



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN
ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
CARRERA DE BIOTECNOLOGÍA



Microencapsulación de microorganismos mediante secado por aspersión con
aplicación industrial

Informe Final de Integración Curricular, Modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención de título de Ingeniera en Biotecnología, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autora: María Fernanda Altamirano Sánchez

Tutor: Ph.D. Orestes Darío López Hernández

Ambato - Ecuador

Marzo - 2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

Ph.D. Orestes Darío López Hernández

CERTIFICA:

Que el presente Informe Final de Integración Curricular ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final de Integración Curricular bajo la Modalidad 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, 06 de enero de 2022

Ph.D. Orestes Darío López Hernández

C.I. 175478486-4

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, María Fernanda Altamirano Sánchez, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final de Integración Curricular, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Biotecnología, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



María Fernanda Altamirano Sánchez

C.I. 185103482-5

AUTORA

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos docentes calificadores, aprueban el presente Informe Final de Integración Curricular, modalidad 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:

Presidente del Tribunal

MSc. Mayra Fernanda Chico Terán
C.I. 1003327044

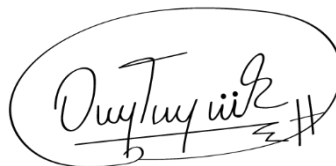
Dr. William Ricardo Calero Cáceres
C.I. 1714348859

Ambato, 31 de enero de 2022

DERECHOS DEL AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que considere el presente Informe Final de Integración Curricular 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 de Integración Curricular, 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.

A handwritten signature in black ink, enclosed in an oval. The signature is cursive and appears to read 'María Fernanda Altamirano Sánchez'.

María Fernanda Altamirano Sánchez

C.I. 185103482-5

AUTORA

DEDICATORIA

A mis padres Héctor y Ana, por sus consejos, apoyo incondicional y su infinito amor; a los cuales espero llenar de orgullo siempre.

A mis hermanos Diego y Belén, por estar siempre a mi lado y compartir momentos inolvidables.

A mis abuelos Gonzalo, Enma y Luisa, por sus enseñanzas y sobre todo por quererme tanto y consentirme.

A mi nana María, por su aprecio y habernos cuidado y protegido desde pequeños.

A mi enamorado Santiago por su amor, paciencia y por confiar en mí siempre.

Con todo mi amor

Fernanda Altamirano

“Para empezar un gran proyecto, hace falta valentía.
Para terminar un gran proyecto, hace falta perseverancia”

-Anónimo-

AGRADECIMIENTO

A Dios, la virgen María y mis ángeles del cielo por la protección y bendiciones que me dan cada día.

A mis padres, por cada aliento que me brindaron para no rendirme cuando existieron dificultades.

A mis hermanos, por apoyarme en los momentos buenos y malos a lo largo de este camino.

A mi nana, por estar a mi lado, corregirme y darme su cariño.

A mi cuñado, por la buena voluntad que tiene con la familia.

A mi sobrino Felipito, que, con su ternura, sus locuras y risas, me ha brindado varios momentos de felicidad.

A mi enamorado, por ser una excelente persona y confidente, así como también darme ánimos en los momentos difíciles.

A mi tutor Ph.D. Orestes López, por guiarme y aconsejarme durante el desarrollo del presente Informe Final de Integración Curricular.

A mis amigas Daniela López, Daniela Cofre y Cristina Dumas, por brindarme su apoyo y cariño en todo momento y acompañarme en mis alegrías y tristezas.

A mis docentes, por sus enseñanzas, su conocimiento y sobre todo por inspirarme a ser mejor y a demostrar mis capacidades.

Finalmente, a la Universidad Técnica de Ambato y en especial a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología por acogerme para poder desarrollarme como profesional.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	iv
DERECHOS DEL AUTOR.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
Capítulo I.....	1
Marco Teórico.....	1
1.1. Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1. <i>Microencapsulación</i>	1
1.1.2. <i>Secado por Aspersión</i>	3
1.1.3. <i>Materiales de Pared</i>	4
1.1.4. <i>Microorganismos Benéficos</i>	5
1.1.5. <i>Características de los Microorganismos Secados por Aspersión</i>	6
1.2. Objetivos.....	15
1.2.1. <i>Objetivo General</i>	15
1.2.2. <i>Objetivos Específicos</i>	15
Capítulo II.....	16
Metodología.....	16
2.1. Materiales.....	16
2.1.1. <i>Fuentes de Información</i>	16

2.2. Métodos	16
2.2.1. <i>Criterios de Búsqueda</i>	16
2.2.2. <i>Variables Estudiadas</i>	17
2.2.3. <i>Organización de la Información</i>	17
2.2.4. <i>Análisis de la Información</i>	17
Capítulo III.....	18
Resultados y Discusión	18
3.1. Industria Alimentaria Humana	18
3.2. Industria Alimentaria Animal.....	45
3.3. Industria Agrícola y Ambiental.....	50
3.4. Industria de la Salud	58
Capítulo IV.....	62
Conclusiones y Recomendaciones	62
4.1. Conclusiones.....	62
4.2. Recomendaciones	64
Referencias Bibliográficas	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquematización del mecanismo de secado por aspersión.....	3
---	---

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los métodos de microencapsulación.....	2
Tabla 2. Revisión de los microorganismos microencapsulados mediante secado por aspersión con aplicación en la industria alimentaria humana	19

Tabla 3. Revisión de los microorganismos microencapsulados mediante secado por aspersión con aplicación en la industria alimentaria animal	46
Tabla 4. Revisión de los microorganismos microencapsulados mediante secado por aspersión con aplicación en la industria agrícola y ambiental	51
Tabla 5. Revisión de los microorganismos microencapsulados mediante secado por aspersión con aplicación en la industria de la salud.....	59

RESUMEN

Los productos funcionales que poseen microorganismos beneficiosos están adquiriendo popularidad en el mercado mundial. La viabilidad de los microorganismos presentes en los productos puede verse afectada durante el procesamiento, almacenamiento e ingestión por el consumidor. La microencapsulación por secado por aspersión permite prolongar el tiempo de consumo de dichos productos y preservar la viabilidad celular. En el secado por aspersión, se atomiza un fluido en una corriente de aire caliente para obtener partículas secas con bajo contenido de agua.

Por consiguiente, en el presente trabajo se presenta una revisión de las investigaciones más recientes sobre el secado por aspersión de microorganismos eficientes con aplicación en las industrias alimentaria humana, alimentaria animal, agrícola y ambiental y salud, con referencia específica a las mejores condiciones que permiten obtener polvos de elevada viabilidad celular. Los principales temas tratados son los tipos de microorganismos microencapsulados, el objetivo del estudio, recuento de células viables, el medio de crecimiento, los agentes encapsulantes, parámetros de operación, equipo y condiciones de almacenamiento.

Dentro del análisis realizado, se puede dilucidar que se han microencapsulado bacterias, levaduras, cianobacterias y hongos con distintas finalidades. Especialmente se han reportado una gran cantidad de estudios sobre bacterias con aplicación en la industria alimentaria humana, mientras que en la industria de la salud se han publicado una mínima cantidad de investigaciones. Por otro lado, se ha determinado que el género y especie, los materiales de pared, al igual que los parámetros de operación influyen significativamente en la viabilidad celular y la eficiencia de microencapsulación.

Palabras clave: Secado por atomización; Secado por pulverización; Bacterias; Hongos; Levaduras; Cianobacterias; Probióticos; Polímeros.

ABSTRACT

Functional products containing beneficial microorganisms are gaining popularity on the world market. The viability of microorganisms present in products can be affected during processing, storage and ingestion by the consumer. Microencapsulation by spray drying makes it possible to prolong the consumption time of said products and preserve cell viability. In spray drying, a fluid is atomized in a stream of hot air to obtain dry particles with low water content.

Therefore, in the present job it is presented a review of the most recent research on the spray drying of efficient microorganisms with application in the human food, animal food, agricultural and environmental and healthcare industries, with specific reference to the best conditions that allow obtaining powders with high cell viability. The main topics covered are the types of microencapsulated microorganisms, the objective of the study, viable cell count, growth medium, encapsulating agents, operating parameters, equipment and storage conditions.

Within the analysis carried out, it can be determined that bacteria, yeasts, cyanobacteria and fungi have been microencapsulated for different purposes. Especially a large number of studies on bacteria with application in the human food industry have been reported, while in the healthcare industry a minimal amount of research has been published. On the other hand, it has been determined that the genus and species, the wall materials, as well as the operating parameters significantly influence cell viability and microencapsulation efficiency.

