico del mejor tratamiento se encuentra dentro de los requisitos microbiológicos de la norma vigente para productos en polvo destinados a bebidas instantáneas, lo que evidencia que el producto final es inocuo.

4.2 Recomendaciones

- Se sugiere un estudio posterior para determinar la vida útil de la mezcla en polvo que permitan identificar los cambios en humedad, color, perfil sensorial y viabilidad microbiológica durante el almacenamiento.
- Se recomienda analizar el contenido de compuestos fenólicos totales y la actividad antioxidante del polvo mediante métodos como DPPH, con el fin de determinar su aporte funcional.
- Efectuar un estudio de mercado y financiero para evaluar la factibilidad comercial del producto

MATERIAL DE REFERENCIA

Aguilar, D. G. (2025). Evaluación de características fisicoquímicas de un bizcocho con diferentes concentraciones de mejorador y masa madre. http://hdl.handle.net/20.500.14074/8875

Akram, S., Bao, Y., Butt, M., Shukat, R., Afzal, A., & Huang, J. (2021). Fabrication and characterization of gum arabic- and maltodextrin-based microcapsules containing polyunsaturated oils.. *Journal of the science of food and agriculture*. https://doi.org/10.1002/jsfa.11309.

Akther, S., Alim, M. A., Badsha, M. R., Matin, A., Ahmad, M., & Hoque, S. M. Z. (2020). Formulation and quality evaluation of instant mango drink powder. *Food Research*, *4*(4), 1287–1296. https://doi.org/10.26656/FR.2017.4(4).077

Alekya, J., Das, S., Quereshi, S. N., Feroz, F., Meharaj, M., & Wani, A. W. (2024). From fruit to feast: Exploring pineapple-based food innovations. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*, *8*(7), 890–898. https://doi.org/10.33545/26174693.2024.v8.i7k.1621

Almutairi, R., Basson, A., Wearsh, P., Cominelli, F. & Rodriguez, A. (2022). Validez del aditivo alimentario maltodextrina como placebo y efectos sobre la fisiología intestinal humana: revisión sistemática de ensayos clínicos controlados con placebo. *European Journal of Nutrition* , 61, 2853-2871. https://doi.org/10.1007/s00394-022-02802-5 .

Amanina, A. K. Z., Rosnah, S., Noranizan, M. A., & Alifdalino, S. (2020). Comparison of UV-C and thermal pasteurisation for the quality preservation of pineapple-mango juice blend. *Food Research*, *3*(4), 362–372. https://doi.org/10.26656/fr.2017.3(4).151

Amarakoon, S., & Navaratne, S. (2017). Effect of silica gel desiccant on the sensory quality of rice crackers. In *International Journal of Food Science and Nutrition 45 International Journal of Food Science and Nutrition*. www.foodsciencejournal.com

Andrade, L., Cartay, R., & Ponce, M. (2024). *Potencialidades agroalimentarias de productos tradicionales de regiones deprimidas de la costa del Pacífico de Ecuador* (Primera). www.uleam.edu.ec

Antares, A., Wrasiati, L. & Wartini, N. (2024). Estudios recientes sobre el uso de maltodextrinas en Indonesia. *Revista Internacional de Microbiología Actual y Ciencias Aplicadas*. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2024.1308.007 .

AOAC (2023). AOAC Official Method 2001.11 Protein (Crude) in Animal Feed, Forage (Plant Tissue), Grain, and Oilseeds: Block, *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL*, 22nd Edition (New York, 2023; online edn, AOAC https://doi.org/10.1093/9780197610145.003.1403

AOAC (2023). AOAC Official Method 2003.06 Crude Fat in Feeds, *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL*, 22nd Edition (New York, 2023; online edn, AOAC https://doi.org/10.1093/9780197610145.003.1415,

AOAC. (2023). AOAC Official Method 985.29 Total Dietary Fiber in Foods: Enzymatic– Gravimetric Method. En Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL (22.a ed.). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/9780197610145.003.3808

Aragüez-Forte, Y., & Pino, J. (2020). *MICROENCAPSULACIÓN DE UN SABORIZANTE DE NARANJA-PIÑA*.

Asquieri, E. R., Nishi, A. C. F., Batista, R. D., & Asquieri, E. M. de A. R. (2020). Secagem do extrato de yacon (Smallanthus sonchifolius) por Spray Dryer: Efeitodos diferentes agentes carreadores e avaliação dos teores defrutooligossacarídeos e compostos fenólicos. Research, Society and Development, 9(7), Article 7. https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4521

Baldelli, A., Pico, J., Woo, M. W., Castellarin, S., & Pratap-Singh, A. (2024). Spray dried powder of common fruit juices: Enhancement of main properties. *Powder Technology*, *441*, 119560. https://doi.org/10.1016/J.POWTEC.2024.119560

Banerjee, S., Ranganathan, V., Patti, A. & Arora, A. (2018). Valorización de residuos de piña para aplicaciones alimentarias y terapéuticas. *Tendencias en Ciencia y Tecnología de los Alimentos*. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.024 .

Baquerizo, J., González, J., Zalamea, J., & Santana, J. (2025). *Caracterización química y microbiológica de un alimento líquido modificado con mezclas de biopolímeros naturales*. *107*(6), 354–367. https://doi.org/10.23857/pc.v10i6.9649

Basurto, E., Ochoa, L., González, S., & Gallegos, J. (2023). Características fisicoquímicas y evaluación sensorial de bebidas mixtas camote-manzana y camote-piña. *TECNOCIENCIA Chihuahua*.

