UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE ALIMENTOS

Estudio de la viabilidad de un probiótico (*Lactobacillus salivarius*) microencapsulado con dos diferentes gomas (Guar, Arábiga) aplicado en un néctar.

Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de investigación, previo 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: Karen Michelle Carrillo Bayas

Tutor: Mg. Manoella Alejandra Sánchez Garnica

Ambato – Ecuador

Agosto – 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

Mg. Manoella Alejandra Sánchez Garnica

CERTIFICA:

Que el presente Informe Final del Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación del Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, 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, 21 de Junio de 2024.



Mg. Manoella Alejandra Sánchez Garnica

0604079871

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Karen Michelle Carrillo Bayas, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, previo a la obtención de título de Ingeniera en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Karen Michelle Carrillo Bayas

1850224450

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, como documento disponible para su lectura, proceso de integración, 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 realice respetando mis derechos de autor.



Karen Michelle Carrillo Bayas

1850224450

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueben el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, 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:
SANTIAGO CASADO ROJO

Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
ESTEBAN MAURICIO FUENTES PEREZ

Dr. Fuentes Pérez Esteban Mauricio

1803321502

Firmado electrónicamente por:
RODNY DAVID PEÑAFIEL AYALA

Dr. Peñafiel Ayala Rodny David

1712283520

Ambato, 31 de Julio del 2024

DEDICATORIA

Dedico esta tesis en primer lugar a DIOS, porque me dio comprensión, sabiduría para poder culminar este trabajo de titulación, a mis queridos padres Fausto Carrillo y Mariana Bayas que nunca me dejaron sola en el transcurso de la carrera, siempre dándome su apoyo y ayuda cuando más lo necesitaba, cada día aconsejándome para poder ser la persona que soy, a mi amado esposo Fernando Jiménez que nunca dejó que me dé por vencida, siempre junto a mí en las buenas y en las malas, dándome su hombro en momentos de frustración. A mis hermanos Gabriela Carrillo y Andrés Carrillo, que siempre me aconsejaban y estuvieron pendientes de mi en el transcurso de la carrera. Con mucho amor.

Michelle Carrillo

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme guiado en todo el transcurso de la carrera, la sabiduría y la comprensión necesaria para lograr culminar este trabajo. A mis queridos y admirados padres Fausto Carrillo y Mariana Bayas, les agradezco por su amor incondicional y su apoyo inquebrantable. Gracias a su perseverancia y oraciones. A pesar de mis errores y tropiezos, nunca dudaron de mis capacidades. Su fe en mí ha sido mi mayor impulso para seguir adelante Desde el inicio hasta el final, han estado presentes en cada paso de mi camino, brindándome su apoyo moral, emocional y económico. Son el mejor ejemplo de lo que significa ser padres excepcionales. Los amo y les agradezco con todo mi corazón por todo lo que han hecho por mí.

Quiero expresar mi agradecimiento a mi amado esposo, Fercho. Agradezco inmensamente tu presencia incondicional en mi vida, especialmente durante los momentos más difíciles. Tus oraciones constantes han sido un faro de esperanza que ha iluminado mi camino, brindándome la fortaleza necesaria para afrontar las adversidades. Tu apoyo incondicional en los momentos de desesperación y llanto ha sido un bálsamo para mi alma. A pesar de tus propias dificultades, siempre has encontrado el tiempo y la energía para dedicarme tu amor y apoyo. Tu fortaleza y positividad han sido una fuente de motivación constante, impulsándome a seguir adelante incluso cuando las fuerzas flaqueaban. Gracias, Mi Cielo.

A mis hermanos Gaby y Andy, que siempre me brindaron su apoyo y estuvieron conmigo en los mejores y peores momentos, gracias por los consejos, por estar ahí junto a mí para no perder el camino y seguir adelante a pesar de los problemas, ñaño Andy te agradezco porque a pesar de que no estes en el país en estos momentos tu compañía y apoyo siempre están presentes. Los amo con todo mi corazón.

A mi tutora y gran amiga Ale Sánchez, le expreso mi más sincero agradecimiento por su orientación, paciencia y su gran dedicación. Por acogerme siempre con los brazos abiertos en cada momento de desesperación. Gracias por los consejos tanto personales como educativos, por darme su tiempo y compromiso. La quiero mucho y siempre estará en mi corazón.

A mis grandes amigos Andrés y Bianchis que estuvieron conmigo siempre ayudándome y aconsejándome, por su apoyo incondicional en cualquier momento, por las risas y por enseñarme a comprender mejor las cosas en todo el transcurso de esta gran carrera, por enseñarme a comprender mejor las cosas siempre estarán en mi corazón. A todos mis amigos: Anita, Kathy, Nico, Joaquín, Mirkis, Mile, Chris, Ariel y a muchos más, les agradezco por su amistad incondicional, por todas las anécdotas vividas, por estar ahí cuando los necesitaba, por su confianza en mí y darme ánimos en todo este trayecto junto a ustedes, con ustedes a mi lado aprendí lo que es una verdadera amistad los quiero.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

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 CONTENIDOS viii
ÍNDICE DE TABLAS x
ÍNDICE DE FIGURAS xi
RESUMEN EJECUTIVO xii
ABSTRACT xiii
CAPITULO 1.- MARCO TEÓRICO 1
1.1 Antecedentes investigativos 1
1.1.1 Justificación 1
1.1.2 Probióticos 2
1.1.3 Microencapsulación 3
1.1.4 Néctar de frutas 7
1.2 Objetivos 10
1.2.1 General 10
1.2.2 Específicos 10
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA 11
2.1 Materiales 11
2.2 Métodos 12
2.2.1 Realización del Microencapsulado del probiótico *Lactobacillus salivarius* utilizando goma guar, goma xanthan y goma arábiga como material de pared. 12
2.2.2 Análisis de la viabilidad del probiótico *Lactobacillus salivarius* después del proceso de microencapsulación a diferentes condiciones de pH y temperatura. 14

2.2.3 Aplicación del microencapsulado que demuestre la mayor viabilidad celular en un néctar de maracuyá (*Passiflora edulis*) y hierba buena (*Mentha spicata*)..... 15

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 18

3.1 Microencapsulados de *Lactobacillus salivarius* utilizando goma guar y arabiga diferentes materiales de pared. 18

3.2 Eficiencia del microencapsulado..... 19

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 30

4.1. CONCLUSIONES..... 30

4.2. RECOMENDACIONES..... 30

MATERIAL DE REFERENCIA..... 31

ANEXOS..... 37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales usados en lo experimental. 11
Tabla 2. Tratamientos para la microencapsulación 13
Tabla 3. Diseño experimental para evaluar la viabilidad con el factor de pH del microencapsulado.. 14
Tabla 4. Diseño experimental para evaluar la viabilidad con el factor de temperatura del microencapsulado. 14
Tabla 5. Formulación base de néctar de maracuyá y hierba buena. 16
Tabla 6. Probiótico inicial y microencapsulado. 21
Tabla 7. Conteo de colonias en diferentes valores de pH. 24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Microencapsulación con maltodextrina, goma guar y goma arábiga. **MC:** Microencapsulado**.** **A**: GG: Goma Guar. **B:** GA: Goma Arábiga. **C:** M: Maltodextrina. 18
Figura 2. Comparación de los espectros FTIR obtenidos de la microencapsulación del probiótico. .. 20
Figura 3. Néctar de maracuyá y hierba buena. 26
Figura 4. Resultados del análisis sensorial del néctar de maracuyá y hierba buena. 28

RESUMEN EJECUTIVO

En el panorama actual de la salud se escucha sobre las alteraciones de la microbiota intestinal que se ha convertido en un marcador cada vez más relevante para identificar la presencia de patologías específicas, no obstante, la literatura científica se refiere a este fenómeno como disbiosis conocida como disbacteriosis que es un término que hace referencia a un desequilibrio en la composición y función de la microbiota que habita en nuestro organismo. Existen varios probióticos prometedores para ayudar en este problema y es el *Lactobacillus salivarius*, el cual es hallado en el entorno del tracto gastrointestinal. Su potencial es aportar beneficios a la salud, como la mejora de la salud gastrointestinal como fortalecer el sistema inmunológico, aliviando los síntomas del síndrome del intestino irritable y previene enfermedades inflamatorias intestinales. La microencapsulación del probiótico con diferentes gomas es una estrategia viable para su inclusión en la alimentación. Por esta razón se realizó un microencapsulado del probiótico *Lactobacillus salivarius,* el cual se analizó su viabilidad en los factores de pH y temperatura. Una vez que se obtuvo el microencapsulado con la mejor viabilidad se aplicará a un néctar de maracuyá (*Passiflora edulis*) y hierba buena (*Mentha spicata*). Para este análisis se tomó en cuenta un rango de pH simulando el fluido gástrico e intestinal (2,5 – 8,5). Este análisis se realizó por triplicado para obtener un mejor resultado. En el caso del factor de temperatura se tomaron las temperaturas respectivas a la refrigeración y ambiente que son 4 y 25 grados centígrados.

Palabras clave: microencapsulación, probióticos, salud gastrointestinal, néctar

ABSTRACT

In the current health landscape, we hear about alterations in the intestinal microbiota which has become an increasingly relevant marker to identify the presence of specific pathologies, however, the scientific literature refers to this phenomenon as dysbiosis known as dysbacteriosis which is a term that refers to an imbalance in the composition and function of the microbiota that inhabits our body. There are several promising probiotics to help with this problem and it's *Lactobacillus salivarius*, which is found in the environment of the gastrointestinal tract. Its potential is to provide health benefits, such as improving gastrointestinal health, strengthening the immune system, alleviating symptoms of irritable bowel syndrome and preventing inflammatory bowel diseases. Microencapsulation of the probiotic with different gums is a viable strategy for its inclusion in food. For this reason, a microencapsulation of the probiotic Lactobacillus salivarius was carried out, and its viability was analysed in terms of pH and temperature. Once the microencapsulation with the best viability was obtained, it will be applied to a passion fruit nectar (*Passiflora edulis*) and pearmint (*Mentha spicata*). For this analysis, a pH range simulating gastric and intestinal fluid (2.5 - 8.5) was taken into account. This analysis was carried out in triplicate to obtain a better result. This analysis was carried out in triplicate to obtain a better result. In the case of the temperature factor, the respective refrigeration and ambient temperatures of 4 and 25 degrees Celsius were taken.

Keywords: microencapsulation, probiotic, gastrointestinal health, nectar.

CAPITULO 1.- MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

1.1.1 Justificación

El *Lactobacillus salivarius*, hallado en el entorno del tracto gastrointestinal, tanto en seres humanos como en algunos animales, emerge como un candidato probiótico prometedor. Este microorganismo se distingue por su notable capacidad para la producción de bacteriocina **(Messaoudi et al., 2013)** ayudando a controlar la población de patógenos intestinales. Este probiótico exhibe una actividad antagonista contra patógenos como *Listeria monocytogenes, Bacillus cereus, Staphylococcus aureus, Escherichia coli*, entre otros **(Messaoudi et al., 2013)**. Múltiples investigaciones han puesto de manifiesto su potencial para aportar beneficios a la salud, como la mejora de la salud gastrointestinal. **(George Kerry et al., 2018).**

Las alteraciones del microbiota intestinal se han convertido en un marcador cada vez más relevante para identificar la presencia de patologías específicas, no obstante, la literatura científica se refiere a este fenómeno como disbiosis **(Wei et al., 2021).** La microencapsulación del probiótico con diferentes gomas es una estrategia viable para su inclusión en la alimentación. Las gomas tienen una adecuada aplicación como material de pared, protegiendo al probiótico de las condiciones ambientales adversas y permitiendo su liberación controlada en el tracto gastrointestinal **(Kowalska et al., 2022).** Gracias a sus beneficios, la tendencia de incluir probióticos en la alimentación es cada vez mayor.