Keywords: Spray drying; Bacteria; Mushrooms; Yeasts; Cyanobacteria; Probiotics; Polymers.

Capítulo I

Marco Teórico

1.1. Antecedentes Investigativos

1.1.1. Microencapsulación

La microencapsulación es un proceso a través del cual se encierran ingredientes activos líquidos, gaseosos o sólidos a partir de materiales de revestimiento, con la finalidad de aislar y proteger del ambiente circúndate al material de interés (**Ghosh, 2006**). El producto formado mediante esta técnica son partículas pequeñas denominadas según su dimensión en: macropartículas (>1000 mm), micropartículas (1-800 mm) y nanopartículas (<1 mm). En relación con su configuración interna y morfología las micropartículas se clasifican en: microcápsulas y microesferas (**Benita, 2006**).

Las microcápsulas son partículas heterogéneas que consisten en un núcleo central contenido por la sustancia de interés, que esta recubierto por una película polimérica fina. Mientras que, las microesferas se basan en sistemas de matriz en las que el principio activo esta disuelto o suspendido de manera uniforme en el polímero encapsulante (**Favaro et al., 2008; Zárate et al., 2021**).

Aplicaciones de la Microencapsulación. La microencapsulación se desarrolló en el año 1931 con la divulgación de una investigación que detalla la elaboración de microcápsulas de gelatina a partir del proceso de coacervación. Este método estuvo sujeto a diferentes variaciones durante el siglo XX y se empleó principalmente para encapsular colorantes y aplicarlos en la industria del papel para calcar (**Remuñán & Alonso, 1997**).

En los años subsecuentes, la microencapsulación se propagó a diversas industrias, entre ellas, cosmética, textil, agrícola, farmacéutica, alimentaria, biomédica, biotecnológica, así como en la generación de energía, catálisis y defensa (**Dubey et al., 2009**). Generalmente se ha aplicado para encapsular aromas y enzimas (**Thies, 2004**), cremas y polvos (**Saez et al., 2007**), antimicrobianos, hormonas y antibióticos (**Gordon, 2002**), insecticidas y acaricidas, feromonas de insectos y quelantes (**Dubey et al., 2009**),

microorganismos (Lobo et al., 2019), ingredientes farmacéuticos activos (Saez et al., 2007), además de aceites, colorantes, acidulantes, vitaminas y compuestos volátiles (Rodrigues et al., 2019).

Métodos de Microencapsulación. Se han implementado diferentes métodos para microencapsular sustancias de naturaleza variada, que se dividen en tres categorías: métodos físicos, químicos y fisicoquímicos (Tabla 1) (Saez et al., 2007). Los métodos físicos implican calentamiento o reducción de la solubilidad. El método químico se basa en reacciones químicas de partículas pequeñas que se polimerizan para dar lugar a la cubierta. Por último, en el método fisicoquímico los componentes que conforman la cáscara se sedimentan tras el cambio de temperatura o pH y se sitúan en la superficie del núcleo para originar la corteza (Fu & Hu, 2017).

Tabla 1. Clasificación de los métodos de microencapsulación

Categoría	Métodos específicos
Método físico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Secado por aspersion ▪ Enfriamiento por aspersion ▪ Lecho fluidizado ▪ Evaporación de solventes ▪ Extrusión ▪ Centrifugación ▪ Liofilización ▪ Suspensión de aire ▪ Boquilla vibrante ▪ Co-cristalización
Método químico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Solidificación ▪ Polimerización <i>in situ</i> e interfacial ▪ Inclusión molecular
Método fisicoquímico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coacervación simple y compleja ▪ Gelificación iónica ▪ Liposomas ▪ Baño de secado ▪ Métodos que usan fluidos supercríticos

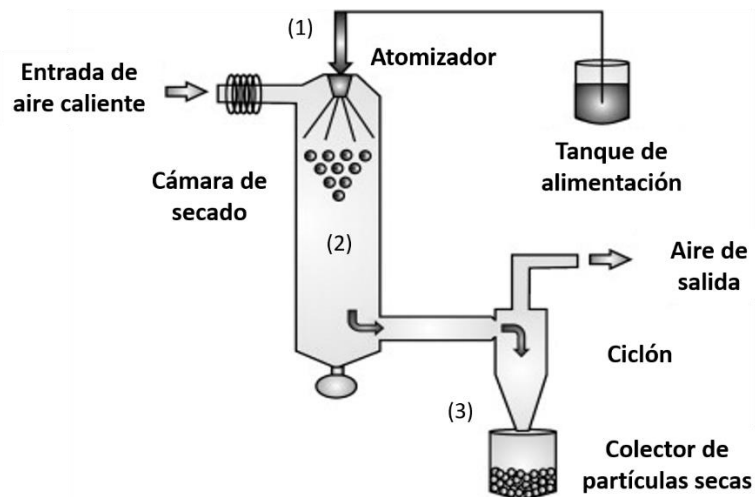
Nota: Tomado de *Temperature sensitive colour-changed composites*, por F. Fu & L. Hu, 2017, *Journal of Advanced High Strength Natural Fibre Composites in Construction*.

1.1.2. Secado por Aspersión

El secado por aspersión es un método antiguo empleado para producir micropartículas con características similares a polvos finos (Corrêa et al., 2019). En la actualidad, este método es el más utilizado debido a su bajo costo, fácil aplicación, elevada eficiencia, capacidad de producción a escala industrial (Rodrigues et al., 2019), facultad para originar micropartículas con buenas propiedades, posibilidad para utilizar varios materiales de pared y capacidad para encapsular materiales lábiles como microorganismos y proteínas (Tomaro et al., 2013).

El proceso de encapsulación mediante secado por aspersión comprende tres pasos fundamentales (Figura 1). El primero es la pulverización del alimento (mezcla de núcleo y materiales de pared) que puede ser una emulsión, suspensión o disolución en gotitas finas. Seguidamente, las pequeñas gotas de la alimentación son sometidas por unos pocos milisegundos a una corriente de aire caliente a temperatura entre 110 a 220°C que permite la evaporación del disolvente, dando lugar a la formación de micropartículas sólidas. Por último, el polvo sólido es recuperado en un envase apropiado (Cal & Sollohub, 2010; Corrêa et al., 2019).

Figura 1. Esquemmatización del mecanismo de secado por aspersión



Nota: El gráfico representa las etapas del proceso de secado por aspersión: (1) Pulverización, (2) Transformación de gota a partículas sólidas y (3) Recolección del producto. Tomado de *Advantages and challenges of the spray-drying technology for the production of pure drug particles and drug-loaded polymeric carriers*, por A. Sosnik & K. Seremeta, 2015, (vol 223), *Advances in Colloid and Interface Science*.

Por otro lado, cabe mencionar que al método de secado por aspersión se lo conoce también con los siguientes nombres: secado por atomización; secado por spray; secado por pulverización; secado por rocío; secado por nebulización y spray drying (O. López & Gómez, 2008).

Factores que influyen en el secado por aspersión. Las micropartículas formadas por secado por aspersión generalmente presentan un diámetro entre 10 a 40 micrómetros, además pueden encontrarse de manera individual o por conglomerados y tener una geometría esférica o irregular (Thies, 2005).

Las propiedades del polvo y el rendimiento del proceso están condicionadas por diferentes factores, entre ellos, el equipo, propiedades fisicoquímicas de la solución a alimentar, velocidad del sistema, temperaturas de entrada y salida, al igual que la densidad, tipo de material encapsulante y el núcleo (Corrêa et al., 2019).

Operaciones complementarias previas al proceso de secado. Según Sedej et al. (2016), para optimizar y mejorar la calidad del polvo sólido se aplican operaciones preliminares al secado por aspersión, que concentran el material activo que se pretende encapsular. Entre los métodos empleados se encuentran la centrifugación, ultracentrifugación, evaporador al vacío, mecánico, nanofiltración, ultrafiltración, osmosis inversa o bolsas de tela, para concentrar productos como yogurt (Kumar & Mishra, 2004), microorganismos (biomasa) (Acordi et al., 2018) y proteínas de suero (Prabhuzantye et al., 2019).