Benucci, I., Lombardelli, C. & Esti, M. (2024). Revisión exhaustiva sobre edulcorantes naturales: impacto en las propiedades sensoriales, la estructura de los alimentos y nuevas fronteras para su aplicación. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* , *65* (24), 4615–4633. https://doi.org/10.1080/10408398.2024.2393204

Bochnak, J., & Swieca, M. (2020). Quality of new functional powdered beverages enriched with lyophilized fruits-potentially bioaccessible antioxidant properties, nutritional value, and consumer analysis. *Applied Sciences (Switzerland)*, *10*(11). https://doi.org/10.3390/app10113668

Brito, T. B. N., Koifman, A. B., Antonio, E. M., Carvalho, M. G. O., Cardoso, F. S. N., Bicas, J. L., Fai, A. E. C., & Ferreira, M. S. L. (2025). Turning Pineapple Crown Waste Into Value: Formulation

and Analysis of an Instant Powder Beverage. *Food Science and Nutrition*, *13*(11). https://doi.org/10.1002/fsn3.71220

Campos, J., Severino, P., Ferreira, C., Zielińska, A., Santini, A., Souto, S. & Souto, E. (2019). Aceite esencial de linaza: fuente de lípidos como ingredientes activos para productos farmacéuticos y nutracéuticos. *Química medicinal actual*. https://doi.org/10.2174/0929867325666181031105603 .

Cardona, D., Paola, L., Arias, P., María, A., & Zapata, O. (2021). Transformation and agro-industry Technological aspects of the microencapsulation bioactive food compounds by spray-drying. *Cienc. Tecnol. Agropecuaria*, *22*(1), 1899. https://doi.org/10.21930/rcta.vol22num1art:1899

Cargua, M. J., López, S. E., & Erazo, F. P. (2025). Evaluación de las propiedades fisicas y quimícas de formulaciones de yogur griego hipocalórico con mermelada de kiwi (*Actinidia deliciosa*). *Revista Recursos Naturales Producción y Sostenibilidad*, *4*(1), 75–95. https://doi.org/10.61236/renpys.v4i1.1024

Castañeta, H., Gemio, R., Yapu, W., & Nogales, J. (2011). Microencapsulación, un método para la conservación de propiedades fisicoquímicas y biológicas de sustancias químicas. *Revista Boliviana de Química*.

Chaturvedi, S., & Chakraborty, S. (2023). Effect of temperature and packaging materials on the shelf-life stability and in vitro properties of microencapsulated and spray-dried synbiotic legume-based instant beverage powder. *Sustainable Food Technology*, *2*(1), 162–174. https://doi.org/10.1039/d3fb00094j

Cheng, Y., Bartholomew, D., & Qin, Y. (2018). Biología de la planta de piña., 27-40. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00614-3_2 .

Copado, C., Ixtaina, V. & Tomás, M. (2023). Enriquecimiento de un batido de frutas con ácidos grasos omega-3 de aceite de semilla de chía microencapsulado. *Revista de la ciencia de la alimentación y la agricultura*. https://doi.org/10.1002/jsfa.13220 .

Coral, G. M. (2019). *Hojuelas glaseadas a partir de harina de Xanthosoma Sagittifolium (Papa huitina) libre de gluten*. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/20.500.12737/9563/1/Georgette_Tesis_Titulo_2019.pd

Correa, L. G., Kato, T., Giuliangeli, V. C., Torquato, A. S., & Shirai, M. A. (2024). Fruit juice fortification with omega-3 by adding chia and linseed oil microcapsules. *Food Chemistry Advances*, *4*. https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100649

Correa, L., Kato, T., Giuliangeli, V., Torquato, A., & Shirai, M. (2024). Fruit juice fortification with omega-3 by adding chia and linseed oil microcapsules. *Food Chemistry Advances*. https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100649.

Dewi, A. (2025). El efecto del consumo de piña (Ananas comosus L. merr) en el riesgo de caries dental: una revisión sistemática. *Revista Mundial de Investigación y Revisiones Avanzadas*. https://doi.org/10.30574/wjarr.2025.25.1.0265 .

Doykina, P., Mihaylova, D., Popova, A. & Dimitrova, M. (2024). Características tecnológicas y valor nutricional de mezclas funcionales en polvo. *BIO of Conferences*. https://doi.org/10.1051/bioconf/202410201012 .

Duarte, S., Shah, M. & Silva, A. (2025). Linaza en la dieta: una mirada integral a sus ventajas y desventajas. *Molecules* , 30. https://doi.org/10.3390/molecules30061335 .

Elnour, A., Abdurahman, N., Musa, K., & Rasheed, Z. (2023). *Prebiotic potential of gum Arabic for gut health*.

Fang, X., Ge, X. Y., Qin, Z., He, K., Wang, R. Y., Cai, X. S., Liu, H. M., & Wang, X. De. (2024). Nanoencapsulation of flaxseed oil: Fabrication, characterization, and storage stability. *LWT*, *214*. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.117113

Fernandes, B., Oliveira, C., Marques, A. C., dos Santos, R. G., & Serrano, C. (2024). Microencapsulation of Essential Oils and Oleoresins: Applications in Food Products. In *Foods* (Vol. 13, Issue 23). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/foods13233873

Figueroa, P. M., Ceballos, M. A., & Hurtado, A. M. (2016). Microencapsulación mediante secado por aspersión de aceite de mora (*Rubus glaucus*) extraído con CO2 supercrítico. *Revista Colombiana de Química*, *45*(2), 39–47. https://doi.org/10.15446/REV.COLOMB.QUIM.V45N2.57481

Flamminii, F., D'Alessio, G., Chiarini, M., Di Michele, A., De Bruno, A., Mastrocola, D., & Di Mattia, C. D. (2025). Valorization of Onion By-Products Bioactive Compounds by Spray Drying Encapsulation Technique. *Foods*, *14*(3), 425. https://doi.org/10.3390/foods14030425

Fournaise, T., Petit, J. & Gaiani, C. (2021). Principales características fisicoquímicas de los polvos que influyen en su comportamiento de reconstitución. *Powder Technology* , 383, 65-73. https://doi.org/10.1016/j.powtec.2021.01.056

Furuta, T., & Neoh, T. L. (2021). Microencapsulation of food bioactive components by spray drying: A review. *Drying Technology*, *39*(12), 1800–1831. https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1862181

George, S., Thomas, A., Kumar, M., Kamdod, A., Rajput, A., T., J. & Abdullah, S. (2022). Impacto de los parámetros de procesamiento en los atributos de calidad de los polvos secados por aspersión: una revisión. *European Food Research and Technology* , 249, 241-257. https://doi.org/10.1007/s00217-022-04170-0 .