Los néctares de frutas pueden ser un vehículo adecuado para la administración de probióticos, estos productos pueden contener aditivos naturales como extractos de plantas, como la Stevia, que ayudan a mejorar el sabor sin necesidad de adicionar calorías **(Pinto et al., 2022).** Además, la combinación de frutas exóticas puede generar un mayor impacto en la innovación de este tipo de producto **(Leite et al., 2021).** El presente trabajo de titulación tiene como objetivo evaluar la viabilidad de la microencapsulación del *Lactobacillus salivarius* utilizando diferentes gomas como material de pared y su aplicación en un néctar de frutas.

1.1.2 Probióticos

En 1965, los investigadores Lily y Stillwell descubrieron el término probiótico. En la década de 1980 se introdujeron algunas características cruciales de los probióticos, como: cepas que tienen un impacto beneficioso, no son tóxicas, no causan alergias y no son patógenas **(Sarao & Arora, 2017).** Estos deben estar disponibles en grandes cantidades como células viables, ser adecuados para el entorno intestinal, y ser almacenables y estables. Aunque las bacterias, especialmente las del ácido láctico, son los probióticos más utilizados, también pueden ser los mohos y las levaduras **(Ranjha et al., 2021).**

El concepto establecido de los probióticos se refería a las sustancias secretadas por un organismo que estimulan el crecimiento de otro. Posteriormente, la definición se amplió para incluir a los suplementos dietéticos microbianos viables que, al interactuar con la microbiota intestinal, generan efectos beneficiosos para la salud **(Varela-Trinidad et al., 2022).** Es importante destacar que esta última definición se formuló inicialmente para su aplicación en la alimentación animal. Con el tiempo, el concepto de probiótico se ha extendido al ámbito de la salud humana, convirtiéndose en una herramienta de gran interés para la prevención y el tratamiento de diversas enfermedades **(George Kerry et al., 2018).**

En la actualidad, dos géneros principales de bacterias grampositivas, *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, son ampliamente utilizados como probióticos. Es importante destacar que los probióticos son microorganismos vivos que deben llegar al intestino en cantidades adecuadas para ejercer sus efectos beneficiosos, actúan principalmente en el aparato digestivo. **(Varela-Trinidad et al., 2022).**

1.1.2.1 Lactobacillus salivarius

El *Lactobacillus salivarius* es una bacteria probiótica que se halla de manera natural en la cavidad bucal humana y el tracto gastrointestinal, y ha sido objeto de extensa indagación en virtud de sus potenciales beneficios para la salud **(Messaoudi et al., 2013).** Esta cepa probiótica se distingue por su capacidad de generar ácido láctico y bacteriocinas, compuestos que ejercen la capacidad de inhibir el crecimiento de bacterias perjudiciales en el entorno intestinal (George Kerry et al., 2018)**.** Diversas investigaciones han corroborado que *Lactobacillus salivarius* ostenta propiedades antimicrobianas, lo que contribuye a la preservación de un equilibrio microbiótico intestinal saludable **(Betoret et al.,**

2020). De igual manera, se ha constatado en estudios que podría ejercer efectos beneficiosos sobre el sistema inmunológico y atenuar procesos inflamatorios.

También se ha investigado su potencial para prevenir y tratar enfermedades del tracto gastrointestinal, como la enfermedad inflamatoria intestinal y el síndrome del intestino irritable **(Iyer et al., 2022).** *Lactobacillus salivarius* podría ejercer un impacto favorable en la salud digestiva al fortalecer la integridad de la barrera intestinal, mejorar la eficiencia del proceso digestivo y disminuir la incidencia de afecciones gastrointestinales, tales como la diarrea y la colitis **(Calabuig-Jiménez et al., 2019).** Por ello, la microencapsulación de Lactobacillus salivarius puede ser una estrategia eficaz para proteger las bacterias durante su almacenamiento y paso por el tracto digestivo, asegurando así su efectividad. La microencapsulación puede ser una técnica útil para garantizar la viabilidad y eficacia de Lactobacillus salivarius en diferentes aplicaciones, como alimentos funcionales o productos farmacéuticos **(Messaoudi et al., 2013).**

1.1.3 Microencapsulación

La microencapsulación inició a finales del año 1930, gracias al Químico Barret K. Green, el cual por medio de sus investigaciones recordó que el Químico Bungenburg de John había escrito sobre métodos para una encapsulación con una cubierta sólida de gelatina que rodeaba un líquido aceitoso (**Choudhury et al., 2021).** En 1942 el Químico Green adopta esta metodología para formar las cápsulas diminutas de tinta, el cual se las debía ejercer presión para liberar la tinta, las cuales se las llegan a conocer como microcápsulas o microesferas **(Watters, 2019).**

La microencapsulación es una tecnología de procesamiento de alimentos de avanzada que permite encapsular cualquier compuesto dentro de un material específico. Su objetivo es proteger los compuestos sensibles y garantizar su entrega segura. El material activo que se encapsula se conoce como núcleo, mientras que el material utilizado para encapsularlo se denomina encapsulante **(Choudhury et al., 2021).** Existen diversas técnicas para la microencapsulación, como el recubrimiento en lecho fluidizado, el enfriamiento por aspersión y el secado por aspersión, entre otras. Esta tecnología se utiliza ampliamente en la industria alimentaria, tanto como herramienta fortificante como para el desarrollo de alimentos funcionales **(Tolve et al., 2020).**

Para evaluar la eficacia de la microencapsulación, se analizan diversos parámetros, como la eficiencia de encapsulación, la estabilidad del compuesto bioactivo durante el almacenamiento y la liberación de este en el tracto gastrointestinal. Es importante conocer las propiedades de las cápsulas resultantes para comprender su comportamiento dentro de cualquier sistema alimentario **(Choudhury et al., 2021).**

1.1.3.1 Microencapsulación de Microorganismos

La microencapsulación de bacterias probióticas es un proceso de notable relevancia en la actualidad, que se utiliza con el propósito de salvar y conservar las bacterias beneficiosas durante las fases de almacenamiento y consumo **(Kowalska et al., 2022)**. Este procedimiento engloba la envoltura de las bacterias en una matriz protectora, lo que da lugar a la formación de partículas de índole microscópica, denominadas microcápsulas **(Liu et al., 2020)**. La aplicación de la microencapsulación es importante, por su capacidad para potenciar la viabilidad de las bacterias probióticas en el entorno del tracto gastrointestinal. Esta optimización deriva de la salvaguarda que proporciona a las bacterias ante las condiciones adversas presentes en el ácido gástrico del estómago y las enzimas digestivas **(George Kerry et al., 2018).**

Estos procedimientos conllevan la generación de una capa protectora alrededor de las bacterias probióticas mediante la utilización de diversos materiales, ya sean de naturaleza sintética o natural, como los polímeros **(Nataraj et al., 2020)**. El tipo de material empleado para el revestimiento en el proceso de microencapsulación posee un impacto significativo en diversas características de las microcápsulas, tales como su estabilidad, la facultad de liberación controlada y su compatibilidad con el entorno del tracto digestivo. Asimismo, resulta fundamental tener en cuenta tanto el tamaño de las microcápsulas como el método de administración, a fin de asegurar la eficacia y vitalidad de las bacterias probióticas. Es crucial subrayar que la microencapsulación de bacterias probióticas engloba un amplio espectro de aplicaciones como en la industria de alimentos funcionales **(Sbehat et al., 2022).**

1.1.3.2 Material de pared

En la microencapsulación, se utilizan diferentes tipos de recubrimientos para, proteger el núcleo del material encapsulado de las condiciones ambientales adversas, controlar su liberación. La elección del tipo de recubrimiento adecuado depende de las propiedades del núcleo del material encapsulado, condiciones de almacenamiento **(Kowalska et al., 2022).** Hay varios tipos de recubrimientos, siendo

los más usados los de polímeros obtenidos de fuentes naturales o sintéticas, ejemplos como: gelatina, caseína, zeína, almidón, dextrina, celulosa, ácidos grasos, ceras, aceites. El Recubrimientos de lípidos que son aptos para núcleos sensibles al agua, obtenidos de manera natural o sintética, algunos ejemplos como: ácido láurico, ácido palmítico, ácido esteárico, cera de abejas, cera de carnauba, aceite de oliva, aceite de girasol **(Rodríguez et al., 2019).**

La maltodextrina es el material de pared más utilizado en la microencapsulación debido a su bajo costo, buena solubilidad, baja viscosidad, alta eficiencia de microencapsulación, su sabor suave y soluciones incoloras. Estas propiedades la convierten en una opción ideal para la producción a gran escala, facilitando el proceso de microencapsulación y protegiendo a los componentes bioactivos de la degradación (**Pieczykolan & Kurek, 2019).** Además, la maltodextrina ofrece una variedad de aplicaciones, ya que se pueden obtener diferentes pesos moleculares dependiendo del grado de hidrólisis, lo que permite elegir la maltodextrina más adecuada para cada caso, ajustando la densidad del recubrimiento alrededor del componente bioactivo **(Pieczykolan & Kurek, 2019).**

Las proteínas del suero fueron las primeras en ser utilizadas en la microencapsulación de probióticos. Estas proteínas se encuentran naturalmente en la leche y sus derivados, como el queso. Las propiedades fisicoquímicas de las proteínas del suero las hacen ideales para la microencapsulación, como, por ejemplo, alta capacidad de gelificación, buena biodegradabilidad y biocompatibilidad con las bacterias probióticas **(Kowalska et al., 2022).** Los alginatos son polisacáridos naturales que se obtienen de algas marinas. Son ampliamente utilizados para microencapsular bacterias probióticas debido a sus características en la formación de complejos con polímeros de carga opuesta, como la gelatina, estabilidad a pH bajo, lo que protege a las bacterias probióticas del ácido gástrico y el hinchamiento en condiciones alcalinas, lo que permite la liberación de los probióticos en el intestino **(Kowalska et al., 2022).**

1.1.3.3 Gomas

Las gomas son polisacáridos, como son las gomas naturales son ampliamente utilizados en la industria alimentaria debido a sus propiedades como agentes espesantes, gelificantes y estabilizantes **(Nehra et al., 2023).** Estas gomas, como la goma guar, la goma arábiga y entre otras, se extraen de diversas fuentes vegetales. Tienen la capacidad de generar dispersiones viscosas en soluciones acuosas, mejorando la textura, consistencia y estabilidad de alimentos y bebidas **(Kowalska et al., 2022).**

La goma guar es obtenida de las semillas de la planta *Cyamopsis tetragonoloba* y se utiliza ampliamente como agente espesante y estabilizante en productos como salsas, helados, entre otros. Es conocida por sus propiedades de barrera y resistencia antibacteriana. Debido a su alto peso molecular en comparación con otras gomas, es una excelente opción para fabricar recubrimientos comestibles **(Nehra et al., 2023).** La goma arábiga se extrae de la resina de varias especies de árboles del género Acacia. Esta goma tiene una amplia gama de funciones y aplicaciones en diversas industrias, pero especialmente en la industria alimentaria, donde se utiliza como un agente espesante, estabilizante y emulsionante **(Kowalska et al., 2022).**

Esta consideración adquiere una importancia particular en el ámbito de los productos alimenticios o suplementos que incorporan probióticos, dado que diversos elementos, tales como la humedad y la temperatura, pueden incidir en la integridad y capacidad de supervivencia de los microorganismos involucrados **(Sbehat et al., 2022).** En consecuencia, la técnica de microencapsulación de probióticos mediante el empleo de distintas gomas no solo repercute de manera positiva en la viabilidad de microorganismos, sino que también puede potenciar su eficacia funcional. Se reconoce que las gomas, en calidad de materiales encapsulantes, presentan un potencial considerable para favorecer la supervivencia de los probiótico **(Nehra et al., 2023).**

1.1.3.4 Goma Guar

El origen exacto de la planta del guar *Cyamopsis tetragonoloba* aún no está del todo claro. Sin embargo, se cree que fue domesticada en la región que abarca India y Pakistán, donde se cultiva desde hace siglos como fuente de alimento y forraje **(Adams et al., 2020).** Actualmente, India se posiciona como el principal productor de guar a nivel mundial, con un 80% del suministro total. Le siguen Pakistán con un 15% y, en menor medida, Estados Unidos, Australia y algunas zonas de África con un 5% restante. A lo largo de la historia, el guar ha tenido una amplia gama de aplicaciones una de ellas es en alimentos lo cual son una fuente importante de proteína y fibra **(Adams et al., 2020).**

La goma guar, también conocida como goma galactomanana, se ha convertido en un ingrediente indispensable en diversas industrias, el principal motor de la producción del guar es la demanda de la goma derivada de sus semillas **(Adams et al., 2020).** La goma guar, también es conocida como goma galactomanana, se ha convertido en un ingrediente indispensable en diversas industrias. Es conocida

por sus propiedades de barrera y resistencia antibacteriana. Debido a su alto peso molecular en comparación con otras gomas, es una excelente opción para fabricar recubrimientos comestibles **(Nehra et al., 2023).** La goma guar y sus derivados se encuentran en una amplia variedad de productos como: espesante, estabilizante, gelificante, emulsionante, aglutinante, disgregante entre otros.