1.1.3. Materiales de Pared

El material de pared es la barrera que protege al núcleo del ambiente externo. También es denominado material de revestimiento, cáscara, fase externa o membrana (Ramos et al., 2018). Esta fase externa se dispone en una o varias capas y se caracteriza por ser inerte, sostenible, cubrir y contener el material activo. En el secado por aspersión se emplean diferentes materiales de pared, como caseinato de sodio, ácido polimetacrílico, goma de mezquite, goma arábiga, prebióticos y películas comestibles (Coimbra et al., 2020).

Prebióticos. Los prebióticos son componentes alimenticios no digeribles que contribuyen a la salud del ser humano (**Roberfroid, 2007**). En la microencapsulación son una alternativa para elevar la viabilidad de los probióticos, resistir los ácidos gástricos e hidrólisis enzimática. Entre los prebióticos se encuentran la inulina, dextrina (maltodextrina y ciclodextrina), oligosacáridos, fructooligosacáridos, galactooligosacáridos, isomaltooligosacáridos y polidextrosa (**Sarao & Arora, 2017**).

Materiales de revestimiento comestibles. De acuerdo con **Quirós et al. (2014)**, para microencapsular probióticos es requerido emplear materiales de recubrimiento comestibles, siendo los más empleados los polisacáridos (almidón, derivados de celulosa, alginato, quitosano, pectina, quitina); disacáridos (sacarosa y lactosa); proteínas (colágeno, zeína, gelatina, proteínas de suero, proteína de soja); lípidos (ceras y grasas), además de leche desnatada en polvo y jarabe de glucosa.

1.1.4. Microorganismos Benéficos

Los microorganismos se encuentran en todos los ecosistemas del planeta. Gran parte de ellos no causan enfermedades y muchos son beneficiosos e inocuos. Estos últimos corresponden a una amplia variedad de géneros, clases y filos de bacterias, levaduras u hongos; los cuales son muy utilizados en diferentes procesos industriales, como la producción de diferentes matrices alimentarias funcionales a partir de probióticos, prácticas agrícolas sostenibles y biorremediación para el cuidado del medio ambiente (**Sundh et al., 2012**).

Probióticos. Los probióticos se basan en microorganismos vivos que administrados en una proporción adecuada otorgan beneficios para la salud del hospedero, especialmente en el tracto digestivo (**Borchers et al., 2009**). Las cepas benéficas empleadas con mayor frecuencia pertenecen a los géneros *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, adicionalmente se encuentra *Streptococcus*, *Enterococcus* y *Saccharomyces*. El efecto probiótico se logra con un consumo mínimo de $10^6 - 10^7$ UFC/g o mL; por lo tanto, es requerido que las industrias garanticen la supervivencia celular (**Sarao & Arora, 2017**). La microencapsulación mediante la técnica de secado por aspersion permite

preservar la viabilidad de los probióticos para que ejerzan sus efectos benéficos.

1.1.5. Características de los Microorganismos Secados por Aspersión

En estudios recientes se ha reportado la microencapsulación de diferentes microorganismos benéficos mediante secado por aspersión, entre ellos se encuentran:

Bacillus megaterium. *B. megaterium* es una bacteria grampositiva, aerobia, de tamaño grande que se desarrolla entre 3-45 °C. Esta especie es ominepresente y se encuentra en el suelo, miel, sedimentos, agua marina y desechos petroquímicos (Goswami et al., 2018). Se ha empleado ampliamente en la industria ya que produce amilasas, deshidrogenasas, penicilina acilasa, así como biotensioactivos, antibióticos y vitaminas. Adicionalmente, se ha reportado su uso para el control biológico de enfermedades de las plantas, fijación de nitrógeno y producción de biosurfactantes (Stancu, 2020).

Bacillus thuringiensis. *B. thuringiensis* consiste en una bacteria grampositiva, anaerobia facultativa, entomopatógena, con forma de bastón encontrada generalmente en el suelo (Ujváry, 2010). Este organismo se ha empleado durante años para controlar insectos y larvas de insectos, puesto que es capaz de generar una amplia gama de proteínas insecticidas mortales (Cry, Cyt y Vip) para diferentes órdenes como lepidópteros, coleópteros y dípteros. Además, es una alternativa a los agroquímicos ya que es amigable con el ambiente y segura para los seres humanos (Bravo et al., 2015).

Bacillus polymyxa. *B. polymyxa* en la actualidad nombrada *Paenibacillus polymyxa* radica en una rizobacteria grampositiva, anaerobia facultativa que crece en condiciones óptimas a 30 °C y pH 6,5 a 8. Esta especie posee una variedad de plantas hospedadoras como el frijol verde, raigrás perenne, trigo, cebada, ajo y trébol blanco (Timmusk et al., 2005). Tiene la capacidad de fijar el nitrógeno, solubilizar el fósforo, proteger del estrés abiótico, inducir tolerancia a la sequía, sintetizar antibióticos (polimixinas y fusaricidinas) y antagonizar oomicetos, hongos y bacterias fitopatógenas (Jeong et al., 2019).

Bifidobacterium adolescentis. *B. adolescentis* radica en una bacteria grampositiva, anaerobia, con forma de varilla que habita comúnmente en el tracto digestivo de animales y humanos y se desarrolla a 37 °C. Se ha incorporado en la leche y el yogur debido a sus elevadas tasas de supervivencia a ambientes ácidos (**Biavati & Mattarelli, 2018**). Por otro lado, presenta beneficios en la salud gastrointestinal, es capaz de sintetizar vitaminas B, previene el estreñimiento, produce folato en el colon, actúa contra los norovirus (**Li et al., 2016**) e induce células Th17 (**Tan et al., 2016**).

Bifidobacterium animalis. *B. animalis* es una especie bacteriana anaerobia, grampositiva, con morfología de bastón que produce ácido láctico. Es ideal para formular productos lácteos fermentados por su resistencia al estrés oxidativo, ambientes ácidos y temperaturas altas de 41-43 °C. Son parte de la microbiota autóctona del tracto gastrointestinal del ser humano y otros mamíferos (**Brunser, 2013**). Además, son considerados probióticos por prevenir la diarrea aguda, aliviar el estreñimiento, estimular el sistema inmune (**Quigley, 2017**) y controlar la obesidad (**Pedret et al., 2018**).

Bifidobacterium bifidum. *B. bifidum* consiste en un organismo bacteriano, mesófilo, anaerobio que tolera la acidez y habita el tracto digestivo de animales y humanos, boca, leche materna y zona vaginal. Esta especie se ha empleado como iniciador de lácteos e ingrediente principal de productos nutraceúticos. Posee efectos biofuncionales como adhesión celular, anticancerígeno, inmunomodulador, antiinflamatorio, además, actúa contra el eccema en bebés y mitiga los síntomas del síndrome de intestino irritable (**Ku et al., 2016**).

Bifidobacterium longum. *B. longum* se basa en una bacteria grampositiva, anaerobia, con aspecto de bastón que crece en condiciones ambientales de 31 a 41 °C y pH de 6,5 a 7,0 (**Morales & Ruiz, 2016**). Esta especie produce ácido láctico y es considerada como el primer colonizador del tracto digestivo de los recién nacidos. En el año 2002 se integraron las especies *B. longum*, *B. suis* y *B. infantis* en una única especie denominada *B. longum* debido a su alta similitud de ADN, sin embargo, su actividad probiótica difiere del biotipo (**Lawley et al., 2017**).

Bifidobacterium longum subsp. longum. Este biotipo es eficaz para aliviar enfermedades infecciosas, inmunológicas y gastrointestinales, a su vez es capaz de estabilizar la microbiota intestinal y prevenir la rinitis alérgica (**Wong et al., 2019**).

Bifidobacterium longum subsp. infantis. Esta bacteria alivia síntomas del síndrome del intestino irritable, modula la respuesta inflamatoria (colitis ulcerosa y psoriasis), reduce la hinchazón y gases, además, brinda protección contra infecciones (**Henrick et al., 2019**).

Enterococcus faecium. *E. faecium* radica en una bacteria ácido láctica, grampositiva, anaerobia facultativa, con morfología de coco que prolifera a 35 °C. Es parte de la microflora de animales y humanos, la cavidad oral y el aparato femenino, por lo que se considera un organismo comensal, no obstante, algunas cepas son patógenas (**Fariñas & Torres, 2007**). Es considerado un potencial probiótico en humanos para tratar la diarrea, reducir el colesterol y sintetizar compuestos antimicrobianos; y en los animales para tratar la diarrea de mascotas y disminuir el amoníaco en las heces (**Zommiti et al., 2018**).