Godoy, S., Lemos, C., & López, A. (2016). Disponibilidad proteica de una bebida instantánea a partir de harina de plátano (Musa paradisiaca L.) y guandúl (Cajanus cajan (L.) Millsp). *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, *3*, 76. https://doi.org/10.23850/24220582.344

Gomes, J., Buttow, T., Rodrigues, L., Almeida, A., Andrade, N., Perrone, Í., Stephani, R., & Stringheta, P. (2023). Anthocyanin Stability in a Mix of Phenolic Extracts Microencapsulated by Maltodextrine, Whey Protein and Gum Arabic. *Journal of Food and Nutrition Research*, *11*(1), 1–12. https://doi.org/10.12691/jfnr-11-1-1

Gómez, C., Avendaño, J., Escobar, D., Campos, V., Rogel, C., Estevinho, L., Martorell, M., Sharifi-Rad, J., & Calina, D. (2024). Revolutionizing fruit juice: exploring encapsulation techniques for bioactive compounds and their impact on nutrition, flavour and shelf life. In *Food Production, Processing and Nutrition* (Vol. 6, Issue 1). BioMed Central Ltd. https://doi.org/10.1186/s43014-023-00190-9

Gutiérrez, A. (2012). *Establecimiento de las condiciones de elaboración de un jugo fermentable obtenido a partir del residuo del procesamiento de jugo de piña (Ananas comosus) por medio de un tratamiento enzimático combinado de pectinasas y celulasas.* https://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/be125c5b-7d4d-4bb3-91bc-e9b75b767a0f/content

Hamayda, A., Abu, B., Ayash, M., & Tannous, J. (2023). Advances in microencapsulation techniques using Arabic gum: A comprehensive review. *Industrial Crops and Products*, *205*, 117556. https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2023.117556

Hamzah, A., Hamzah, M., Man, C., Jamali, N., Siajam, S. & Ismail, M. (2021). Actualizaciones recientes sobre la conversión de residuos de piña (Ananas comosus) en productos de valor añadido: perspectivas y desafíos futuros. *Agronomía*. https://doi.org/10.3390/agronomy11112221 .

Han, L., Zhang, C., Dong, N., Yang, J., Zheng, Q., Zhang, X., Liu, R., Cao, J., & Hu, B. (2025). Molecular Fractionation Induced by Viscosity-Driven Segregative Phase Separation Behavior of Gum Arabic/Hydroxypropyl Methylcellulose. *Foods 2025, Vol. 14, Page 2642*, *14*(15), 2642. https://doi.org/10.3390/FOODS14152642

Henao, A., Quintanilla, M., & Moreno, F. (2024). Emulsification and stabilisation technologies used for the inclusion of lipophilic functional ingredients in food systems. In *Heliyon* (Vol. 10, Issue 11). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32150

Hernández, G., Ortega, E., & Ortega, I. (2021). *Composición nutricional y compuestos fitoquímicos de la piña (Ananas comosus) y su potencial emergente para el desarrollo de alimentos funcionales*. https://doi.org/10.29057/icap.v7i14.7232

Hossain M, F. (2016). Producción mundial de piña: una visión general. *Revista Africana de Alimentación, Agricultura, Nutrición y Desarrollo*, 16, 11443-11456. https://doi.org/10.18697/ajfand.76.15620 .

Huey, S. L., Bhargava, A., Friesen, V. M., Konieczynski, E. M., Krisher, J. T., Mbuya, M. N. N., Mehta, N. H., Monterrosa, E., Nyangaresi, A. M., & Mehta, S. (2024). Sensory acceptability of biofortified foods and food products: a systematic review. In *Nutrition Reviews* (Vol. 82, Issue 7, pp. 892–912). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/nutrit/nuad100

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2013). *NTE INEN ISO 2173:2013. Frutas y productos derivados. Determinación del contenido de sólidos solubles – Método refractométrico* (1.ª ed.). Servicio Ecuatoriano de Normalización.

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2013). *NTE INEN-ISO 1842:2013. Productos de frutas y hortalizas – Determinación del pH.* (1ra ed.). Servicio Ecuatoriano de Normalización.

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2013). *NTE INEN-ISO 750:2013 Productos vegetales y de frutas – Determinación de la acidez titulable (IDT)*. (1.ª ed.). Servicio Ecuatoriano de Normalización.

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2017). *NTE INEN 2304:2017. Bebidas no alcohólicas no carbonatadas. Requisitos* (1.ª ed.). Servicio Ecuatoriano de Normalización.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (INEN). (2015). *NTE INEN 2471:2015. Mezclas en polvo para preparar refrescos. Requisitos. (1ra ed.). Servicio Ecuatoriano de Normalización.*

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (INEN). (2010). *NTE INEN 2471:2010. Mezclas en polvo para preparar refrescos. Requisitos. (1ra ed.). Servicio Ecuatoriano de Normalización.*

Jiang, H., Zhang, N., Xie, L., Li, G., Chen, L., & Liao, Z. (2025). A Comprehensive Review of the Rehydration of Instant Powders: Mechanisms, Influencing Factors, and Improvement Strategies. In *Foods* (Vol. 14, Issue 16). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/foods14162883

Kauser, S., Hussain, A., Ashraf, S., Fatima, G., A., Javaria, S., Abideen, Z., Kabir, K., Yaqub, S., Akram, S., Shehzad, A. & Korma, S. (2024). Linaza (*Linum usitatissimum*); fitoquímica, características farmacológicas y aplicaciones en alimentos funcionales. *Avances en Química Alimentaria*. https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100573 .