1.1.3.6 Goma Arábiga

La goma arábiga, también conocida como goma Acacia, tiene el título de la goma exudada más antigua y conocida. Su uso comercial se remonta a más de 5000 años, con registros que la ubican en el antiguo Egipto, donde se empleaba como adhesivo para pigmentos minerales en la pintura y en el proceso de embalsamamiento de momias **(Williams & Phillips, 2021).** La producción de goma arábiga se concentra principalmente en el África subsahariana, con pequeñas cantidades provenientes de la Península Arábiga y el sur de Asia. Es un polímero a base de polisacáridos, derivado principalmente de los tallos y ramas de dos especies de Acacia: Acacia Senegal y Acacia Seyal. Su compleja composición de glicoproteínas y azúcares ribosa le confiere la categoría de polisacárido **(Prasad et al., 2022).**

Destaca por ser el más soluble y menos viscoso de la familia de los hidrocoloides. Esta propiedad lo convierte en un componente ideal para procesos de emulsificación, producción de películas y encapsulación en el ámbito comercial. Sus usos tradicionales son el de adhesivo para pigmentos en pintura e ingrediente en el proceso de embalsamamiento. En las aplicaciones modernas está la industria alimentaria en la siguiente lista: bebidas, confitería, lácteos, helados, panadería, productos cárnicos. También existen varias aplicaciones en la Industria farmacéutica que son recubrimientos de comprimidos, agente aglutinante y dispersante **(Tiamiyu et al., 2023).** La goma arábiga es un ingrediente seguro y biodegradable. Está reconocida como un aditivo alimentario seguro por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) **(Prasad et al., 2022).**

1.1.4 Néctar de frutas

El néctar de frutas representa una bebida arraigada en la historia de diversas culturas a nivel global, y su consumo se ha perpetuado a lo largo de los siglos. Su atracción radica en la amalgama de cualidades que ostenta, caracterizándose por su sabor dulce y refrescante **(Baldini et al., 2017).** El

proceso de fabricación del néctar de frutas se inicia con la meticulosa elección y recolección de frutas maduras y de calidad sobresaliente. Estos frutos son sometidos a una etapa de extracción del jugo, procedimiento que puede realizarse a través de exprimidores manuales o maquinaria especializada **(Teneva et al., 2022).** El jugo extraído se somete después a un proceso de filtración, para eliminar cualquier impureza en el líquido resultante. Luego, se lleva a cabo la dilución del jugo con agua, empleándose proporciones específicas de acuerdo con la formulación preestablecida **(Leite et al., 2021).**

Cabe destacar que, en el contexto de la evaluación nutricional, el néctar de frutas, a pesar de contener una serie de nutrientes derivados de la fruta, como vitaminas, etc. Exhibe una disminución significativa en su contenido de fibra en comparación con el consumo de la fruta entera **(Marín & González, 2022).** Este aspecto debe tenerse en consideración al apreciar las implicaciones para la salud y el valor nutricional de la ingesta de néctar de frutas, en virtud de la relevancia de la fibra en la dieta humana **(Pinto et al., 2022).** El néctar de maracuyá, una bebida de singular exquisitez deriva de una fruta tropical originaria de América del Sur, es ampliamente reconocida por su sabor agridulce. El proceso de obtención del néctar de maracuyá comienza con la recolección de las frutas maduras de maracuyá **(Guevara, 2015).**

La extracción de este jugo se realiza con cuidado y precisión, para conservar la esencia y pureza del producto. Posteriormente, el jugo extraído se combina con agua, ajustando las proporciones según los parámetros establecidos por la formulación empleada **(Guevara, 2015).** Con el fin de contrarrestar el sabor ácido característico de la fruta de maracuyá, en algunos casos se incorpora azúcar al proceso de elaboración, lo que contribuye a alcanzar un equilibrio en el perfil de sabor de la bebida final (**Borghoff et al., 2023).** Un valor agregado en esta preparación será la adición de una planta aromática o medicinal el cual es la hierba buena y el añadir un probiótico que es el Lactobacillus salivarius **(Teneva et al., 2022).**

1.1.4.1 Beneficios a la salud

El consumo de néctares de frutas puede ayudar a disminuir el colesterol, un problema de salud que puede ser causado por una mala alimentación. Es importante destacar que estas bebidas no eliminan ni disminuyen totalmente el colesterol, pero sí pueden ser una ayuda para reducirlo. Los néctares de frutas, dependiendo de la fruta utilizada, pueden tener niveles altos y medios de vitamina C y E **(Ruxton**

& Myers, 2021). Estas vitaminas son muy beneficiosas para la salud tanto de adultos mayores como de niños, son especialmente populares entre niños y jóvenes. Se suelen consumir por las mañanas o a media mañana, ya que aportan energía y contienen antioxidantes que son beneficiosos para la salud **(Ruxton & Myers, 2021).**

La composición nutricional de los néctares de frutas varía según la fruta utilizada, pero el néctar de maracuyá destaca por su alto valor nutritivo y medicinal. El maracuyá es una rica fuente de vitamina C, fibra dietética, proteína, hierro, potasio, sodio, magnesio, azufre y cloruros. Estas propiedades contribuyen a regular la digestión, reducir el colesterol, favorecer la absorción del hierro, reforzar el sistema inmunológico y actuar como antioxidante. Además, el maracuyá es una buena fuente de riboflavina y niacina, a la vez que aporta bajas cantidades de grasa. Esto lo convierte en un alimento de bajo valor energético **(Campos et al., 2023).**

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Estudiar la viabilidad de un probiótico (*Lactobacillus salivarius*) microencapsulado con dos diferentes gomas (Guar, Arábiga) aplicado en un néctar.

1.2.2 Específicos

- Realizar la microencapsulación del probiótico *Lactobacillus salivarius* utilizando goma guar y goma arábiga como material de pared.
- Analizar la viabilidad del probiótico *Lactobacillus salivarius* después del proceso de microencapsulación a diferentes condiciones de pH y temperatura.
- Aplicar el microencapsulado que demuestre la mayor viabilidad en un néctar de maracuyá (*Passiflora edulis*) y hierba buena (*Mentha spicata*).

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.

2.1 Materiales

Tabla 1.

Materiales usados en lo experimental.

Material	Cantidad
Materia Prima	
Próbiótico *Lactobacillus salivarius*	30 g
Goma Guar	300 g
Goma Arábiga	250 g
Maltodextrina	150 g
Agua destilada	15 L
Pulpa de Maracuyá	400 g
Hierba Buena	10 g
Sorbato de potasio	0,55 g
Reactivos	
Agua Peptona	1,5 L
Agar MRS	120 gr
Ácido clorhídrico	1 ml
Ácido acético	6 ml
Materiales de laboratorio	
Capsulas de porcelana (70ml)	3
Crisoles de porcelana(43mm)	3
Matraz Erlenmeyer (500ml)	1
Vaso de precipitación (600ml)	6
Vaso de precipitación (250ml)	5
Mecheros	2
Micropipeta (100 - 1000µl)	1
Puntas (1000µl)	60
Gradillas	2
Tubos cónicos	39
Cajas petri	50
Papel aluminio	1
Papel film	1
Algodón (120g)	1

Gasas	4
Ollas	1
Bowl plástico	3
Lienzo	1
Fundas ziploc	5
Teresitas	1
Material de escritorio	
Computadora	1
Hojas papel bond	100
Rotulador	2
Cinta masking	1
Impresora	1
Agenda	1
Equipos	
Spry Dry	1
pH-metro digital	1
Refractómetro	1
Termómetro	1
FTIR	1
Balanza analítica	1
Balanza	1
Licuadora	1
Balanza de humedad	1
Cámara de flujo laminar	1
Autoclave	1
Incubadora	1

2.2 Métodos

2.2.1 Realización del Microencapsulado del probiótico *Lactobacillus salivarius* utilizando goma guar y goma arábiga como material de pared.

Para el desarrollo de este trabajo de investigación se analizó la utilización de las gomas Guar y Arábiga como material de pared para la microencapsulación del probiótico *Lactobacillus salivarius*, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.

Tratamientos para la microencapsulación

Probiótico	Gomas		Control
	Guar	Arábiga	Maltodextrina
Lactobacillus salivarius	MCGG	MCGA	MCM

Nota. MC: microencapsulado. GG: goma guar. GA: goma arábiga. M: maltodextrina.

2.2.1.1 Formulación y preparación de la emulsión para el microencapsulado.

Para la microencapsulación se siguió la metodología planteada por **Naqash et al. (2023),** con pocas modificaciones, para lo cual se realizó una mezcla del material de pared (Goma Arábiga o Goma Guar), el probiótico *Lactobacillus salivarius* y agua destilada. Posteriormente se colocó la mezcla bien homogenizada en un equipo de secado por aspersión. Se preparó el control con maltodextrina como material de pared **(Calabuig-Jiménez et al., 2019)**.

Una vez preparada la emulsión a secar, esta mezcla se la puede calentar para facilitar su fluidez, después el material se atomizará en un chorro de aire caliente, utilizando un cabezal de atomización **Rima et al. (2022)**. Luego, en la etapa de secado, el aire caliente evaporará el agua o el disolvente del material atomizado. Esta etapa puede llevarse a cabo en un filtro. Por último, los sólidos secos se recogen en un ciclón, el cuál utilizará la fuerza centrífuga para separar los sólidos del aire, mientras que el filtro atrapa los sólidos. Durante el proceso de secado por aspersión, se controló los parámetros clave, la cual fue la temperatura de entrada que fue de 150°C y una de salida a 90°C que reguló la velocidad de evaporación del disolvente, el flujo de aire controló la tasa de atomización del material y la velocidad de transferencia de calor **(Kowalska et al., 2022)**.

El equipo utilizado para el secado por aspersión fue un BUCHI –B290, las pruebas fueron realizadas en el laboratorio UODIDE de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. El proceso de secado consistió en la dispersión de la solución en una torre de secado, como lo describe **(Monteiro et al., 2020)**. Se recolectó en un filtro las partículas secas y encapsuladas resultantes del proceso.

2.2.1.2. Determinación de la eficiencia del encapsulado

Se llevó a cabo pruebas de calidad en el equipo FTIR (PERKIN ELMER) en el laboratorio UODIDE de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología para determinar la eficiencia del encapsuladas. Para esta prueba se siguió la metodología descrita por **Calabuig-Jiménez et al (2019)**.

2.2.2 Análisis de la viabilidad del probiótico *Lactobacillus salivarius* después del proceso de microencapsulación a diferentes condiciones de pH y temperatura.

Para la medición de la viabilidad se utilizará la metodología descrita por **Obando C et al. (2010)** con pocas modificaciones. La variable de respuesta será el número de UFC/g bajo los factores de pH y temperatura. Las mediciones serán realizadas por triplicado. Se trabajarán los siguientes tratamientos:

Tabla 3.