Gulosibacter molinivorax. *G. molinivorax* es un organismo bacteriano grampositivo, aerobio, no ácido resistente que crece a temperaturas entre 10-41 °C. Esta especie tiene la capacidad de degradar el herbicida molinato en metabolitos que son hidrolizados por otras bacterias no asociadas (**Manaia et al., 2004**).

Issatchenkia occidentalis. *I. occidentalis* también conocida como *Pichia occidentalis* consiste en una levadura acidófila, halotolerante, redonda, que se encuentra en las uvas y crece a temperaturas entre 25-30 °C (**X. Wang et al., 2020**). Combate infecciones fúngicas, inhibe la virulencia, adhesión y generación de biopelículas de *Candida albicans* y *Candida no albicans*, actúa como agente desintoxicante de hidrolizados hemicelulósicos y decolorante de varios tintes azoicos de aguas residuales (**Kunyeit et al., 2020**).

Lactobacillus acidophilus. *L. acidophilus* es una bacteria grampositiva, anaerobia, con forma de bacilo que crece entre los 37-42 °C en medios ácidos con un pH de 5,5 a 6; generalmente reside en la boca, tracto intestinal y la

vagina (**Bull et al., 2013**). Este organismo produce ácido láctico y otros compuestos como etanol, peróxido de hidrógeno y antimicrobianos. Es considerada probiótica ya que ayuda en la digestión, absorción de nutrientes y la restauración del equilibrio bacteriano (**Shori et al., 2019**).

Lactobacillus casei. *L. casei* se basa en una bacteria grampositiva, con aspecto de bastón resistente a amplios rangos de pH y temperatura. Esta especie produce ácido láctico y sustancias antimicrobianas. Se aísla de alimentos (productos lácteos) o del tracto gastrointestinal y reproductivo (**Gobbetti & Minervini, 2014**). De manera general, se usa como probiótico por su efecto inmunomodulador y eficacia en la reducción de diarreas (**Shori et al., 2019**).

Lactobacillus delbrueckii. *L. delbrueckii* conocida anteriormente como *L. bulgaricus* consiste en una bacteria bacilo grampositiva, ácido láctica que se encuentra en el tracto digestivo. Esta especie crece en ambientes ácidos a pH entre 4,6-5,4 y temperaturas de 43-46 °C. *L. delbrueckii* se combina generalmente con *Streptococcus thermophilus* para la elaboración de yogurt (**Lorenzo et al., 2018**). Se ha reportado que ejerce efectos probióticos en especial en el colon humano, sistema inmunológico y mejora el índice de antioxidantes del riñón e hígado (**Oyeniran et al., 2020**).

Lactobacillus helveticus. *L. helveticus* radica en una bacteria termófila, grampositiva, facultativa anaerobia, con configuración de varilla que tiene una elevada actividad proteolítica y es capaz de sintetizar ácido láctico. Tradicionalmente se ha empleado como cultivo iniciador en la elaboración de quesos suizos e italianos. Es considerado probiótico por su capacidad de prevenir infecciones intestinales, estimular el sistema inmune y producir péptidos que inhiben la enzima convertidora de angiotensina lo cual alivia la presión arterial (**Giraffa, 2014; Griffiths & Tellez, 2013**).

Lactobacillus murinus. *L. murinus* denominada también como *Ligilactobacillus murinus* se basa en una bacteria anaerobia que se desarrolla a 37 °C. Naturalmente se localiza en el intestino de mamíferos, incluido roedores, perros y aves de corral (**Reimer et al., 2019**). En relación con otros lactobacilos esta especie no se ha estudiado a profundidad, sin embargo, ha

ganado interés por su acción probiótica en la alergia alimentaria, hipertensión, producción de antimicrobianos, diabetes tipo 1 e inflamación asociada a la edad **(Lebovitz & Theus, 2019)**.

Lactobacillus paracasei. *L. paracasei* es una especie bacteriana grampositiva, con forma de bastón, que genera ácido láctico y se desarrolla entre los 10-37 °C. Esta bacteria se encuentra en plantas, productos lácteos y la microbiota intestinal de humanos y animales. Comúnmente es empleada como cultivo iniciador y probiótico, dado que tolera los ácidos y la bilis, trata enfermedades digestivas, crónicas y obesidad, además favorece la respuesta inmunitaria **(Smokvina et al., 2013)**.

Lactobacillus pentosus. *L. pentosus* es una bacteria grampositiva, con forma de bastón que se desarrolla en medios con temperaturas cercanas a 30 °C y pH neutro, y se encuentra en aceitunas verdes, comida o aserrín en estado fermentado **(Delgado et al., 2005)**. Este organismo fermenta la xilosa y glucosa en ácido láctico. Además, posee capacidades probióticas relacionadas con la mejora de la inmunidad de la mucosa y producción de bacteriocinas **(Aarti et al., 2016)**.

Lactobacillus plantarum. *L. plantarum* (en el presente *Lactiplantibacillus plantarum*) radica en una bacteria grampositiva, ácido láctica que se desarrolla a 15 °C, pH entre 4-8 y NaCl al 4 %. Se encuentra en piensos, alimentos, al igual que en las mucosas de humanos y animales **(Lorenzo et al., 2018)**. Particularmente se ha empleado en la industria alimenticia como iniciador microbiano o probiótico ya que posee efectos benéficos sobre la salud del cerebro, trastornos metabólicos y salud intestinal **(Behera et al., 2018)**.

Lactobacillus reuteri. *L. reuteri* consiste en una bacteria grampositiva, anaerobia facultativa, que crece entre 20 a 45 °C y diferentes rangos de pH. Esta especie coloniza de forma natural el tracto intestinal de diferentes seres vivos, la piel, leche materna y el tracto urinario. Posee propiedades probióticas, entre ellas, generar componentes antimicrobianos como reuterina o etanol que controlan la invasión de bacterias patógenas, fortalecer la barrera intestinal y beneficiar el sistema inmunológico **(Mu et al., 2018)**.

Lactobacillus rhamnosus. *L. rhamnosus* es una bacteria grampositiva, anaerobia que convierte la lactosa en ácido láctico, crece a temperaturas entre 15 a 45 °C y se encuentra en el cuerpo especialmente en los intestinos (**Calasso & Gobbetti, 2011**). Varias cepas de esta bacteria se emplean como probióticos por su capacidad para restablecer la barrera intestinal, resistir al ácido y bilis, prevenir y tratar la diarrea, aliviar los síntomas del intestino irritable, combatir alergias, tratar el acné y proteger contra caries (**Rai, 2019**).

Lactobacillus spp. Consiste en bacterias grampositivas, ácido lácticas, microaerófilas, con morfología de bacilos que se cultivan a 37 °C. Se aíslan de diferentes fuentes, alimentos fermentados, plantas o el organismo de animales (**Rodríguez et al., 2021**). Esta especie es considerada como probiótico ya que tiene una elevada capacidad para retener metaloides tóxicos y metales, modula la respuesta inmune y produce sustancias antagónicas antibacterianas (**García et al., 2009**).

Lactococcus lactis. *L. lactis* radica en una bacteria grampositiva, mesófila, con forma de coco que produce ácido láctico y transforma proteínas de la leche en sustancias aromatizantes. Son anaerobios facultativos y se desarrollan a 10 °C, pero no a 45 °C. Esta especie se aísla de productos vegetales o lácteos y se emplea generalmente para producir queso, cerveza y manteca (**Mills et al., 2011**). Además, se considera un probiótico ya que posee actividad antiinflamatoria, anticancerígena (**Sharma, 2019**), antimicrobiana y antioxidante (**Yerlikaya, 2019**).

Ligilactobacillus salivarius. *L. salivarius* (originalmente *Lactobacillus salivarius*) se basa en una bacteria, mesófila grampositiva, productora de ácido láctico, presente en la saliva y el tracto gastrointestinal de humanos y animales (cerdos y aves) (**Dec et al., 2021**). Es un probiótico prometedor que mejora la salud intestinal y trata enfermedades graves como asma, cáncer y halitosis, además, libera compuestos antimicrobianos, entre ellos, bacteriocinas y ácidos grasos (**Chaves et al., 2017**).