Kumalawati, D., Nurkolis, F., Wewengkang, D., Permatasari, H., Rotinsulu, H., Taslim, N., Joseph, V. & Samtiya, M. (2022). Atributos de la piña (Ananas comosus) contra las enfermedades no transmisibles: una revisión concisa. *Investigación en Alimentos*. https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(6).887 .

Kumar, A., Singh, U., Jaiswal, S. G., Dave, J., Wei, S., & Gebremedhin, G. (2024). Recent trends in the encapsulation of functional lipids: comprehensive review. In *Sustainable Food Technology* (Vol. 2, Issue 6, pp. 1610–1630). Royal Society of Chemistry. https://doi.org/10.1039/d4fb00205a

Langyan, S., Yadava, P., Khan, F., Sharma, S., Singh, R., Bana, R., Singh, N., Kaur, V., Kalia, S. & Kumar, A. (2023). Tendencias y avances en el procesamiento precosecha y poscosecha de aceite de linaza para productos alimenticios y saludables de calidad. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* , 65, 746-769. https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2280768 .

Laureanti, E. J. G., Paiva, T. S., de Matos Jorge, L. M., & Jorge, R. M. M. (2023). Microencapsulation of bioactive compound extracts using maltodextrin and gum arabic by spray and freeze-drying techniques. *International Journal of Biological Macromolecules*, *253*, 126969. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.126969

Lima, V., Pinto, C. A., & Saraiva, J. A. (2023). The dependence of microbial inactivation by emergent nonthermal processing technologies on pH and water activity. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *89*, 103460. https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2023.103460

Lingua, M., Salomón, V., Baroni, M., Blajman, J., Maldonado, L., & Páez, R. (2021). *Effect of Spray Drying on the Microencapsulation of Blueberry Natural Antioxidants*. 26. https://doi.org/10.3390/foods_2020-07683

Lobato, I., Luzón, G., Ríos, F., & Fernández-Serrano, M. (2023). Synthesis and Characterization of Environmentally Friendly Chitosan–Arabic Gum Nanoparticles for Encapsulation of Oregano Essential Oil in Pickering Emulsion. *Nanomaterials*, 13. https://doi.org/10.3390/nano13192651.

López, D., Villarón, C., Alarcón, J., Miranda, M., Díaz, M., Romero, F., & Villar, V. (2020). Curcumin as a Therapeutic Option in Retinal Diseases. In *Antioxidants* (Vol. 9, Issue 1). MDPI. https://doi.org/10.3390/antiox9010048

Madhava, M., Pasanna, L., Rao, S., & Sree, Y. (2020). Process technology for production of spray and freeze dried pineapple powder. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *9*(2), 766–771. www.phytojournal.com

Mala, T., Piayura, S., & Itthivadhanapong, P. (2024). Characterization of dried pineapple (Ananas comosus L.) peel powder and its application as a novel functional food ingredient in cracker product. *Future Foods*, *9*. https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100322

Maneeboon, T., Sangchote, S., Hongprayoon, R., Chuaysrinule, C., & Mahakarnchanakul, W. (2023). Modeling the Thermal Inactivation of Ascospores from Heat-Resistant Molds in Pineapple Juice and Evaluating Disinfection Efficiency of Sodium Hypochlorite and Chlorine Dioxide. *Beverages*, *9*(4). https://doi.org/10.3390/beverages9040096

Mangope, K., Kaseke, T., & Fawole, O. A. (2025). Spray-drying microencapsulation of fixed oils: An innovative and sustainable technology to enhance oxidative stability, functionality and application in food systems. *Applied Food Research*, *5*(2), 101200. https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.101200

Marín, M. R., & González, S. M. (2022). Sensory Characterization and Acceptability of a New Lulo (Solanum quitoense Lam.) Powder-Based Soluble Beverage Using Rapid Evaluation Techniques with Consumers. *Foods*, *11*(19). https://doi.org/10.3390/foods11193129

Mazár, J., Albert, K., Kovács, Z., Koris, A., Nath, A., & Bánvölgyi, S. (2025). Advances in Spray-Drying and Freeze-Drying Technologies for the Microencapsulation of Instant Tea and Herbal Powders: The Role of Wall Materials. *Foods*, 14. https://doi.org/10.3390/foods14030486.

Mazár, J., Albert, K., Kovács, Z., Koris, A., Nath, A., & Bánvölgyi, S. (2025). Advances in Spray-Drying and Freeze-Drying Technologies for the Microencapsulation of Instant Tea and Herbal Powders: The Role of Wall Materials. *Foods*, 14. https://doi.org/10.3390/foods14030486.

Mehraj, M., Das, S., Feroz, F., Wani, A., Dar, S., Kumar, S., Wani, A. & Farid, A. (2024). Composición nutricional y potencial terapéutico de la cáscara de piña: una revisión exhaustiva. *Química y Biodiversidad*, 21. https://doi.org/10.1002/cbdv.202400315 .