Diseño experimental para evaluar la viabilidad con el factor de pH del microencapsulado.

Microencapsulado	**pH**						
	2,5 (x_1)	**3,5 (x_2)**	**4,5 (x_3)**	**5,5 (x_4)**	**6,5 (x_5)**	**7,5 (x_6)**	**8,5 (x_7)**
A	Ax_1	Ax_2	Ax_3	Ax_4	Ax_5	Ax_6	Ax_7
B	Bx_1	Bx_2	Bx_3	Bx_4	Bx_5	Bx_6	Bx_7
C	Cx_1	Cx_2	Cx_3	Cx_4	Cx_5	Cx_6	Cx_7

Nota. **MC:** microencapsulado. **GG:** goma guar. **GA:** goma arábiga. **M:** maltodextrina. **A**: MCGG. **B:** MCGA. **C:** MCM.

Tabla 4.

Diseño experimental para evaluar la viabilidad con el factor de temperatura del microencapsulado.

Microencapsulado	Temperatura (°C)	
	4 (y_1)	**25 (y_2)**
A	Ay_1	Ay_2
B	By_1	By_2
C	Cy_1	Cy_2

Nota. **MC:** microencapsulado. **GG:** goma guar. **GA:** goma arábiga. **M:** maltodextrina. **A**: MCGG. **B:** MCGA. **C:** MCM.

Para el análisis de la viabilidad en las condiciones de pH se tomó la metodología propuesta por **Bernucci et al. (2017)** con algunas modificaciones. Para las condiciones de pH se tomó 1g de microencapsulado y se añadió en una dilución acidificada para los diferentes pH, el cual se ingresó a la incubadora por 120 minutos a 37°C. Para las condiciones de temperatura se tomó 1g de microencapsulado y se colocó en un crisol sellado herméticamente, el cual se ingresará a la incubadora por un tiempo de 120 minutos a las diferentes temperaturas (**Hsiao et al., 2004).** Se realizó un seguimiento durante 0, 7, 14, 21, 28 días en las temperaturas descritas en la Tabla 3 para determinar el tiempo de supervivencia del microencapsulado.

Para el recuento de UFC/g se aplicó la metodología propuesta por **Bevilacqua et al. (2019)** con pocas modificaciones. Se tomó 1g de microencapsulado y se mezcló en 9 ml de agua peptona, homogeneizando durante 2 minutos y se realizaron diluciones en serie hasta la dilución 10^{-8} y se sembró por el método de extensión en el agar MRS para bacterias lácticas. La muestra se incubó durante 24 horas a 37°C por triplicado, se repitió el proceso de siembra y recuento con cada una de las muestras que fueron evaluadas en diferentes condiciones de pH y temperatura.

2.2.3 Aplicación del microencapsulado que demuestre la mayor viabilidad celular en un néctar de maracuyá (*Passiflora edulis*) y hierba buena (*Mentha spicata*).

Para la elaboración del néctar de maracuyá y hierba buena se utilizó la formulación descrita por **Teneva et al., (2022),** con pocas modificaciones, mostrada en la Tabla 4. La materia prima se compró en el Mercado Mayorista de la ciudad de Ambato en la Provincia de Tungurahua.

Tabla 5.

Formulación base de néctar de maracuyá y hierba buena.

Ingredientes	Formulación
Agua	3
Pulpa maracuyá	1
Azúcar	12%
Hierba buena	15%
Sorbato de potasio	0,055%
Goma Xanthan	0.05%

Adaptado de (Teneva et al., 2022)

2.2.3.1 Desarrollo del néctar y pruebas de calidad (pH, °Brix).

Para la aplicación del microencapsulado en el néctar se tomará en cuenta la temperatura, ° Brix (12), pH (4.5) y los tiempos de cocción en cada etapa al aplicar el microencapsulado en el néctar **(CODEX STAN 247, 2005)**. La formulación exacta del néctar se basará en una relación de 1:3 entre pulpa y agua respectivamente, con una pasteurización de 85°C durante 5 minutos, se incorporará la infusión de hierba buena, aditivos y conservantes en ese lapso **(Leite et al., 2021)**. De la formulación propuesta en la Tabla 4, el porcentaje correspondiente al microencapsulado será el que mejor viabilidad muestre en las pruebas anteriores. Para finalizar, se llevará a cabo el envasado en material estéril **(Monteiro et al., 2020)**.

2.2.3.2 Análisis sensorial del néctar.

Se siguió de **ISO 8586 (2023),** donde se realizó un perfil sensorial para evaluar el olor, sabor, textura y apariencia del néctar de maracuyá y hierbabuena obtenido. Para el perfil de apariencia se evaluó los siguientes atributos: color característico, brillo, separación de fases, viscosidad aparente y presencia de partículas. Para el perfil de sabor: sabor herbal, sabor característico, acidez, dulzor y amargor. para el perfil de textura se evaluará: espesor, granulosidad, astringencia y viscosidad **(Cadena et al., 2013)**. Para ello, se utilizó una escala del 1 a 5, donde 1 indica poco perceptible y 5 muy fuerte. El análisis se llevó a cabo con un grupo de 15 a 30 catadores, que no necesariamente deben estar entrenados. El objetivo de la prueba fue medir el grado de aceptabilidad del néctar y su perfil sensorial. La cata se realizó en un horario, considerando que estas bebidas se consumen en las mañanas, colocando

una muestra de 15 ml en un vaso plástico junto a un vaso con agua y su encuesta respectiva, donde se explicó sus debidas instrucciones.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Microencapsulados de *Lactobacillus salivarius* utilizando goma guar y arábiga diferentes materiales de pared.

En la siguiente figura 1 se muestran los microencapsulados obtenidos con los diferentes materiales de pared (goma Guar, goma Arábiga y Maltodextrina)

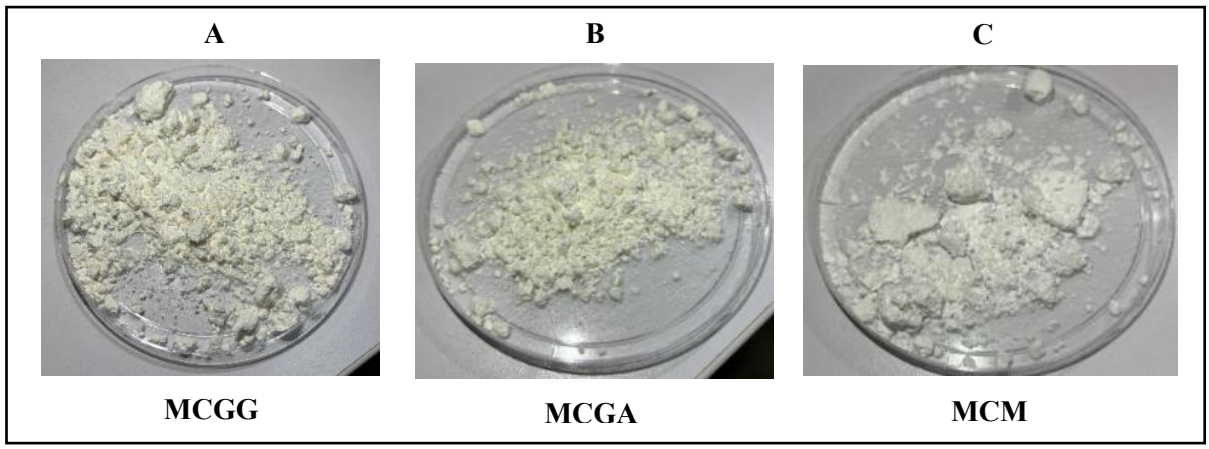


Figura 1. *Microencapsulación con maltodextrina, goma guar y goma arábiga.* **MC:** Microencapsulado**.** **A**: GG: Goma Guar. **B:** GA: Goma Arábiga. **C:** M: Maltodextrina.

Se puede destacar el cambio de color en la microencapsulación de las muestras A y B en comparación con la C. Este cambio de color podría deberse a que, al disolver las gomas se tornan de color acaramelado debido a cambios en su proceso de deshidratación y pulverización, como la reacción de Maillard o alteraciones en la temperatura y el pH **(Bende, 2024)**. Esta coloración acaramelada podría ser la responsable de que el microencapsulado presente un tono beige, en contraste con el color blanco de la maltodextrina.

Castañeda et al. (2020) menciona que la estabilidad de la goma guar se ve comprometida en ambientes de alta temperatura (superior a 50°C) y pH bajo (inferior a 3.5). En estas condiciones, la goma guar experimenta degradación y fragmentación debido a reacciones químicas específicas, como la hidrólisis de los enlaces glucosídicos.

Bende. (2024) menciona que los cambios de color en la goma guar y arábiga al disolverse pueden deberse a varios factores: la oxidación de los grupos fenólicos presentes en las gomas, que se puede ver influenciada por la exposición al aire o la luz durante el almacenamiento; además de la presencia de impurezas, como restos de taninos o lignina, que no se eliminaron completamente durante el procesamiento de las gomas. Sin embargo, las condiciones de temperatura y pH durante el proceso de pulverización podrían ser parte de esta alteración. En el caso del pH, el agua destilada utilizada para diluir las gomas podría jugar un papel importante.

En soluciones ácidas, la goma guar puede experimentar una mayor tasa de oxidación, lo que puede llevar a la formación de productos de color marrón. La acidez puede catalizar la oxidación de los componentes orgánicos presentes en la goma guar **(Adams et al., 2020).** Por otro lado, en medios alcalinos, las reacciones de oxidación también pueden ser aceleradas, aunque la química específica puede variar. La alcalinidad puede provocar la ruptura de enlaces en los polisacáridos, resultando en la formación de compuestos de color oscuro **(Pieczykolan & Kurek, 2019).**

Las proteínas presentes en la goma guar pueden desnaturalizarse en condiciones extremas de pH sean ácidos o alcalinos, lo que puede contribuir al cambio de color. Estas proteínas desnaturalizadas pueden interactuar con otros compuestos en la solución. Los compuestos fenólicos presentes como impurezas pueden oxidarse más rápidamente en condiciones de pH extremo, resultando en una coloración marrón **(Vázquez et al., 2016).**

3.2 Eficiencia del microencapsulado por FTIR

El microencapsulado fue analizado mediante la Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR, por sus siglas en inglés), esto permite asegurar la correcta composición, interacción, integridad y calidad de las microcápsulas, garantizando así la viabilidad y funcionalidad de los probióticos encapsulados.