Methylobacterium radiotolerans. *M. radiotolerans* es una bacteria gramnegativa, aerobia obligada, de tipo bacilo, ubicua, mesófila de crecimiento

lento. Es considerada un patógeno oportunista que se aísla de varias fuentes ambientales (suelo, agua residual, hojas y muestras clínicas). En adición, este organismo es capaz de tolerar la radiación, agentes desinfectantes y cloración (Tang et al., 2021). Además, se ha reportado que participa en la formación de nódulos, fijación del nitrógeno y fomenta el crecimiento de las plantas (Dourado et al., 2015)

Meyerozyma caribbica. *M. caribbica* se basa en una levadura que se aísla de frutas o suelos y está estrechamente relacionada con *M. guilliermondii*. Este organismo sintetiza ácido málico y enzimas como amilasa, glucoamilasa, pululanasa, xilanasa y celulasa (Rattanapattokin et al., 2020). Se ha reportado su uso para el control del fitopatógeno *Colletotrichum gloeosporioides* en mangos (Bautista et al., 2013) y para la biorremediación de manganeso de aguas contaminadas (Amorim et al., 2018).

Meyerozyma guilliermondii. *M. guilliermondii* consiste en una levadura con morfología ovoide a alargada que crece a 25 °C. Está distribuida ampliamente en la naturaleza (agua, flores, suelo, frutas, piel, excremento de insectos) y como patógenos oportunistas de animales y humanos (Kurtzman, 2011). Esta especie es capaz de producir vitamina riboflavina, ácido cítrico y xilitol; aumentar la microbiota del rumen; actuar contra la antracnosis del mango y degradar hidrocarburos aromáticos policíclicos, taninos y saponinas (Arevalo et al., 2017).

Pediococcus acidilactici. *P. acidilactici* se basa en una bacteria grampositiva, ácido láctico, anaerobia facultativa, de tipo coco que se desarrolla en rangos extremos de temperatura, pH y presión osmótica. Se halla principalmente en productos cárnicos, lácteos, vegetales fermentados, tracto digestivo y rumen (Song et al., 2018). Posee propiedades probióticas, pues mejora la salud intestinal, sintetiza pediocinas (péptido antimicrobiano), alivia el estrés, actúa como agente antioxidante, antiulceroso, antitumoral y protector de la radiación UV (Bhagat et al., 2020).

Propionibacterium freudenreichii. *P. freudenreichii* es una bacteria grampositiva anaerobia que tiene la facultad de producir ácido propiónico, CO₂

y vitamina B. Se desarrolla de manera óptima a 30 °C a un pH de 6-7 y se emplea para la fabricación de quesos emmental y suizos, ya que otorga un sabor a nuez, dulzor y forma los característicos agujeros a través de la liberación de CO₂ (**Bachmann et al., 2011**). Este organismo posee efectos prebióticos al promover la proliferación de bacterias sanas; tiene actividad probiótica dado que mejora la microbiota intestinal, es antiinflamatorio y ayuda al estreñimiento; además actúa como postbiótico ya que libera metabolitos beneficiosos (**Carmo et al., 2017**).

Rhizobium leguminosarum. *R. leguminosarum* es una bacteria gramnegativa, aerobia, cosmopolita que se encuentra en el suelo. Esta especie es simbiótica fijadora de nitrógeno que induce la formación de nódulos en las raíces de ciertas plantas leguminosas. Se clasifica en tres biovares: *viciae*, *trifolii* y *phaseoli* que son específicos para la lenteja, haba, guisante; trébol; y frijol, respectivamente (**Brown et al., 2011**). Además, está asociado con el aumento del rendimiento de cultivos, incremento de la fertilidad de suelo y la estimulación del crecimiento de las plantas (**Gopalakrishnan et al., 2015**).

Saccharomyces cerevisiae. *S. cerevisiae* corresponde a una levadura ubicua, anaeróbica facultativa, con forma ovoide que crece a 30-35 °C. Se emplea para la fabricación de pan y vino debido a su capacidad de realizar fermentación alcohólica. Generalmente se encuentra en frutas maduras, plantas, suelos y en la mucosa del tracto respiratorio e intestinal de los humanos (**Parapouli et al., 2020**). Es un agente probiótico de humanos y animales que trata varios tipos de diarrea, infecciones vaginales, inactiva toxinas bacterianas y actúa como antimicrobiano, anticancerígeno y antiinflamatorio (**Srinivas et al., 2017**).

Saccharomyces cerevisiae var boulardii. *S. boulardii* se basa en una cepa estrechamente relacionada con *S. cerevisiae* a nivel molecular, sin embargo *S. boulardii* presenta mayor resistencia al estrés ácido y a altas temperaturas de 37 °C, además no produce ascosporas ni emplea galactosa. Presenta efectos beneficiosos y probióticos, previene la diarrea, atenúa la gastroenteritis aguda y trata la inflamación e infección gastrointestinal (**West et al., 2016**).

Sphingomonas sp. Es una especie bacteriana gramnegativa, aerobia obligada, de tipo bacilo que se encuentra en hábitats acuáticos y terrestres, rizosferas de plantas, así como ambientes contaminados. Este organismo promueve el crecimiento de las plantas, antagoniza varios microorganismos (bacterias y hongos fitopatógenos), y aporta a la biorremediación degradando xenobióticos, entre ellos, tolueno, fenantreno, lindado, xileno y naftaleno (Luo et al., 2019).

Spirulina platensis. *S. platensis* actualmente denominada *Arthrospira platensis* es una cianobacteria filamentosa que se crece en lagos alcalinos con pH de 9-10 y a temperaturas sobre los 35 °C (Masojídek & Torzillo, 2014). Es considerado un alimento saludable puesto que es rico en proteínas, vitaminas, polisacáridos y minerales. Además, produce ficocianinas (pigmento azul), posee actividad antioxidante, antiinflamatoria, mejora la inmunosenescencia, previene y trata neuropatías, desnutrición, diabetes mellitus y ciertos tumores y contribuye a reducir la eutrofización del agua (Sánchez et al., 2003).

Streptococcus thermophilus. *S. thermophilus* es una bacteria grampositiva, anaerobia facultativa, ácido láctica, con forma esférica que tiene una temperatura de crecimiento óptima de 42 a 45 °C y es sensible a la sal. Esta especie se emplea como cultivo iniciador en yogur, queso y otros productos lácteos. Se encuentra comúnmente en el sistema digestivo, genital y urinario (Harnett et al., 2011). Se ha reportado que posee actividad probiótica al prevenir y tratar el estreñimiento, diabetes, diarrea, controlar la gastritis y poseer efectos antiinflamatorios y antimutagénicos (Martinović et al., 2020).

Trichoderma asperellum. *T. asperellum* radica en un hongo filamentoso, comúnmente aislado de raíces, madera, suelo, biomasa fúngica y tejido de plantas. Este organismo secreta glucanasas, quitinasas y proteasas que degradan la pared celular de los hongos, e incluso xilanasas las cuales inducen resistencia a los cultivos y mejoran su inmunidad (Wu et al., 2017). Por consiguiente, es considerado un promotor de crecimiento de las plantas y un agente biocontrolador eficaz de diferentes microorganismos patógenos, como *Rhizoctonia solani*, *Corynespora cassiicola* y *Fusarium oxysporum* (Q. Wang et al., 2015).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Microencapsular microorganismos mediante secado por aspersión con aplicación industrial.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar los organismos microencapsulados mediante secado por aspersión y su aplicación industrial.
- Establecer los materiales de pared y parámetros de operación empleados en los procesos de microencapsulación de los compuestos bioactivos.
- Proponer los grupos de microorganismos que se pueden microencapsular según la aplicación.

Capítulo II

Metodología

La metodología empleada para lograr los objetivos propuestos se basó en una revisión sistemática actualizada en la que se describen aspectos importantes de los trabajos publicados desde el año 2016 sobre la microencapsulación de microorganismos mediante la técnica de secado por aspersion que tienen aplicabilidad industrial en el ámbito alimenticio, agrícola, ambiental y salud.

2.1. Materiales

2.1.1. Fuentes de Información

Bases de Datos de Investigación Científica. Se llevó a cabo una búsqueda de artículos científicos en las bases de datos científicas disponibles en la red, concretamente en SciELO, Dialnet, NCBI y Frontiers, así como las disponibles en el sistema de la Universidad Técnica de Ambato, entre ellas, Wiley, Taylor & Francis, SpringerLink y Scopus.

Libros Electrónicos. Se realizó investigaciones en libros digitales para adquirir una visión global del tema en cuestión e información relevante de los microorganismos estudiados; para ello se usó la plataformas de eLibro y ProQuest.