Miller, C., Ettridge, K., Wakefield, M., Pettigrew, S., Coveney, J., Roder, D., Durkin, S., Wittert, G., Martin, J., & Dono, J. (2020). Consumption of sugar-sweetened beverages, juice, artificially-sweetened soda and bottled water: An Australian population study. *Nutrients*, *12*(3). https://doi.org/10.3390/nu12030817

Miranda, P., Fernández, D., Coello-Fiallos, D., López, O. D., & Iraizoz, A. (2023). Microencapsulation of lycopene extracted from the agroindustrial waste of the tree tomato (Solanum Betaceum). *Revis Bionatura*, *8*(2). https://doi.org/10.21931/RB/2023.08.02.3

Mohsin, A., Jabeen, A., Majid, D., Allai, F., Dar, A., Gulzar, B. & Makroo, H. (2020). Piña. *Antioxidantes en las Frutas: Propiedades y Beneficios para la Salud*. https://doi.org/10.1007/978-981-15-7285-2_19 .

Muñoz, A., Azcárate, S., Lebrón-Aguilar, R., Quintanilla-López, J., Galindo-Iranzo, P., Kolida, S., Methven, L., Rastall, R., Moreno, F., & Hernández-Hernández, O. (2021). La síntesis de alto rendimiento de mogrósidos transglicosilados mejora el perfil de sabor de los edulcorantes de extracto de fruta de monje. *Revista de química agrícola y alimentaria*. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c07267 .

Nie, Y., Wang, Y., Hui, J., Shao, D., Chen, R., Deng, Q., Chen, & Wang, X. Zhu, D. (2025). El impacto de la suplementación con aceite de linaza (*Linum usitatissimum*) en la salud humana: un enfoque basado en la evidencia y centrado en el ser humano. *Nutrients* , 17. https://doi.org/10.3390/nu17111791 .

Pacheco, C., García, E., Moraga, G., Piña, J., Nazareno, M., & Martínez-Navarrete, N. (2020). Desarrollo de alimentos funcionales deshidratados: Estabilización de polvo de pulpa de naranja mediante la adición de biopolímeros. *Powder Technology*. 362, 11-16. https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.11.116 .

Parhizkary, M., Hasanpour, R., Assadpour, E., & Jafari, S. M. (2025). Spray-drying encapsulation of jujube extract: Enhancing bioactivity and stability via maltodextrin-based carriers with polysaccharides and proteins. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, *10*, 100869. https://doi.org/10.1016/J.CARPTA.2025.100869

Pastuña, A. (2016). *Microencapsulación de aceite de sacha inchi (Plukenetia volubilis L.) mediante secado por aspersión.* http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/21313

Paull, R. E., Uruu, G., & Chen, N. J. (2020). Rapid field assay for pineapple fruit acidity. *HortTechnology*, *30*(5), 593–596. https://doi.org/10.21273/HORTTECH04664-20

Pellicer, J., Fortea, M., Trabal, J., Rodríguez, M., Carazo, C., Gabaldón, J., & Núñez, E. (2018). Optimization of the microencapsulation of synthetic strawberry flavour with different blends of encapsulating agents using spray drying. *Powder Technology*, *338*, 591–598. https://doi.org/10.1016/J.POWTEC.2018.07.080

Perrazo, A. (2018). *Estudio de secado por aspersión para la obtención de pulpa de uvilla (Physalis peruviana L) en polvo.* http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/27560

Phing, L., & Saleena, L. (2022). Effects of spray-drying parameters on physicochemical properties of powdered fruits. *Foods and Raw Materials*, *10*(2), 235–251. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2022-2-533

Pino, J. A., Sosa-Moguel, O., Sauri-Duch, E., & Cuevas-Glory, L. (2019). Microencapsulation of winter squash (*Cucurbita moschata*) seed oil by spray drying. *Journal of Food Processing and Preservation*. https://doi.org/10.1111/jfpp.14136

Pismag, R., Polo, M., Hoyos, J., Bravo, J. & Roa, D. (2023). Efecto de la cocción por extrusión en las propiedades químicas y nutricionales de las harinas instantáneas: una revisión. *F1000Research*, 12. https://doi.org/10.12688/f1000research.140748.2 .

Pozo, P., & Durán, J. (2020). *Comparación de ácidos grasos omega 3, 6 y 9 en la semilla de lino (Linum usitatissimum L.) ecuatoriana y canadiense por cromatografía de gases*. https://infoanalitica-puce.edu.ec/index.php/infoanalitica/article/view/22/80

Prado, G., Sousa, P., Silva, L., Wurlitzer, N., Garruti, D., & Figueiredo, R. (2022). Encapsulated omega-3 addition to a cashew apple/araça-boi juice-effect on sensorial acceptability and rheological properties. *Food Science and Technology (Brazil)*, *42*. https://doi.org/10.1590/fst.64321

Pujapanda, R., Bashir, O., Shams, R., Dash, K. K., Goksen, G., Shaikh, A. M., & Béla, K. (2025). Influence of carrier agents on nutritional, chemical, and antioxidant profiles of fruit juices during drying processes: a comprehensive review. In *Discover Food* (Vol. 5, Issue 1). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/s44187-025-00504-5

Quijano, C., Pino, J., & Echeverri, D. (2020). Volatile compounds from three pineapple varieties grown in Colombia. *Rev. CENIC Cienc. Quím*, *51*(2), 51. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181676102009

Rafiquzzaman, M., Hossain, M., Dwip, R., Jahan, M. & Hasan, S. (2025). Polvos de jugo instantáneo liofilizados de guayaba, amla y jamun: Evaluación de propiedades fisicoquímicas, compuestos bioactivos y aceptación del consumidor. *Food Science & Nutrition* , 13. https://doi.org/10.1002/fsn3.70374 .