En la siguiente figura 2 se puede mostrar los espectros obtenidos del equipo FTIR,

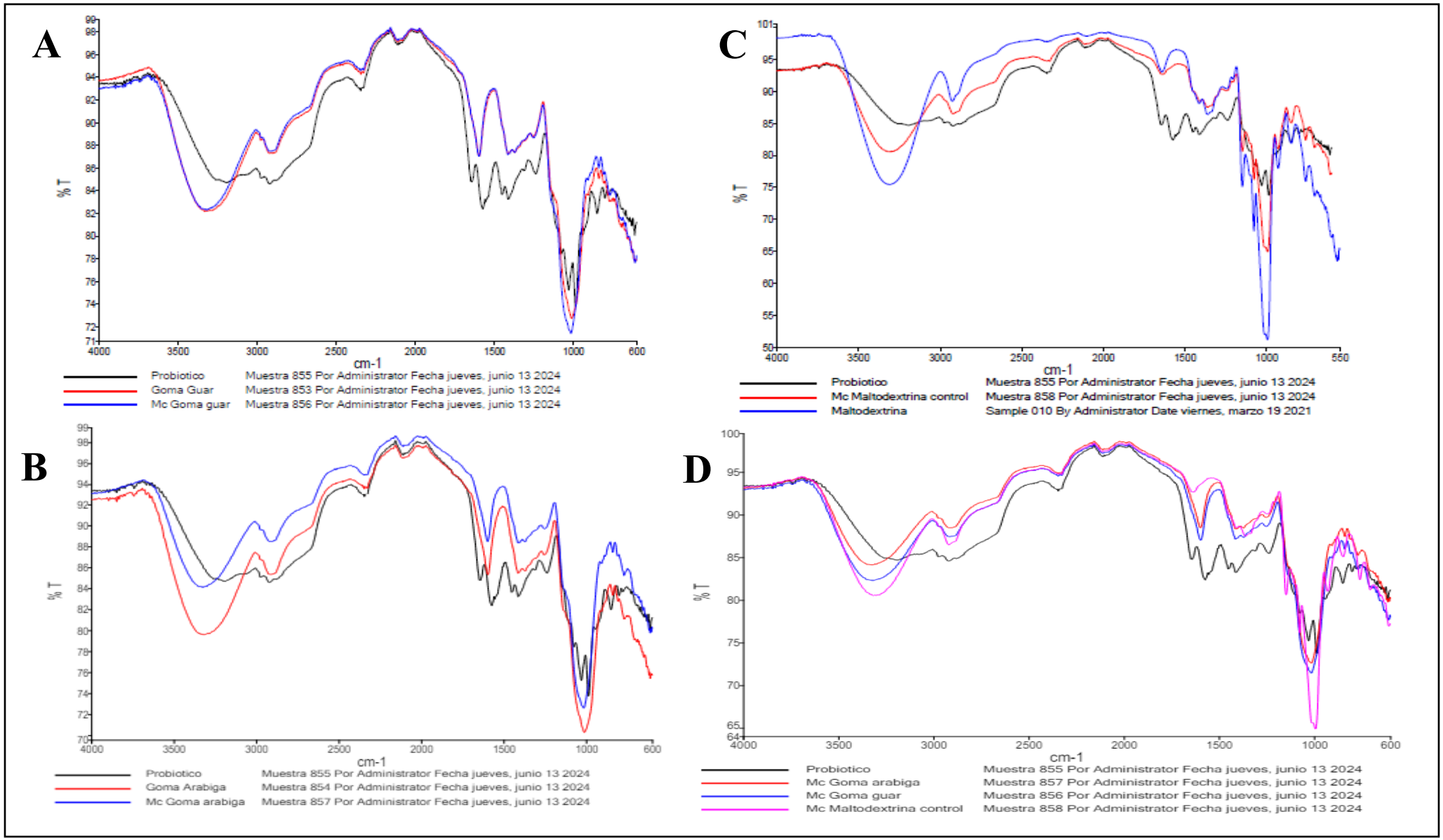


Figura 2. *Comparación de los espectros FTIR obtenidos de la microencapsulación del probiótico.*
A: Probiótico, Goma guar, MCGG. **B:** Probiótico, Goma arábiga, MCGA. **C:** Probiótico, Maltodextrina, MCM. **D:** Probiótico, MCGG, MCGA, MCM.

En los espectros que se muestran en la figura 6, se encuentra similitud entre los microencapsulados y su material de pared, lo que permite inferir que su resultado es eficiente en las 3 muestras.

El análisis del espectro de la muestra A) revela una banda intensa alrededor de 1600 cm-1, característica de la región amida I de las proteínas. Esto sugiere una posible interacción entre la goma guar y las proteínas de la pared celular del probiótico **(Steiner & Florack, 2023).** Por otro lado, en la muestra B) revela una banda notable alrededor de 1700 cm-1, característica del grupo carbonilo presente en ésteres y cetonas. Esta observación sugiere la posibilidad de formación de enlaces covalentes entre la goma arábiga y el probiótico **(Verma, 2013).** En la muestra C) el espectro revela una banda amplia alrededor de 3300 cm-1, característica de las vibraciones de estiramiento del enlace O-H. Esta observación sugiere una posible interacción entre la maltodextrina y los grupos hidroxilo presentes en la superficie celular del probiótico, esta interacción podría estar mediada por enlaces de hidrógeno **(Verma, 2013).**

Si el encapsulado no se realiza correctamente, el microorganismo puede deteriorarse, perdiendo su eficacia o incluso volviéndose inactivo. Un microencapsulado efectivo garantiza que el microorganismo se mantenga estable durante el almacenamiento y hasta el momento de su liberación.

3.3 Viabilidad del probiótico después de la microencapsulación.

En la Tabla 6 se muestra las UFC/g después de la microencapsulación.

Tabla 6.

Viabilidad del probiótico después de la microencapsulación.

Muestra	Probiótico inicial (UFC/ml)	Microencapsulado (UFC/ml)	Porcentaje de supervivencia (%)
A	$6x10^5$	$4,19x10^5$	69,8%
B	$6x10^5$	$2,4x10^5$	40%
C	$6x10^5$	$1,49x10^5$	24,8%

Nota. **A:** microencapsulado con goma guar. **B:** microencapsulado con goma arábiga. **C:** microencapsulado con maltodextrina.

Se observa que la muestra de probióticos A tiene la mayor viabilidad post-encapsulación, con un 69.8% de supervivencia. Esto indica que la goma guar podría ofrecer una protección eficaz a los probióticos, permitiendo una mayor supervivencia durante la encapsulación. La muestra B presenta un 40% de supervivencia. Aunque menos efectiva que la goma guar, la goma arábiga todavía proporciona una protección considerable a los probióticos durante la encapsulación. En cuanto a la muestra C, tiene el porcentaje más bajo de supervivencia, con un 24.8%. La maltodextrina parece ser el agente encapsulante menos eficaz de los tres probados para proteger los probióticos durante la encapsulación.

La supervivencia del probiótico es un factor determinante para su eficacia terapéutica. Un probiótico que no sobrevive al proceso de microencapsulación o a las condiciones del tracto gastrointestinal no podrá ejercer sus efectos beneficiosos sobre la salud **(De Almeida et al., 2023)**. Los probióticos encapsulados se utilizan para prevenir y tratar diversas enfermedades, como diarrea, estreñimiento, infecciones gastrointestinales, alergias y enfermedades inflamatorias intestinales. Una buena supervivencia del probiótico es esencial para que estos tratamientos sean efectivos **(Vivek et al., 2023).** El microencapsulado debe proteger a los probióticos de las condiciones adversas del tracto gastrointestinal, como el ácido gástrico y las sales biliares. Una alta supervivencia post-encapsulación asegura que más probióticos sobrevivan este paso crítico y alcancen el intestino delgado y el colon **(Sanders, 2019).**

Al-Hamdani & Tkatchenko (2019) ,menciona que, durante la encapsulación, las interacciones no covalentes como enlaces de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals y posiblemente interacciones electrostáticas juegan un papel crucial en la estabilización de la cápsula alrededor de los probióticos. La deshidratación rápida es crítica para preservar la viabilidad de los probióticos, ya que minimiza el tiempo durante el cual las bacterias están expuestas a condiciones adversas (como el calor y la oxidación). La elección del material de pared es crucial, ya que debe ser compatible con los probióticos y ofrecer la protección necesaria contra factores ambientales (pH, temperatura, humedad) durante el almacenamiento y la liberación en el intestino.

Una alta mortalidad de los probióticos sugiere que el proceso de secado no fue adecuado, exponiendo a los probióticos a temperaturas demasiado altas o tiempos de exposición prolongados. La exposición a temperaturas elevadas es uno de los factores más críticos que puede causar la mortalidad de los probióticos. Las temperaturas en la cámara de secado suelen ser altas (entre 150-200°C), aunque la temperatura de salida (donde se recogen las partículas) es generalmente más baja (alrededor de 50-90°C) **(Tan et al., 2015).** Sin embargo, el tiempo de exposición y la transferencia de calor rápida pueden

desnaturalizar proteínas y lípidos celulares, causando la muerte de las bacterias. Por otro lado, un secado demasiado rápido puede causar tensiones osmóticas y deshidratación rápida, lo que puede dañar las membranas celulares de los probióticos **(Bustamante et al., 2020).** Durante la atomización, los probióticos pueden estar sujetos a fuerzas mecánicas elevadas que pueden dañar las células bacterianas. Si el material de pared no es compatible con los probióticos, puede haber reacciones adversas que afecten la viabilidad de las bacterias **(Dantas et al., 2023)**. La elección de materiales como maltodextrina, goma arábiga, alginatos, y otros es crucial. Una baja actividad de agua es necesaria para la estabilidad de los probióticos durante el almacenamiento, pero durante el secado, una reducción demasiado rápida en la actividad de agua puede causar daño celular **(Bustamante et al., 2020).**

La mortalidad de los probióticos durante la microencapsulación por secado por aspersión se debe principalmente a factores térmicos, mecánicos, químicos y biológicos. La optimización de estos factores es crucial para maximizar la viabilidad de los probióticos encapsulados. Las bacterias en diferentes fases de crecimiento (logarítmica vs. estacionaria) pueden tener diferentes niveles de resistencia al estrés según **Eghbal et al. (2022)** . Generalmente, las células en la fase estacionaria son más resistentes. Las bacterias que han sido sometidas a pre-tratamientos de adaptación al estrés térmico u osmótico pueden mostrar una mayor resistencia, mientras tanto la inclusión de crioprotectores (como glicerol, leche desnatada, trehalosa) en la formulación puede ayudar a proteger a los probióticos durante el secado **(Gong et al., 2023).**

3.3.1 Viabilidad del probiótico microencapsulado bajo diferentes valores de pH y temperatura

En la tabla 7 se muestras los valores obtenidos de las UFC/ml después de someter los microencapsulados a diferentes valores de pH.

Tabla 7.

Conteo de colonias en diferentes valores de pH.

Muestra	Valores de pH						
	2,5	**3,5**	**4,5**	**5,5**	**6,5**	**7,5**	**8,5**
A	$1x10^4$	$2x10^4$	$2,13x10^4$	$3,47x10^6$	$1,43x10^6$	MNP	MNP
B	$< 1x10^4$	$1x10^4$	$< 1x10^4$	$1,84x10^6$	$1,2x10^6$	MNP	MNP
C	$< 1x10^4$	$< 1x10^4$	$< 1x10^4$	$4,4x10^6$	$3,47x10^6$	MNP	MNP

Nota. **A:** microencapsulado con goma guar. **B:** microencapsulado con goma arábiga. **C:** microencapsulado con maltodextrina. **MNP:** Muy numeroso para contar. Los valores obtenidos se encuentran UFC/ml

Basado en los resultados de la muestra A, se puede inferir que podría presentar la mayor viabilidad en todos los pH evaluados en comparación con las muestras B y C. Esto se evidencia en la ausencia de crecimiento en algunos pH para las muestras B y C, lo que sugiere que el microencapsulado no se liberó adecuadamente o que el probiótico no resistió las condiciones de pH específicas.

La selección de los pH utilizados se basó en diversas razones, se eligió un rango entre 2.5 y 8.5 para simular el pH gástrico e intestinal, respectivamente. La inclusión de pH intermedios responde a la posible aplicación de los microencapsulados en diversos alimentos, en donde se puede deducir que en alimentos con pH alcalino se asegura la supervivencia del probiótico como lo afirma **Anwar et al. (2022).**

Los probióticos, bacterias vivas beneficiosas para la salud intestinal, enfrentan un desafío crucial al atravesar el tracto gastrointestinal: el ambiente ácido del estómago. Estudios han demostrado que cepas como Lactobacillus y Bifidobacterium son particularmente sensibles a la acidez, perdiendo viabilidad rápidamente en estas condiciones **(Khosravi et al., 2014)**. La microencapsulación surge como una estrategia prometedora para proteger a los probióticos de estas condiciones adversas, especialmente del ambiente ácido del estómago **(Anwar et al., 2022).**

Bevilacqua et al. (2019) menciona que un pH de 2.5 es extremadamente ácido y puede eliminar la mayoría de las bacterias probióticas si no están bien protegidas. Los probióticos como *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* son especialmente sensibles a pH bajos, perdiendo viabilidad rápidamente en tales condiciones. Sin embargo, los resultados de esta investigación permiten inferir que las gomas guar y arabiga funcionan de manera adecuada para proteger a los micrcoorganismos y lograr un crecimiento a este pH. Por otro lado, un pH de 3.5, que se asemeja a las condiciones gástricas, un microencapsulado efectivo debe resistir la disolución temprana para que los probióticos puedan llegar al intestino y colonizar. Aunque el pH 4.5 es menos ácido que el estómago, todavía puede afectar la viabilidad de los probióticos si el encapsulado no es adecuado, aunque muchos probióticos pueden tolerar pH alrededor de 4.5 por períodos cortos.