Repositorios Académicos. Se obtuvo información de los análisis desarrollados respecto el tema establecido en trabajos de fin de estudios (grado, máster y doctorado), disponibles en el repositorio de la Universidad Técnica de Ambato, otras universidades del Ecuador y del exterior.

2.2. Métodos

2.2.1. Criterios de Búsqueda

Para explorar la información se emplearon términos de búsqueda en el idioma inglés y español, entre ellos, “Microencapsulation”, “Spray drying”, “Microorganism”, “Probiotics”, “Agriculture” y otros. Además, se aplicó limitadores de búsqueda referentes a la antigüedad de la referencia bibliográfica no mayor a cinco

años y criterios de exclusión como los trabajos de microencapsulación de compuestos sintetizados por los microorganismos.

2.2.2. Variables Estudiadas

De cada investigación seleccionada se obtuvo información respecto a las siguientes variables.

- * Microorganismos de estudio
- * Objetivo de la investigación
- * Medio de crecimiento
- * Materiales de pared
- * Condiciones y parámetros de operación
- * Recuento de células viables
- * Equipo utilizado
- * Condiciones de almacenamiento

2.2.3. Organización de la Información

Los trabajos elegidos se clasificaron según la aplicación industrial, a su vez se realizó una subdivisión de bacterias, hongos, levaduras y cianobacterias. Esta información junto a las variables en estudio se organizó mediante el empleo de tablas de datos en las cuales se presentó los datos principales de forma concisa. Adicionalmente, se empleó Mendeley con el estilo APA séptima edición tanto para gestionar las citas y bibliografías como para organizar y compilar los documentos.

2.2.4. Análisis de la Información

La información obtenida se analizó de manera crítica contrastando los datos de cada trabajo y en base a ello se extrajo conclusiones parciales.

Capítulo III

Resultados y Discusión

3.1. Industria Alimentaria Humana

En los últimos años, la tendencia alimentaria mundial ha girado en torno al consumo de alimentos que a más de ser nutritivos sean beneficiosos. En este sentido, se han desarrollado alimentos funcionales que contienen probióticos, los cuales en ciertas cantidades confieren un beneficio a la salud del huésped. La incorporación de probióticos en productos alimenticios está condicionado por la inestabilidad, por lo que para proteger las cepas sensibles se ha empleado la microencapsulación mediante secado por aspersión (**Kaur & Singh, 2017**).

A continuación, en la Tabla 2 se muestra los microorganismos microencapsulados mediante secado por aspersión que se han aplicado en la industria alimentaria humana y en la misma se encuentra información sobre los tipos de microorganismos, el objetivo con el que fue utilizado, el medio empleado para multiplicarlo, materiales de pared, parámetros de operación, recuento de células viables, equipo y condiciones de almacenamiento.

Tabla 2. Revisión de los microorganismos microencapsulados mediante secado por aspersión con aplicación en la industria alimentaria humana

Microorganismo	Objetivo del estudio	Medio de crecimiento	Material de pared	Parámetros de operación	Recuento de células viables	Equipo	Almacenamiento	Fuente
Bacterias								
<i>Bifidobacterium adolescentis</i>	Microencapsular bacterias del ácido láctico para protegerlas de lesiones por la permeabilidad del ácido gástrico o la bilis intestinal.	Caldo MRS con glucosa Extracto de té verde: 10 % p/p	Maltodextrina : 95 % Isomaltooligo sacárido: 5 %	Temperatura de entrada: 100-140 °C Temperatura de salida: 50-85 °C Presión: 140 kPa Flujo de aire de secado: 0,20 m ³ /min.	Antes del secado: 9,3 log UFC /g Después del secado: 8,2 log UFC/g Supervivencia: 88,1 %	Spray dryer EYELA (EYELA SD-1000, Japón)	Recipiente de polietileno de alta densidad a 37 °C por 4 meses	(Lin et al., 2019)
<i>Bifidobacterium animalis</i> spp. lactis	Producir un jugo de jussara probiótico con <i>Bifidobacterium</i> spp. lactis en polvo.	Cultivo comercial Jugo de jussara: 1 % p/p	Total: 15 % p/p Maltodextrina : 50 % Inulina: 50 %	Temperatura de entrada: 140 ± 2 °C Temperatura de salida: 65 ± 2 °C Velocidad del aire: 4,3 m/s Presión: 0,25 MPa Caudal de alimentación: 0,3 L/h	Antes del secado: 11,5 log UFC/g Después del secado: 10,66 ± 0,19 log UFC/g Supervivencia: 92,69 %	Secador escala de laboratorio LabPlant SD-06 (Huddersfield, Inglaterra) Diámetro boquilla: 0,5 mm Cámara de pulverización: 500 x 215 mm	-	(Paim et al., 2016)
<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. lactis INL1	Microencapsular la cepa probiótica derivada de la leche materna <i>B. animalis</i> INL1 utilizando conjugados de proteína de suero y dextranos, obtenidos	Caldo MRS con cisteína	Aislado de proteínas de suero Conjugados de dextranos: 6 kDa	Temperatura de entrada: 170 °C Temperatura de salida: 81 ± 1 °C Velocidad de alimentación: 270 mL/h Presión: 0,1 MPa	Antes del secado: 9 ± 0,5 log UFC/g Después del secado: 8,5 ± 0,5 log UFC/g Supervivencia: 94,44 %	Secador por pulverización a escala de laboratorio ADL311S (Yamato, Japón)	Temperatura a 4 °C durante 1 año	(Loyeau et al., 2018)

	por reacción de Maillard.							
<i>Bifidobacterium bifidum</i> BB-12	Producir microcápsulas de una y dos capas de los probióticos <i>S. boulandii</i> , <i>L. acidophilus</i> y <i>B. bifidum</i> mediante enfriamiento por aspersión y secado por aspersión.	Caldo MRS enriquecido con 0,05 % de L-cisteína	10 % de goma arábica/ beta – ciclodextrina en proporción 9:1	Temperatura de entrada: 120 °C Temperatura de salida: 50 °C Velocidad de alimentación: 16,5 ml/min	Después del secado: 6,88 ± 0,40 log UFC/g Supervivencia: 82,02 ± 4,41 %	Secador por pulverización a escala de laboratorio Buchi-290 (Flawil, Suiza)	Recipiente a -18 °C	(Tontul & Erbas, 2017)
<i>Bifidobacterium infantis</i> ATCC 15679	Evaluar la viabilidad de aumentar la supervivencia de <i>B. infantis</i> y <i>L. plantarum</i> usando mucílagos y fracciones de proteína soluble de semillas de chía o linaza como materiales encapsulantes y la viabilidad de los probióticos encapsulados en jugo instantáneo en polvo	Caldo MRS suplementado con L-cisteína-HCl (0,05 % p/v)	Maltodextrina : 7,5 % p/p Mucílago de linaza: 0,2 % p/p Proteína soluble de linaza: 7,5 % p/p	Temperatura de entrada: 110 °C Temperatura de salida: 75-80 °C Velocidad de alimentación: 6 g/min	Después del secado: 10,5 log UFC/g Supervivencia: 98,57 %	Secador por atomización de laboratorio LabPlant SD-05 (Huddersfield, Inglaterra) Diámetro de boquilla: 1,5 mm Cámara de pulverización: 500 x 215 mm	Botellas de vidrio estériles a 4 °C por 45 días	(Bustamante et al., 2017)
	Efecto de tres polisacáridos (inulina y mucílagos	Caldo MRS con L-cisteína-HCl (0,05 %, p / v)	Maltodextrina : 14,4 % p / v	Temperatura de entrada: 90 °C	Antes del secado: entre 9 y 10 log UFC/mL.	Spray dryer de laboratorio Lab-Plant SD-05,	Botellas de vidrio estériles a 4 °C durante 60 días	(Bustamante et