Rasia, M. C., Castagnini, J. M., Pereyra, F., Capodoglio, D., Gerard, J., San Miguel, S., & Pagani, C. (2019). Estudio de emulsiones Pickering para la microencapsulación de aceites esenciales cítricos y su estabilización por liofilización. *Eva Perón*, *24*, 94.

Rastegarpour, M., Hakimi, H., Chamaani, N., Marand, M. J., Zendeboodi, F., Sohrabvandi, S., & Khanniri, E. (2025). Application of various hydrocolloids in fruit-based beverages to improve their properties: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, *318*, 145251. https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2025.145251

Rather, J. A., Akhter, N., Ayaz, Q., Mir, S. A., Singh, A., Goksen, G., Majid, D., Makroo, H. A., & Dar, B. N. (2023). Fruit Peel Valorization, Phytochemical Profile, Biological Activity, and Applications

in Food and Packaging Industries: Comprehensive Review. *Current Food Science and Technology Reports*, *1*(2), 63–79. https://doi.org/10.1007/s43555-023-00007-3

Rios, S., & Gil, M. (2021). Microencapsulación por secado por aspersión de compuestos bioactivos en diversas matrices: una revisión. *Tecnológicas*, *24*(51). https://doi.org/10.22430/22565337.1836

Rodríguez, L. M., Aragüez, Y. A., & Pinoa, J. A. (2021). *Microencapsulación de aceites vegetales mediante secado por aspersión*. Journal of Chemical Engineering Theoretical and Applied Chemistry

Sadowska, A., Świderski, F., Kulik, K., & Waszkiewicz-Robak, B. (2021). Designing Functional Fruit-Based Recovery Drinks in Powder Form That Contain Electrolytes, Peptides, Carbohydrates and Prebiotic Fiber Taking into Account Each Component's Osmolality. *Molecules 2021, Vol. 26, Page 5607*, *26*(18), 5607. https://doi.org/10.3390/MOLECULES26185607

Santillán, C., & Fabián, D. (2018). Manejo agronómico del cultivo de piña (Ananas comosus), variedad MD2 en el Ecuador.

Santos, D. I., Martins, C. F., Amaral, R. A., Brito, L., Saraiva, J. A., Vicente, A. A., & Moldão-Martins, M. (2021). Pineapple (Ananas comosus l.) by-products valorization: Novel bio ingredients for functional foods. *Molecules*, *26*(11). https://doi.org/10.3390/molecules26113216

Sarkar, A., & Bulo, J. (2020). Standardization of Blending of Guava Pulp with Pineapple Juice for Preparation of Ready-To-Serve (RTS). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *6*(11), 395–401. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.611.045

Selani, M. M., Brazaca, S. G. C., Dos Santos Dias, C. T., Ratnayake, W. S., Flores, R. A., & Bianchini, A. (2014). Characterisation and potential application of pineapple pomace in an extruded product for fibre enhancement. *Food Chemistry*, *163*, 23–30. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2014.04.076

Sharifi, J., Rayess, Y., Rizk, A. A., Sadaka, C., Zgheib, R., Zam, W., Sestito, S., Rapposelli, S., Neffe-Skocińska, K., Zielińska, D., Salehi, B., Setzer, W. N., Dosoky, N. S., Taheri, Y., El Beyrouthy, M., Martorell, M., Ostrander, E. A., Suleria, H. A. R., Cho, W. C. & Martins, N. (2020). Turmeric and Its Major Compound Curcumin on Health: Bioactive Effects and Safety Profiles for Food, Pharmaceutical, Biotechnological and Medicinal Applications. In *Frontiers in Pharmacology* (Vol. 11). Frontiers Media S.A. https://doi.org/10.3389/fphar.2020.01021

Sharma, R., Nath, P. C., & Seth, D. (2023). Optimization of spray-drying conditions using response surface methodology, physico-chemical characterization and shelf-life estimation of pineapple powder. *Sustainable Food Technology*, *1*(5), 750–761. https://doi.org/10.1039/d3fb00008g

Silva, F., Torres, L., Silva, L., Figueiredo, R., Garruti, D., Araújo, T., Duarte, A., Brito, D., & Ricardo, N. (2018). Cashew gum and maltrodextrin particles for green tea (Camellia sinensis var Assamica) extract encapsulation. *Food Chemistry*, *261*, 169–175. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2018.04.028

Silva, I., Costa, S., Madrona, G., & Bergamasco, R. (2025). Microencapsulation by Spray Drying of Bioactive Compounds: A Comparison Between Pulp or Acidified Extract of Jussara Fruit (Euterpe edulis Martius). *Plants*, *14*(9). https://doi.org/10.3390/plants14091295

Singh, T., Pandey, V., Dash, K., Zanwar, S. & Singh, R. (2023). Biocolorantes y pigmentos naturales: Fuentes y aplicaciones en el procesamiento de alimentos. *Revista de Investigación Agrícola y Alimentaria*. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100628 .

Solís, M. (2018). *Extracción y microencapsulación de aceite de linaza (linum usitatissimum) para la adición en una matriz alimenticia*. http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/28251

Sousa, V. I., Parente, J. F., Marques, J. F., Forte, M. A., & Tavares, C. J. (2022). Microencapsulation of Essential Oils: A Review. In *Polymers* (Vol. 14, Issue 9). MDPI. https://doi.org/10.3390/polym14091730

Sultana, A., Saha, U., Al Shahab, S., & Mazharul Islam, M. (2024). *A Comprehensive Nutritional and Compositional Investigation of Instant Mango and Orange Soft Drink Powders in Dhaka City, Bangladesh*. https://doi.org/10.51584/IJRIAS