Un pH de 5.5 es menos ácido y más cercano a la neutralidad, permitiendo a muchos probióticos sobrevivir en comparacion con pH más bajos. El pH 6.5 es casi neutro, lo que significa que los probióticos pueden mantener una alta viabilidad, ya que la acidez leve no debería afectarlos significativamente. A un pH de 7.5, los probióticos mantienen alta viabilidad si el encapsulado no se disuelve demasiado rápido. El pH 8.5, moderadamente alcalino, puede impactar la viabilidad de algunos probióticos si no están adecuadamente protegidos; no obstante, algunos probióticos toleran mejor estas condiciones ligeramente alcalinas, haciendo esencial el uso de microencapsulados para maximizar su viabilidad **(Hsiao et al., 2004).**

En cuanto al análisis de la viabilidad referente al factor de temperatura, se podría decir que el microencapsulado se mantiene ralentizado a la temperatura de refrigeración que es de 4°C y al ambiente que es de 25°C, ya que mediante las siembras realizadas no hubo ningún crecimiento. Cuando una bacteria se encuentra microencapsulada se puede ver involucrado su metabolismo **(Pattnaik et al., 2021).** La encapsulación puede restringir el acceso a algunos nutrientes externos, lo que podría reducir la tasa metabólica de las bacterias. Sin embargo, esto puede ser beneficioso para evitar el crecimiento descontrolado y la consiguiente autodestrucción debido a la acumulación de productos de desecho **(Wang et al., 2021).** La microencapsulación puede inducir un estado de latencia en las bacterias, donde la actividad metabólica se reduce al mínimo necesario para la supervivencia. Esto es una estrategia de supervivencia durante el tránsito por entornos hostiles hasta llegar al intestino. Al llegar al intestino, las condiciones favorables (nutrientes, pH adecuado, menor estrés) permiten que las bacterias reactiven su metabolismo y comiencen a proliferar y ejercer sus funciones beneficiosas **(Moreno et al., 2020).**

En cuanto al análisis de la viabilidad referente al factor de temperatura, se podría decir que el microencapsulado se mantiene ralentizado a la temperatura de refrigeración que es de 4°C y al ambiente que es de 25°C, ya que mediante las siembras realizadas no hubo ningún crecimiento. Cuando una bacteria se encuentra microencapsulada se puede ver involucrado su metabolismo **(Pattnaik et al., 2021)**. La encapsulación puede restringir el acceso a algunos nutrientes externos, lo que podría reducir la tasa metabólica de las bacterias. Sin embargo, esto puede ser beneficioso para evitar el crecimiento descontrolado y la consiguiente autodestrucción debido a la acumulación de productos de desecho **(Wang et al., 2021)**. La microencapsulación puede inducir un estado de latencia en las bacterias, donde la actividad metabólica se reduce al mínimo necesario para la supervivencia. Esto es una estrategia de supervivencia durante el tránsito por entornos hostiles hasta llegar al intestino. Al llegar al intestino, las condiciones favorables (nutrientes, pH adecuado, menor estrés) permiten que las bacterias reactiven su metabolismo y comiencen a proliferar y ejercer sus funciones beneficiosas **(Moreno et al., 2020)**.

3.4 Néctar con el microencapsulado que presente mayor viabilidad

En la figura 3 se observa el néctar de maracuyá (*Passiflora edulis*) y hierba buena (*Mentha spicata*) que incluye en su formulación el microencapsulado de goma Guar.



Figura 3. *Néctar de maracuyá y hierba buena.*

Según **Campos et al. (2023)**, un néctar se define como la mezcla de agua y pulpa de fruta. Existen diversas formulaciones para preparar un néctar, una de las más comunes es la proporción 1:3 de pulpa y agua, respectivamente **(Teneva et al., 2022)**. Este alimento contempla en su formulación un estabilizante, se suele utilizar a las gomas como estabilizantes ideales según lo afirma **Castañeda et al. (2020)** y en este caso, se decidió agregar el microencapsulado para obtener un producto final con potencial probiótico y a la vez, que permita que su textura sea la adecuada.

3.4.1 Análisis sensorial del néctar de maracuyá y hierba buena.

La elaboración de néctares sigue siendo uno de los métodos más populares para la conservación de las frutas. Un buen néctar de maracuyá y hierba buena, según **De Oliveira & André. (2015)**, debe ser de color amarillo intenso, propio del maracuyá, sin tonos demasiado oscuros. Con respecto al espesor, no debe ser excesivamente rígido, sino presentar una consistencia fluida y homogénea. El sabor debe ser dulce, ácido y refrescante, característico del maracuyá y la hierba buena y el aroma debe ser intenso y agradable, propio de las frutas utilizadas **(De Oliveira & André, 2015)**.

En las siguiente figura, se puede evidenciar el resultado para el perfil sensorial del producto elaborado. El perfil sensorial es una primera descripción de los atributos que presenta un producto, este permite generar una idea global de cómo está siendo percibido el producto.

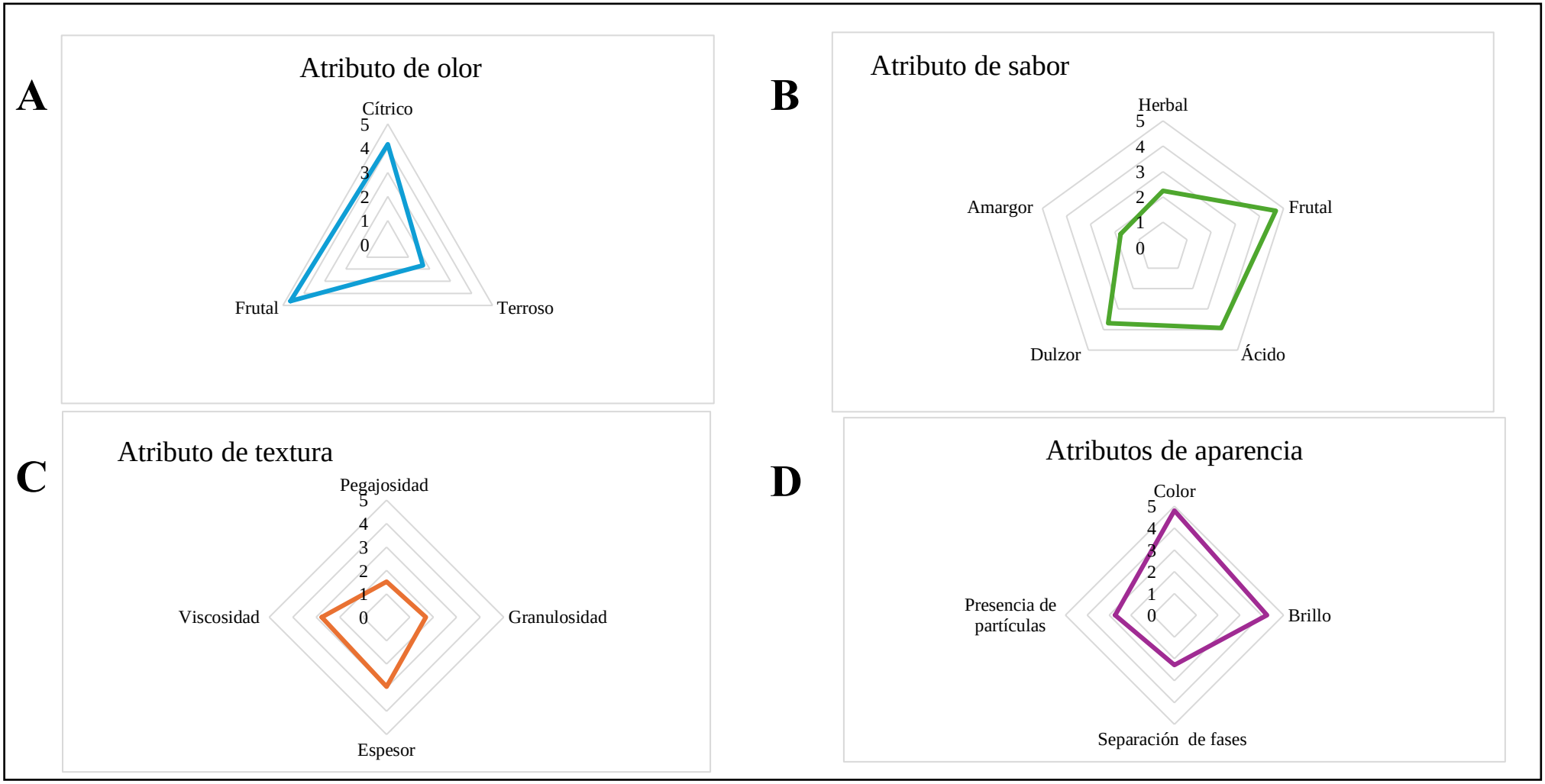


Figura 4. *Resultados del análisis sensorial del néctar de maracuyá y hierba buena.*

A: Las percepciones que se obtuvo en el atributo del olor en cítrico de 4,1. Terroso de 0,8. Frutal de 4,8. **B:** Las percepciones que se obtuvo en el atributo del sabor en herbal de 1,3. Frutal de 4,8. Ácido de 4. Dulzor de 3,8. Amargor de 0,9. **C:** Las percepciones que se obtuvo en el atributo textura en pegajosidad es de 1. Granulosidad es de 1,2. Espesor es de 3. Viscosidad es de 2,9. **D:** Las percepciones que se obtuvo en el atributo de color característico a maracuyá es de 4,9. Brillo es de 4,2. Separación de fases es de 1,3. Presencia de partículas es de 1,9.

El análisis de los datos presentados en la figura 4A y 4B, revela una mayor tendencia hacia lo frutal en ambos atributos: olor y sabor. Esto se debe a la alta proporción de pulpa de fruta en la formulación, la cual es de tres partes de pulpa por una de agua. En comparación, el néctar presenta un sabor y aroma frutal intenso, con un ligero toque cítrico y una ausencia casi total de sabor terroso o amargo. Esta fruta se caracteriza por su olor y sabor ácido y frutal a la vez **(De Oliveira & André, 2015)**. Esto sugiere que el néctar es agradable al paladar y que sus características organolépticas son típicas de un néctar de alta calidad.

El análisis de los datos presentados en la figura 4C, que corresponde a la textura, muestra un espesor casi imperceptible de 2, lo que sugiere que este néctar no es espeso y se relaciona con la baja viscosidad que también se indica. Esto se puede deber a la presencia de la goma guar. Esta goma tiene la función de espesar, emulsificar y conferir consistencia a los alimentos **(Adams et al., 2020)**, sin embargo, en esta formulación se usó el microencapsulado al 0.05%, lo que se puede relacionar con la baja viscosidad. En cuanto a la pegajosidad, esta característica es casi imperceptible, lo que se puede deber a que el microencapsulado actuó de manera distinta a la forma que normalmente se comporta. Según la figura 4C, el néctar de maracuyá puede describirse como de textura fina, ligeramente pegajosa y moderadamente granulosa.