<i>Bifidobacterium infantis</i> ATCC 15679	de semillas de chía y lino) para aumentar la supervivencia de bacterias probióticas microencapsuladas.		Mucílago de semilla de chía: 0,6 % p/v	Caudal de alimentación: 6 g/min	Después del secado: 10,50 ± 0,10 log UFC/g Supervivencia: 97,24 ± 2,32 %	(Huddersfield, Inglaterra) Diámetro de boquilla: 1,5mm Cámara de atomización: 500×215 mm		al., 2020)
<i>Bifidobacterium longum</i> ATCC 15707	Efecto de tres polisacáridos (inulina y mucílagos de semillas de chía y lino) sobre la supervivencia de bacterias probióticas microencapsuladas.	Caldo MRS con L-cisteína-HCl (0,05 %, p/v)	Maltodextrina : 14,4 % p/v Mucílago de semilla de chía: 0,6 % p/v	Temperatura entrada: 90 °C Caudal de alimentación: 6 g/min	Antes del secado: entre 9 y 10 log UFC/mL Después del secado: 10,24 ± 0,31 log UFC/g Supervivencia: 96,07 ± 0,07 %	Spray dryer de laboratorio Lab-Plant SD-05, (Huddersfield, Inglaterra) Diámetro de boquilla: 1,5 mm Cámara de atomización: 500 × 215 mm	Botellas de vidrio estériles a 4 °C durante 60 días	(Bustamante et al., 2020)
<i>Enterococcus faecium</i>	Evaluar la estabilidad del encapsulado de <i>E. faecium</i> a través de las pruebas gastrointestinales simuladas.	Caldo MRS	Concentrado de proteína de suero: 50 % p/p Fructanos de agave nativo: 50 % p/p	Temperatura de entrada: 170 °C Temperatura de salida: 90 ± 5 °C Velocidad de alimentación: 4 g/min Flujo de aire de secado: 40 mL/min Presión: 60 mmHg	Antes del secado: 10,57 log UFC/g Después del secado: 9,26 log UFC/g Supervivencia: 87,60 % Rendimiento: 88,43 %	Spray dryer (modelo B-290, Büchi, Suiza) Diámetro de boquilla: 0,7 mm Cámara de atomización: 500 x 215 mm	Recipiente de vidrio estéril a 5 °C por 30 días	(Cancino et al., 2020)
<i>Lactobacillus acidophilus</i> LA-5	Investigar la capacidad de supervivencia de <i>L. casei</i> y <i>L. acidophilus</i> LA5 después del secado	Caldo MRS	Jugo de Maoluang A) 20 % Maltodextrina	Temperatura de entrada: 160 °C Temperatura de salida: 80 °C	Antes del secado: 10 log UFC/mL Después del secado: A) 8,76 log UFC/g B) 8,80 log UFC/g C) 8,81 log UFC/g	Secador por pulverización (Ingeniería JCM, Bangkok, Tailandia)	Bolsas laminadas (PET/PP/AL) selladas al vacío y almacenadas en el frigorífico	(Chaikham et al., 2017)

	por aspersión con jugo de Maoluang (<i>Antidesma bunius</i>) más maltodextrina, goma de <i>Tiliacora triandra</i> e inulina.		B) 10 % Maltodextrina + 10 % Goma de <i>Tiliacora triandra</i> C) 10 % Maltodextrina + 10 % Inulina	Velocidad de alimentación: 0,6 a 1 L/h Presión: 15 psi	Supervivencia: A) 87,6 % B) 88 % C) 88,1 %	Flujo en corriente.		
<i>Lactobacillus acidophilus</i> LA-5	Producir microcápsulas de una y dos capas de los probióticos <i>S. boulardii</i> , <i>L. acidophilus</i> y <i>B. bifidum</i> mediante enfriamiento por aspersión y secado por aspersión.	Caldo MRS	10 % de goma arábica/ beta – ciclodextrina en proporción 9:1	Temperatura de entrada: 120 °C Temperatura de salida: 50 °C Velocidad de alimentación: 16,5 ml / min	Después del secado: 6,97 ± 0,51 log UFC/g Supervivencia: 93,51 ± 0,57 %	Secador por pulverización a escala de laboratorio (Buchi-290, Flawil, Suiza)	Recipiente a -18 °C	(Tontul & Erbas, 2017)
<i>Lactobacillus acidophilus</i> LA-5	Optimizar la microencapsulación de <i>L. acidophilus</i> mediante secado por aspersión, utilizando extracto de soja y maltodextrina como material de pared	Caldo MRS	Maltodextrina / Extracto de soja: 2: 3 p/p	Temperatura de entrada de aire: 87 °C ± 1 °C Caudal de alimentación: 0,54 L/h	Después del secado: ≥ 9 log UFC/g Supervivencia: 82,95 ± 1,22 %	Secador por atomización a escala de laboratorio (MSDI 1.0 Labmaq do Brasil, São José do Rio Preto Brasil)	Recipientes herméticos de vidrio sellados, esterilizados y situados a 4 ± 1 °C durante 45 días	(Acordi et al., 2018)
<i>Lactobacillus acidophilus</i> LA-5	Evaluar la supervivencia del microorganismo microencapsulado incorporado en una	Fructooligosacáridos: 6 % p/v Leche desnatada UHT	Inulina: 10 % v/v	Temperatura de entrada: 120 °C Caudal de aire de secado: 55 m ³ /h Presión: 0,4 MPa	Antes del secado: 10,5 log UFC/g Después del secado: 9,0 log UFC / g Supervivencia:	Spray dryer Buchi B-290 Mini (BucFhlia, Wil, Suiza)	Temperatura: -18 °C	(Santos et al., 2019)

	mousse a condiciones gastrointestinales simuladas in vitro.			Tasa de aspiración: 82 % Flujo de alimentación: 10 ml/min	85,71 % Rendimiento: 86,5 % Supervivencia a ácidos: 78,7 %			
<i>Lactobacillus acidophilus</i> LA-5	Optimización de los parámetros de secado por pulverización para la encapsulación de <i>L. acidophilus</i> en suero y goma arábica y su aplicación en la producción de yogurt	Caldo MRS	Suero en polvo: 83 % Goma arábica: 17 %	Temperatura de entrada: 140 °C Temperatura de salida: 53 °C ± 2 °C Caudal de alimentación: 0,485 L/h	Antes del secado: 9,42 log UFC/g Después del secado: 8,95 log UFC/g Supervivencia: 95,3 % Rendimiento: 48,36 %	Spray dryer (Labplant® Spray Dryer SD-06A,164 North Yorkshire, UK)	Adicionado en yogurt a 4 °C durante 28 días	(Leylak et al., 2021)
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Evaluar el efecto de tipos de microcápsulas a base de proteínas y el almacenamiento en diversas temperaturas ambientales sobre la supervivencia de <i>L. acidophilus</i> .	Caldo MRS	D-glucosa: 6 % p/v Caseinato de sodio: 6 % p/v Aceite vegetal: 10 % p/v Maltodextrina : 10 % p/v	Temperatura de entrada: 150 °C Temperatura de salida: 65 °C Flujo de alimentación: 20 ml/min Flujo de aire de secado: 35 m ³ /h Presión: 4 MPa	Antes del secado: 9,99 log UFC/mL Después del secado: 9,20 ± 0,12 log UFC/g Supervivencia: 92,09 %	Secador por atomización (GEA, Anhydro / PSD52, Singapur)	En desecador hasta llegar al equilibrio. Bolsa de papel de aluminio en incubadora a 25 °C por 2 semanas	(Diana wati et al., 2017)
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Microencapsular bacterias del ácido láctico para protegerlas de lesiones por la permeabilidad del	Caldo MRS con glucosa Extracto de té verde: 10 % p/ p	Maltodextrina : 95 % Isomaltooligo sacárido: 5 %	Temperatura de entrada: 100 -140 °C Temperatura de salida: 50-85 °C Presión: 140 kPa	Antes del secado: 9,0 log UFC / g Después del secado: 8,1 log UFC/g Supervivencia: 90 %	Spray dryer EYELA (EYELA SD-1000, Japón)	Recipiente de polietileno de alta densidad a 37 °C por 4 meses	(Lin et al., 2019)