Thiex, N., Manson, H., Anderson, S., Persson, J., & Collaborators: Anderson S Bogren E Bolek G Budde D Ellis C Eriksson S Field G Frankenius E Henderson C Henry C Kapphahn M Lundberg L Manson H Moller J Russell M Sefert-Schwind J Spann M. (2002). Determination of Crude Protein in Animal Feed, Forage, Grain, and Oilseeds by Using Block Digestion with a Copper Catalyst and Steam Distillation into Boric Acid. In *Article in Journal of AOAC International*. https://www.researchgate.net/publication/11380322

Trimedona, N., Rahzarni, Muchrida, Y., Zebua, E. A., & Utama, R. S. (2022). Physicochemical properties of instant beverage powders from red dragon fruit peel extracts with maltodextrin and cocoa powder as fillers. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1097*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/1097/1/012037

Ueda, J., Morales, P., Fernández, V., Ferreira, A., Barros, L., Carocho, M., & Heleno, S. (2023). Powdered Foods: Structure, Processing, and Challenges: A Review. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 22). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/app132212496

Ueda, J., Morales, P., Fernández-Ruíz, V., Ferreira, A., Barros, L., Carocho, M., & Heleno, S. (2023). Alimentos en polvo: estructura, procesamiento y desafíos: una revisión. *Ciencias Aplicadas*. https://doi.org/10.3390/app132212496 .

Usman, I., Imran, A., Umair Arshad, M. & Saeed, F. (2025). Formulación y evaluación de las propiedades antioxidantes, fisicoquímicas, microbianas y sensoriales de bebidas instantáneas funcionales en polvo desarrolladas a partir de subproductos de calabaza (Cucurbita maxima). *Global NEST Journal* , *27* (7), 1-11. https://doi.org/10.30955/gnj.07564

Vargas, V., Saldarriaga, S., Sánchez, F. S., Cuellar, L. N., & Paladines, G. M. (2024). Effects of the spray-drying process using maltodextrin on bioactive compounds and antioxidant activity of the pulp of the tropical fruit açai (Euterpe oleracea Mart.). *Heliyon*, *10*(13). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33544

Vega, E., Mulero, M., Fernández, V., Barros, L., & Morales, P. (2023). Fuentes naturales de colorantes alimentarios como posibles sustitutos de los aditivos artificiales. *Alimentos*, 12. https://doi.org/10.3390/foods12224102 .

Wang, Y., Ghosh, S., & Nickerson, M. T. (2022). Microencapsulation of Flaxseed Oil by Lentil Protein Isolate-κ-Carrageenan and Carrageenan Based Wall Materials through Spray and Freeze Drying. *Molecules*, *27*(10). https://doi.org/10.3390/molecules27103195

Xiao, Z., Xia, J., Zhao, Q., Niu, Y. & Zhao, D. (2022). Maltodextrina como material de pared para microcápsulas: una revisión. *Polímeros de carbohidratos*, 298, 120113. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.120113 .

Xiao, Z., Xia, J., Zhao, Q., Niu, Y., & Zhao, D. (2022). Maltodextrin as wall material for microcapsules: A review. *Carbohydrate Polymers*, *298*, 120113. https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2022.120113

Yaman, D. M., Koçak Yanık, D., Elik Demir, A., Uzun Karka, H., Güçlü, G., Selli, S., Kelebek, H., & Fahrettin, G. (2023). Effect of Encapsulation Techniques on Aroma Retention of Pistacia terebinthus L. Fruit Oil: Spray Drying, Spray Freeze Drying, and Freeze Drying. *Foods*, *12*(17). https://doi.org/10.3390/foods12173244

Yang, J., Wen, C., Duan, Y., Deng, Q., Peng, D., Zhang, H. & H. (2021). Composición, extracción, análisis, bioactividades, biodisponibilidad y aplicaciones del aceite de linaza (*Linum usitatissimum)* en el sistema alimentario: Una revisión. *Tendencias en Ciencia y Tecnología de los Alimentos*. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.09.025 .

Yeung, A. (2023). Análisis bibliométrico de la literatura sobre el extracto de fruto del monje y los mogrósidos como edulcorantes. *Frontiers in Nutrition*. 10. https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1253255 .

Younes, M., Aquilina, G., Engel, K., Fowler, P., Fernández, M., Fürst, P., Gürtler, R., Gundert-Remy, U., Husøy, T., Mennes, W., Moldéus, P., Oskarsson, A., Shah, R., Waalkens-Berendsen, I., Wölfle, D., Degen, G., Herman, L., Gott, D., Leblanc, J., Giarola, A., Rincón, A., Tard, A. & Castle, L. (2019). Seguridad del uso del extracto de fruta de monje como aditivo alimentario en diferentes categorías de alimentos. *Revista EFSA*, 17. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5921 .

Yulia, N., Rubiyanti, R., & Yuliana, A. (2024). Formulation and Characterization of Instant Probiotic Powder from Orange Sweet Potato (*Ipomoea batatas L*) Using Lactobacillus bulgaricus and Streptococcus thermophilus Bacterial Cultures. *Acta Scientific Microbiology*, 34–50. https://doi.org/10.31080/asmi.2024.07.1329

Zhang, H., Xu, Z., Qiao, Z., Wang, X., Tang, H., Yang, C., & Huang, F. (2022). Encapsulation of Functional Plant Oil by Spray Drying: Physicochemical Characterization and Enhanced Anti-Colitis Activity. *Foods*, *11*(19). https://doi.org/10.3390/foods11192993

Anexos

Anexo 1. Proceso de la microencapsulación de la pulpa de piña

Recepción de la materia prima

Pelado y troceado

Extracción de pulpa

Determinación de la humedad de la pulpa

Centrifugación

Preparación de solución

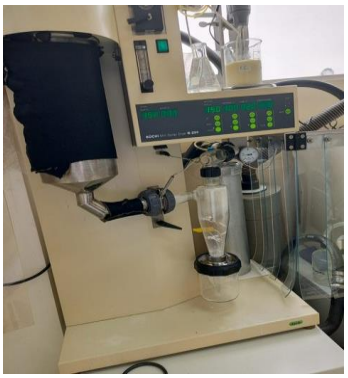
Secado por aspersión

Almacenamiento

Anexo 2. Proceso de la microencapsulación del aceite de linaza.