En la figura 4D, el néctar exhibe un color característico de maracuyá vibrante, esta intensidad cromática se traduce en un tono amarillo intenso o anaranjado, propio de la fruta. Presenta un brillo moderado, este brillo aporta equilibrio visual, evitando que el néctar se perciba como demasiado opaco o excesivamente resplandeciente **(Cadena et al., 2013)**. El maracuyá contiene carotenoides, principalmente beta-caroteno, que es responsable de su color amarillo brillante. Estos pigmentos naturales son solubles en lípidos y pueden conferir un tono amarillo intenso a la bebida **(Lim, 2012)**. El uso de maracuyás completamente maduras y frescos durante el proceso de elaboración del néctar puede asegurar que los pigmentos naturales estén presentes en concentraciones óptimas para proporcionar un color vibrante **(CODEX STAN 247, 2005)**. El pH puede afectar la estabilidad y el color de los pigmentos presentes, un pH adecuadamente ajustado puede mantener el color brillante y evitar la degradación de los pigmentos sensibles a la acidez **(Monteiro et al., 2020)**. El néctar se caracteriza por una baja separación de fases, esto podría denotar una mezcla homogénea, sin distinción entre las fases líquida y sólida, asegurando una textura uniforme. Presenta una presencia moderada de partículas, esta característica implica la posibilidad de encontrar pequeñas partículas de pulpa o semillas, que pueden aportar una textura ligeramente granulosa, adicionalmente, el microencapsulado al ser hecho de una goma Guar funciona como emulsificante, evitando la separación de fases **(Campos et al., 2023)**.

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Tras evaluar diferentes métodos de microencapsulación, se determinó que el MCGG presenta la mayor eficiencia. Esta superioridad se asocia a la similitud observada entre los espectros del MCGG y el de la goma guar, que en este caso fue empleado como material de pared. A pesar de que MCGA y MCM también lograron encapsular el probiótico de manera efectiva.

- Se realizó el análisis de viabilidad del probiótico después del microencapsulado, donde se determinó que el MCGG fue el que mayor viabilidad tuvo ya que pudo sobrevivir en los pH ácidos y pudo romper el microencapsulado en pH alcalino.

- Se analizó sensorialmente el néctar con ayuda de los perfiles de sabor, olor, textura y apariencia, se consideraron que estos atributos son esenciales para garantizar un producto de alta calidad, sabiendo que el néctar tiene su agregado que es el probiótico *Lactobacillus salivarius* microencapsulado, el cual no presento cambios bruscos en su sabor, olor, textura y apariencia.

4.2. RECOMENDACIONES

- Es fundamental realizar estudios detallados para comprender el comportamiento del probiótico encapsulado en diferentes escenarios, los cuales permitirán determinar la capacidad de las microcápsulas para proteger y liberar el probiótico de manera eficaz.

- Tomar en cuenta otros pH y temperaturas en el estudio de la viabilidad del probiótico microencapsulado.

- Realizar análisis que comprueben la supervivencia en el alimento, por medio de análisis microbiológicos y análisis proximales.

MATERIAL DE REFERENCIA

Adams, C. B., Boote, K. J., Shrestha, R., MacMillan, J., Hinson, P. O., & Trostle, C. (2020). Growth stages and developmental patterns of guar. *Agronomy Journal*, *112*(6), 4990–5001. https://doi.org/10.1002/agj2.20415

Al-Hamdani, Yasmine., & Tkatchenko, A. (2019). Understanding non-covalent interactions in larger molecular complexes from first principles. *Journal of Chemical Physics*, *150*(1). https://doi.org/10.1063/1.5075487

Anwar, Y., Ullah, I., Kamal, T., & Ullah, M. W. (2022). Microencapsulation of Lacticaseibacillus rhamnosus GG for Oral Delivery of Bovine Lactoferrin: Study of Encapsulation Stability, Cell Viability, and Drug Release. *Biomimetics*, *7*(4). https://doi.org/10.3390/biomimetics7040152

Baldini, T. F., Neri-Numa, I. A., Do Sacramento, C. K., Schmiele, M., Bolini, H. M. A., Pastore, G. M., & Bicas, J. L. (2017). Elaboration and characterization of apple nectars supplemented with araçá-boi (Eugenia stipitata mac vaugh—myrtaceae). *Beverages*, *3*(4). https://doi.org/10.3390/beverages3040059

Bende, V. (2024). *Guar Gum in Food and Nutrition Products*. Periodical by Knowde.

Betoret, E., Betoret, N., Calabuig-Jiménez, L., Barrera, C., & Dalla Rosa, M. (2020). Effect of drying process, encapsulation, and storage on the survival rates and gastrointestinal resistance of l. Salivarius spp. salivarius included into a fruit matrix. *Microorganisms*, *8*(5). https://doi.org/10.3390/microorganisms8050654

Bevilacqua, A., Speranza, B., Santillo, A., Albenzio, M., Gallo, M., Sinigaglia, M., & Corbo, M. R. (2019). Alginate-microencapsulation of Lactobacillus casei and Bifidobacterium bifidum: Performances of encapsulated microorganisms and bead-validation in lamb rennet. *LWT*, *113*. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108349

Borghoff, L. M., Strassner, C., & Herzig, C. (2023). Organic Juice Processing Quality from the Processors' Perspective: A Qualitative Study. *Foods*, *12*(2). https://doi.org/10.3390/foods12020377

Bustamante, M., Laurie, L., Vergara, D., Campos, R., Rubilar, M., & Shene, C. (2020). Effect of three polysaccharides (inulin, and mucilage from chia and flax seeds) on the survival of probiotic bacteria encapsulated by spray drying. *Applied Sciences (Switzerland)*, *10*(13). https://doi.org/10.3390/app10134623

Cadena, R. S., Cruz, A. G., Netto, R. R., Castro, W. F., Faria, J. de A. F., & Bolini, H. M. A. (2013). Sensory profile and physicochemical characteristics of mango nectar sweetened with high intensity sweeteners throughout storage time. *Food Research International*, *54*(2), 1670–1679. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.10.012

Calabuig-Jiménez, L., Betoret, E., Betoret, N., Patrignani, F., Barrera, C., Seguí, L., Lanciotti, R., & Dalla Rosa, M. (2019). High pressures homogenization (HPH) to microencapsulate L. salivarius spp. salivarius in mandarin juice. Probiotic survival and in vitro digestion. In *Journal of Food Engineering* (Vol. 240, pp. 43–48). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.012

Campos, J., Acosta, K., Moreno, C., & Paucar, L. M. (2023). Passion fruit (Passiflora edulis): Nutritional composition, bioactive compounds, utilization of by-products, biocontrol, and organic fertilization in cultivation. *Scientia Agropecuaria*, *14*(4), 479–497. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.040

Castañeda, A., González, L. A., Granados, M. A., & Chávez, U. J. (2020). Goma guar: un aliado en la industria alimentaria. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI*, *7*(14), 107–111. https://doi.org/10.29057/icbi.v7i14.4988

Choudhury, N., Meghwal, M., & Das, K. (2021). Microencapsulation: An overview on concepts, methods, properties and applications in foods. In *Food Frontiers* (Vol. 2, Issue 4, pp. 426–442). John Wiley and Sons Inc. https://doi.org/10.1002/fft2.94

CODEX STAN 247. (2005). *REGLAMENTO TÉCNICO RTCA 67.04.48:07 CENTROAMERICANO ALIMENTOS Y BEBIDAS PROCESADOS. NÉCTARES DE FRUTAS. ESPECIFICACIONES. CORRESPONDENCIA: Este Reglamento tiene correspondencia con la Normas General del Codex para Zumos (Jugos) y Néctares de Frutas (CODEX STAN 247-2005)*.

Dantas, S., Pereira, L. da S., Diniz, D. , Dacruz, S. S., Santos, N., Fernandes, C., Souza, T., & de Sousa, F. (2023). Microencapsulation of Probiotics by Oil-in-Water Emulsification Technique Improves Cell Viability under Different Storage Conditions. *Foods*, *12*(2). https://doi.org/10.3390/foods12020252

De Almeida, D., Guedes, K., & De Almeida, N. (2023). *Microencapsulation of Probiotics: Challenges and Future Prospects*. Nova Science Publishers. https://doi.org/10.52305/EZLU2000

De Oliveira, I., & André, H. (2015). Passion fruit juice with different sweeteners: Sensory profile by descriptive analysis and acceptance. *Food Science and Nutrition*, *3*(2), 129–139. https://doi.org/10.1002/fsn3.195

Eghbal, N., Liao, W., Dumas, E., Azabou, S., Dantigny, P., & Gharsallaoui, A. (2022). Microencapsulation of Natural Food Antimicrobials: Methods and Applications. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 8). MDPI. https://doi.org/10.3390/app12083837

George Kerry, R., Patra, J. K., Gouda, S., Park, Y., Shin, H. S., & Das, G. (2018). Benefaction of probiotics for human health: A review. In *Journal of Food and Drug Analysis* (Vol. 26, Issue 3, pp. 927–939). Elsevier Taiwan LLC. https://doi.org/10.1016/j.jfda.2018.01.002

Gong, M., He, J., Kong, M., Huo, Q., Jiang, Y., Song, J., Han, W., & Lv, G. (2023). A microencapsulation approach to design microbial seed coatings to boost wheat seed germination and seedling growth under salt stress. *Frontiers in Plant Science*, *14*. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1283590

Hsiao, H. C., Lian, W. C., & Chou, C. C. (2004). Effect of packaging conditions and temperature on viability of microencapsulated bifidobacteria during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *84*(2), 134–139. https://doi.org/10.1002/jsfa.1616

Iyer, N., Williams, M. A., O'Callaghan, A. A., Dempsey, E., Cabrera-Rubio, R., Raverdeau, M., Crispie, F., Cotter, P. D., & Corr, S. C. (2022). Lactobacillus salivarius UCC118™ Dampens Inflammation and Promotes Microbiota Recovery to Provide Therapeutic Benefit in a DSS-Induced Colitis Model. *Microorganisms*, *10*(7). https://doi.org/10.3390/microorganisms10071383

Khosravi, M., Ghiassi, B., Sharifan, A., & Mohammadi, N. (2014). Microencapsulation of Probiotics by Calcium Alginate-gelatinized Starch with Chitosan Coating and Evaluation of Survival in Simulated Human Gastro-intestinal Condition. *Shaheed Beheshti University of Medical Sciences and Health Services Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, *13*(3), 843–852.

Kowalska, E., Ziarno, M., Ekielski, A., & Żelaziński, T. (2022). Materials Used for the Microencapsulation of Probiotic Bacteria in the Food Industry. In *Molecules* (Vol. 27, Issue 10). MDPI. https://doi.org/10.3390/molecules27103321

Leite, I. B., Magalhães, C. D., Monteiro, M., & Fialho, E. (2021). Addition of honey to an apple and passion fruit mixed beverage improves its phenolic compound profile. *Foods*, *10*(7). https://doi.org/10.3390/foods10071525

Lim, T. K. (2012). Passiflora edulis. In *Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants* (pp. 147–165). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4053-2_21

Liu, H., Xie, M., & Nie, S. (2020). Recent trends and applications of polysaccharides for microencapsulation of probiotics. In *Food Frontiers* (Vol. 1, Issue 1, pp. 45–59). John Wiley and Sons Inc. https://doi.org/10.1002/fft2.11

Marín-Arroyo, M. R., & González-Bonilla, 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

Messaoudi, S., Manai, M., Kergourlay, G., Prévost, H., Connil, N., Chobert, J. M., & Dousset, X. (2013). Lactobacillus salivarius: Bacteriocin and probiotic activity. In *Food Microbiology* (Vol. 36, Issue 2, pp. 296–304). https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.05.010

Monteiro, S. S., Beserra, Y. A. S., Oliveira, H. M. L., & de Bittencourt Pasquali, M. A. (2020). Production of Probiotic Passion Fruit (Passiflora edulis Sims f. Flavicarpa Deg.) Drink Using Lactobacillus reuteri and Microencapsulation via Spray Drying. *Foods*, *9*(3). https://doi.org/10.3390/foods9030335

Moreno, S., Kiviet, D., Vulin, C., Schlegel, S., Schlegel, K., Sander, G., & Ackermann, M. (2020). Wide lag time distributions break a trade-off between reproduction and survival in bacteria. *Procedings of the National*, *117*(31), 18729–18736. https://doi.org/10.1073/pnas.2003331117/-/DCSupplemental

Nataraj, B. H., Ali, S. A., Behare, P. V., & Yadav, H. (2020). Postbiotics-parabiotics: The new horizons in microbial biotherapy and functional foods. In *Microbial Cell Factories* (Vol. 19, Issue 1). BioMed Central. https://doi.org/10.1186/s12934-020-01426-w

Nehra, A., Biswas, D., Siracusa, V., & Roy, S. (2023). Natural Gum-Based Functional Bioactive Films and Coatings: A Review. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 24, Issue 1). MDPI. https://doi.org/10.3390/ijms24010485

Pattnaik, M., Pandey, P., Martin, Gregory., Mishra, H. N., & Ashokkumar, M. (2021). Innovative technologies for extraction and microencapsulation of bioactives from plant-based food waste and their applications in functional food development. In *Foods* (Vol. 10, Issue 2, pp. 1–30). MDPI AG. https://doi.org/10.3390/foods10020279

Pieczykolan, E., & Kurek, M. A. (2019). Use of guar gum, gum arabic, pectin, beta-glucan and inulin for microencapsulation of anthocyanins from chokeberry. *International Journal of Biological Macromolecules*, *129*, 665–671. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.02.073

Pinto, T., Vilela, A., & Cosme, F. (2022). Chemical and Sensory Characteristics of Fruit Juice and Fruit Fermented Beverages and Their Consumer Acceptance. In *Beverages* (Vol. 8, Issue 2). MDPI. https://doi.org/10.3390/beverages8020033

Prasad, N., Thombare, N., Sharma, S. C., & Kumar, S. (2022). Gum arabic – A versatile natural gum: A review on production, processing, properties and applications. *Industrial Crops and Products*, *187*, 115–304. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115304

Ranjha, M. M. A. N., Shafique, B., Batool, M., Kowalczewski, P. Ł., Shehzad, Q., Usman, M., Manzoor, M. F., Zahra, S. M., Yaqub, S., & Aadil, R. M. (2021). Nutritional and health potential of probiotics: A review. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 23). MDPI. https://doi.org/10.3390/app112311204

Rodriguez, P., Lopes, P., & Costa, L. (2019). Microencapsulation and Its Uses in Food Science and Technology: A Review. In F. Salaün (Ed.), *Microencapsulation - Processes, Technologies and Industrial Applications* (pp. 93–124). IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.73747

Ruxton, C. H. S., & Myers, M. (2021). Fruit juices: Are they helpful or harmful? an evidence review. In *Nutrients* (Vol. 13, Issue 6). MDPI AG. https://doi.org/10.3390/nu13061815

Sarao, L. K., & Arora, M. (2017). Probiotics, prebiotics, and microencapsulation: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *57*(2), 344–371. https://doi.org/10.1080/10408398.2014.887055

Sbehat, M., Mauriello, G., & Altamimi, M. (2022). Microencapsulation of Probiotics for Food Functionalization: An Update on Literature Reviews. In *Microorganisms* (Vol. 10, Issue 10). MDPI. https://doi.org/10.3390/microorganisms10101948

Steiner, K., & Florack, A. (2023). The Influence of Packaging Color on Consumer Perceptions of Healthfulness: A Systematic Review and Theoretical Framework. In *Foods* (Vol. 12, Issue 21). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/foods12213911

Tan, S., Kha, T., Parks, S., Stathopoulos, C., & Roach, P. (2015). Effects of the spray-drying temperatures on the physiochemical properties of an encapsulated bitter melon aqueous extract powder. *Powder Technology*, *281*, 65–75. https://doi.org/10.1016/j.powtec.2015.04.074

Teneva, D., Pencheva, D., Petrova, A., Ognyanov, M., Georgiev, Y., & Denev, P. (2022). Addition of Medicinal Plants Increases Antioxidant Activity, Color, and Anthocyanin Stability of Black Chokeberry (Aronia melanocarpa) Functional Beverages. *Plants*, *11*(3). https://doi.org/10.3390/plants11030243

Tiamiyu, Q. O., Adebayo, S. E., & Yusuf, A. A. (2023). Gum Arabic edible coating and its application in preservation of fresh fruits and vegetables: A review. *Food Chemistry Advances*, *2*, 100–251. https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100251

Tolve, R., Cela, N., Condelli, N., Di Cairano, M., Caruso, M. C., & Galgano, F. (2020). Microencapsulation as a tool for the formulation of functional foods: The phytosterols' case study. In *Foods* (Vol. 9, Issue 4). MDPI Multidisciplinary Digital Publishing Institute. https://doi.org/10.3390/foods9040470

Varela-Trinidad, G. U., Domínguez-Díaz, C., Solórzano-Castanedo, K., Íñiguez-Gutiérrez, L., Hernández-Flores, T. de J., & Fafutis-Morris, M. (2022). Probiotics: Protecting Our Health from the Gut. In *Microorganisms* (Vol. 10, Issue 7). MDPI. https://doi.org/10.3390/microorganisms10071428

Vázquez, L., González, D., & Mojica, A. (2016). *Efecto de goma guar sobre las características reológicas de masa de trigo y propiedades físicas y sensoriales de pan cocido con vapor*. *1*(1), 56–63.

Verma, G. (2013). FTIR Spectroscopy-A Technique for the Evaluation of Edible Oil Oxidation. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, *5*, 294–296. www.ijsr.net

Vivek, K., Mishra, S., Pradhan, R. C., Nagarajan, M., Kumar, P. K., Singh, S. S., Manvi, D., & Gowda, N. N. (2023). A comprehensive review on microencapsulation of probiotics: technology, carriers and current trends. *Applied Food Research*, *3*(1), 100–248. https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100248

Wang, Y., Wu, J., Lv, M., Shao, Z., Hungwe, M., Wang, J., Bai, X., Xie, J., Wang, Y., & Geng, W. (2021). Metabolism Characteristics of Lactic Acid Bacteria and the Expanding Applications in Food Industry. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, *9*. https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.612285

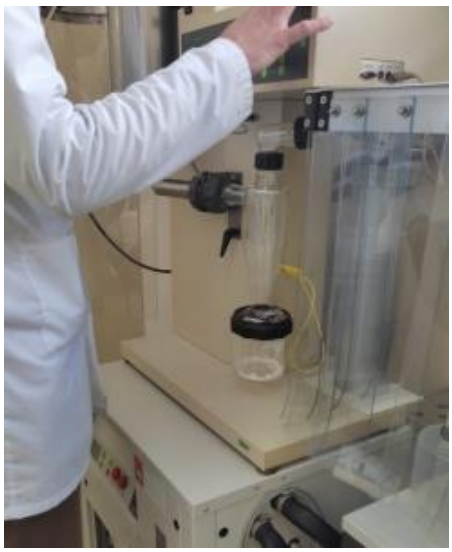
Watters, J. (2019). *Microencapsulation: How it all began.*

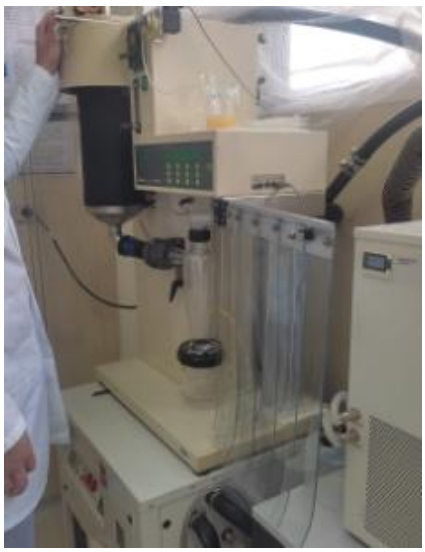
Wei, S., Bahl, M. I., Baunwall, S. M. D., Hvas, C. L., & Licht, T. R. (2021). Determining Gut Microbial Dysbiosis: a Review of Applied Indexes for Assessment of Intestinal Microbiota Imbalances. *Applied and Environmental Microbiology*, *87*(11), 1–13. https://doi.org/10.1128/AEM.00395-21

Williams, P. A., & Phillips, G. O. (2021). Gum arabic. In *Handbook of Hydrocolloids* (pp. 627–652). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820104-6.00022-X

ANEXOS

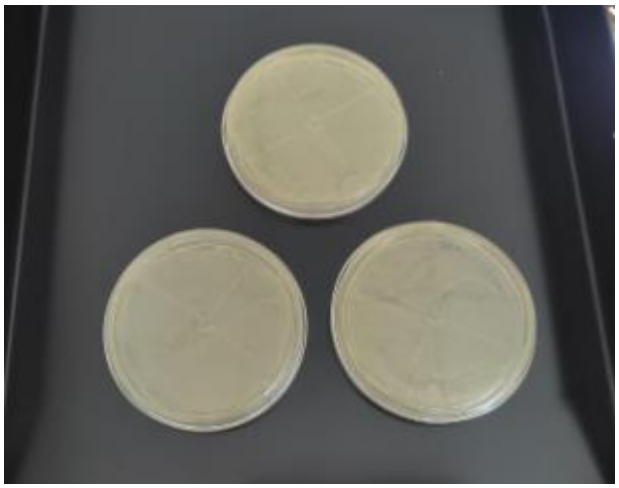
Anexo 1. Microencapsulación con goma guar, arábiga y maltodextrina

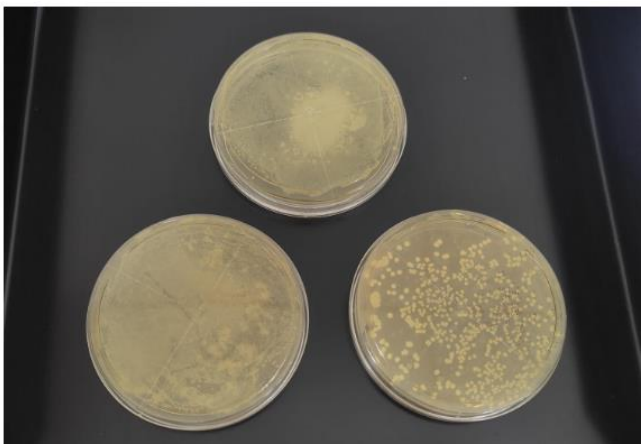






Anexo2. Análisis de viabilidad del microencapsulado





Anexo 3. Hoja de cata para el análisis sensorial del néctar

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE ALIMENTOS

"Estudio de la viabilidad de un probiótico (*Lactobacillus salivarius*) microencapsulado con dos diferentes gomas (Guar y Arábiga) aplicado en un néctar"

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Instrucciones: En la presente cata se realizará un perfil sensorial, basado en el perfil de olor, sabor, textura y apariencia. La escala será de 5 puntos, siendo 1 indica poco perceptible y 5 muy fuerte. Los parámetros correspondientes a cada perfil se detallan en cada una las tablas presentadas a continuación.

Tabla 1.- Perfil de olor, escala de 5 puntos donde "1 indica nada perceptible y 5 muy fuerte"

Olor	1	2	3	4	5
Cítrico					
Termoso					
Frutal					

Tabla 2.- Perfil de sabor, escala de 5 puntos donde "1 indica nada perceptible y 5 muy fuerte"

Sabor	1	2	3	4	5
Herbal					
Sabor característico frutal					
Ácido					
Dulzor					
Amargor					

Tabla 3.- Perfil de textura, escala de 5 puntos donde "1 indica nada perceptible y 5 muy fuerte"

Textura	1	2	3	4	5
Pegajosa					
Granulosidad					
Espesor					
Viscosidad					

Tabla 4.- Perfil de apariencia, escala de 5 puntos donde "1 indica nada perceptible y 5 muy fuerte"

Apariencia	1	2	3	4	5
Color característico de maracuyá					
Brillo					
Separación de fases					
Presencia de partículas					

Observaciones: _____

Anexo 4. Socialización de la cata del néctar