Aceite de linaza

Homogenización de la emulsión

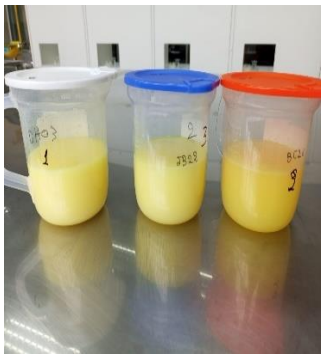


Secado por aspersión

Almacenamiento

Anexo 3. Formulaciones desarrolladas y sus análisis fisicoquímicos

Tratamientos (mezcla en polvo)



Bebidas

Determinacion de humedad de las mezclas en polvo

Determinación de pH de las bebidas

Determinación de sólidos solubles

Determinación de acidez titulable

Anexo 4. Evaluación sensorial de las bebidas

Preparación de las bebidas

Evaluación sensorial

Anexo 5. Determinación de cenizas y análisis microbiológico

Determinación de cenizas

Análisis microbiológico

Anexo 6. Hoja de cata

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

"Evaluación sensorial de bebidas preparadas a partir de la mezcla en polvo de piña (*Ananas comosus*) y aceite de linaza (*Linum usitatissimum*) microencapsulados"

Nombre: …… Fecha: ……

Instrucciones

- Evalúe cada atributo en la escala hedónica de 1 a 5, indicando con una X el número que refleje su percepción.
- Utilice el borrador de paladar antes de probar cada muestra para evitar la influencia del sabor anterior.

Característica	Escala	Códigos		
		GH03	BC26	JB22
COLOR	1. Me disgusta mucho			
	2. Me disgusta			
	3. Ni me gusta ni me disgusta			
	4. Me gusta			
	5. Me gusta mucho			
OLOR	1. Me disgusta mucho			
	2. Me disgusta			
	3. Ni me gusta ni me disgusta			
	4. Me gusta			
	5. Me gusta mucho			
SABOR	1. Me disgusta mucho			
	2. Me disgusta			
	3. Ni me gusta ni me disgusta			
	4. Me gusta			
	5. Me gusta mucho			
TEXTURA (Sensación en boca)	1. Me disgusta mucho			
	2. Me disgusta			
	3. Ni me gusta ni me disgusta			
	4. Me gusta			
	5. Me gusta mucho			
ACEPTABILIDAD	1. Me disgusta mucho			
	2. Me disgusta			
	3. Ni me gusta ni me disgusta			
	4. Me gusta			
	5. Me gusta mucho			

Observaciones: ……

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

Anexo 7. Análisis proximal y microbiológicos del mejor tratamiento realizados en el laboratorio LACONAL

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS

LACONAL

'01738

SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO
Acreditación N° SAE LEN 10-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No:25-111			801-T-8 03
Solicitud N°: 25-111			Pág.: 1 de 1
Fecha recepción:	23 de octubre de 2025	Fecha de ejecución de ensayos: 23 al 29 de octubre de 2025	
Información del cliente:			
Empresa:		C.I./RUC:	0550632657
Representante:	Hilda Gabriela Punina Yumbulema	Tlf:	
Dirección:	Ambato	E mail:	hpunina2657@uta.edu.ec
Ciudad:	Ambato		
Descripción de las muestras:			
Producto:	Mezcla en polvo de piña y aceite de linaza microencapsulados	Peso: 50g	
Marca comercial: n/a		Tipo de envase: vidrio	
Lote: n/a		No de muestras: una	
F. Elb.:	n/a	F. Exp.: n/a	
Conservación: Ambiente: X	Refrigeración: Congelación:	Almac. en Lab: 7 días	
Cierres seguridad: Ninguno: X	Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente:	23 de octubre de 2025

RESULTADOS OBTENIDOS

Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/ Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Mezcla en polvo de piña y aceite de linaza microencapsulados	11125285	Ninguno	*Proteína total, Kjeldhal	AOAC Ed. 22, 2023 2001.11	% (N x 6,25)	3,65
			*Grasa , Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 2003.06	%	6,12
			*Fibra dietética total, Gravimétrico-Enzimática	AOAC 985.29. Ed. 22, 2023	%	3,01
			Mohos, Petrifilm	PE-02-7.2-MB AOAC 997.02. Ed. 22, 2023	UPM/g	< 10
			Levaduras, Petrifilm	PE-02-7.2-MB AOAC 997.02. Ed. 22, 2023	UPL/g	< 10
			Coliformes Totales, Compact Dry	PE01-7.2-MB AOAC R.I.: 110402. Ed. 22, 2023	UFC/g	< 10
			E. Coli, Compact Dry	PE01-7.2-MB AOAC R.I.: 110402. Ed. 22, 2023	UFC/g	< 10

Conds. Ambientales:20,3°C; 56,9%HR

Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

Ing. Gladys Risueño
Directora de Calidad

Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si

Fecha de emisión del certificado: 31 de octubre de 2025

Nota: La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados se aplican a la muestra en las condiciones recibidas. El Laboratorio se responsabiliza exclusivamente de los resultados emitidos en base a la muestra entregada por el cliente.
El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La diseminación o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".

Dir.: Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi, Avenida Los Chasquis y Río Payamino. Ambato - Ecuador
Edificio Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Telf.: (593) 03 3700900 Ext: 1307
Web: http://laconal.uta.edu.ec/ E-mail: laconal@uta.edu.ec