	ácido gástrico o la bilis intestinal.			Flujo de aire de secado: 0,20 m ³ /min.				
<i>Lactobacillus acidophilus</i> LA3	Evaluar el efecto de la velocidad de alimentación y la concentración de pectina sobre las características del polvo seco de <i>L. acidophilus</i>	Caldo MRS	Pectina: 14 g/L Leche desnatada reconstituida: 30 g/L Maltodextrina : 2 g/L	Temperatura de entrada: 170 °C Temperatura de salida: 98 °C Flujo de aire de secado: 60 L/ min Presión: 9 kgf/cm ² Flujo de alimentación: 35 mL/min	Antes del secado: ~8,56 log UFC/g Después del secado: 8,47 log UFC/g Supervivencia: 79,07 %	Secador por atomización LM-MSD modelo 1.0 (Labmac, Brasil) Diámetro de boquilla: 0,5 mm	Botellas al vacío a -18 °C por 90 días	(Slavutsky et al., 2017)
<i>Lactobacillus acidophilus</i> NRRL B-4495	Evaluar los efectos de diferentes agentes encapsulantes (almidón de maíz alto en amilosa, maltodextrina y goma arábica) sobre la viabilidad del probiótico <i>L. acidophilus</i> durante el almacenamiento.	Caldo MRS	Goma arábica: 20 % p/v	Temperatura de entrada: 140 °C Presión: 14,5 psig	Antes del secado: 9,24 log UFC/g Después del secado: 8,10 log UFC/g Supervivencia: 87,66 %	Secador por atomización a escala piloto (FT80 / 81 Tall Form Spray Dryer Armfield Inc., Ringwood, Reino Unido) en condiciones de secado en paralelo	Bolsas de aluminio envasadas al 97 de vacío, almacenadas a 4 °C por 60 días	(Reyes, Chotiko, Chouljenko, & Sathivel, 2018)
<i>Lactobacillus casei</i> ATCC 393	Estudiar la viabilidad de células de <i>L. casei</i> ATCC 393 libres y microencapsuladas mediante secado por aspersión con leche desnatada como vehículo.	-	Leche desnatada reconstituida: 200 g/L	Temperatura de entrada: 170 °C Temperatura de salida: 80-85 °C	Después del secado: 8,73 ± 0,04 log UFC/ml Supervivencia: 72,5 ± 0,7 %	Secador por pulverización mini (B290 Büchi, Suiza)	Incorporado en leche fermentada almacenada a 4 °C durante 28 días.	(Dimitrellou et al., 2016)

<i>Lactobacillus casei</i> ATCC 393	Evaluar la viabilidad del <i>L. casei</i> microencapsulado con jugo de yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) por el método de secado por aspersión	Caldo MRS	Jugo de yacón: 90 % v/v Caseinato de sodio: 10 %	Temperatura de entrada: 100 °C	Antes del secado: 12,616 ± 0,012 log UFC/mL Después del secado: 11,685 ± 0,08 log UFC/g Supervivencia: 92,62 ± 0,566 %	Secador de pulverización (Buchi Mini Spray Dryer B-290)	En condiciones de oscuridad por 30 días a temperatura de 5,4 °C	(Julca, 2020)
<i>Lactobacillus casei</i> BL23	Determinar la viabilidad de simplificar el proceso de secado por aspersión de bacterias probióticas mediante el uso de medio de doble uso con mayor contenido total de sólidos.	Suero dulce en polvo	Suero dulce con sólidos totales: 30 % Peptona de caseína: 0,5 % p/p	Temperatura de entrada: 140 °C Temperatura de salida: 63 ± 2 °C	Después del secado: 9,30 log UFC/g Supervivencia: ~ 40 %	Secador por pulverización a escala piloto Minor™ (GEA Niro A / S, Dinamarca) Diámetro de boquilla: 0,8 mm	Almacenamiento a 4 °C por 4 meses	(Huang et al., 2016)
<i>Lactobacillus casei</i> BL23	Investigar la viabilidad de ampliar el proceso de secado por aspersión de probióticos desde una escala de laboratorio a una escala piloto semiindustrial.	Caldo MRS Suero dulce (30 % sólidos totales)	Suero dulce	Temperatura de entrada: 140 ± 1 °C Temperatura de salida: 60 ± 3 °C	Antes del secado: 9,20 ± 0,03 log UFC/ml Después del secado: ~ 9 log UFC/g Supervivencia: 60 %	*Laboratorio: Mobile Minor™ secador por pulverización (GEA Niro A / S, Dinamarca). *Escala piloto semiindustrial: Bionov (Niro Atomizer, GEA, Saint Quentin en Yvelines, Francia)	Bolsas de vacío de plástico de PA/PE, almacenados a temperatura de 4 °C y mantenidos lejos de la luz durante 2 meses	(Huang et al., 2017)

<i>Lactobacillus casei</i> 01	Desarrollar un alimento funcional constituido por leche de soya en polvo con microencapsulados del probiótico <i>L. casei</i> .	Leche de soya	7,5 % de goma arábica/pectina en proporción 2:1	Temperatura de entrada: 100 °C Temperatura de salida: 65 °C Flujo de alimentación: 6 mL/min Presión: 5 Kg/cm ²	Antes del secado: 11,83 log UFC/g Después del secado: 7,76 ± 0,42 log UFC/g Supervivencia: 65,59 % Rendimiento: 62,42 ± 4,34 %	Secador por atomización, Niro atomizer, modelo Minor	Fundas metalizadas almacenadas a 4 °C por 21 días	(Molina, 2016)
<i>Lactobacillus casei</i> 01	Investigar la capacidad de supervivencia de <i>L. casei</i> y <i>L. acidophilus</i> después del secado por aspersión con jugo de Maoluang (<i>Antidesma bunius</i>) más maltodextrina, goma de <i>Tiliacora triandra</i> e inulina.	Caldo MRS	Jugo de Maoluang A) 20 % Maltodextrina B) 10 % Maltodextrina + 10 % Goma de <i>Tiliacora triandra</i> C) 10 % Maltodextrina + 10 % Inulina	Temperatura de entrada: 160 °C Temperatura de salida: 80 °C Velocidad de alimentación: 0,6 a 1 L/h Presión: 15 psi	Antes del secado: 10 log UFC/mL Después del secado: A) 8,64 log UFC/g B) 8,69 log UFC/g C) 8,73 log UFC/g Supervivencia: A) 86,4 % B) 86,9 % C) 87,3 %	Secador por pulverización (Ingeniería JCM, Bangkok, Tailandia) Flujo en co-corriente.	Bolsas laminadas (PET/PP/AL) selladas al vacío y almacenadas en el frigorífico	(Chaikh am et al., 2017)
<i>Lactobacillus casei</i> Shirota	Investigar la estabilidad de microencapsulados <i>L. casei</i> Shirota en un puñín y su supervivencia a condiciones gastrointestinales.	Caldo MRS suplementado con L-cisteína 0,5 g/L	Total: 30 % p/v) Leche desnatada reconstituida: 15 % p/v Goma arábica: 15 % p/v	Temperatura de entrada: 160 °C Temperatura de salida: 64 y 68 °C Flujo de alimentación: 9 ml/min Flujo de aire de secado: 601 L/h	Antes del secado: 9 log UFC/mL Después del secado: 8,33 log UFC/g Supervivencia: 92,55 % Eficiencia: 95,44 % ± 1,57	Spray dryer a escala de laboratorio (Buchi Mini Spray Dryer B-290, Suiza)	Frascos estériles de polietileno de alta densidad con tapas de rosca a 4 °C. En puñín a 6-8 °C durante 21 días	(Gul, 2017)

				Flujo de aspiración: 35 m ³ /h				
<i>Lactobacillus casei</i> LK-1	Determinar el agente protector adecuado para lograr una alta viabilidad del probiótico en el jugo gástrico.	Caldo MRS	Leche desnatada: 10 % p/p	Temperatura de salida: 70 °C Caudal de alimentación: 320 mL/h	Antes del secado: 9 log UFC/mL Después del secado: 8,5 log UFC/mL Supervivencia: 94,44 %	Spray dryer escala de laboratorio Bi uBc-h290 (Buchi Labortechnik AG, Switznedrl)	Empaque al vacío en bolsas de aluminio a -20 °C por 10 semanas	(Liao et al., 2017)
<i>Lactobacillus casei</i>	Obtener un simbiótico encapsulado a base de diferentes niveles de inulina y <i>L. casei</i> .	Agar MRS	Maltodextrina : 450 mg Inulina: 80 mg	Temperatura de entrada: 100 ±2 °C Temperatura de salida: 50±5 °C	Antes del secado: 16,11 log UFC/ml Después del secado: 12,31 log UFC/ml Supervivencia: 76,41 %	Mini Spray Dryer B-290 marca BÜCHI	Fundas herméticas	(S. Silva, 2018)
<i>Lactobacillus casei</i> var. <i>rhamnosus</i>	Efecto de tres polisacáridos (inulina y mucílagos de semillas de chía y lino) sobre la supervivencia de bacterias probióticas microencapsuladas.	Caldo MRS	Maltodextrina : 14,4 % p/v Mucílago de semilla de chía: 0,6 % p/v	Temperatura de entrada: 90 °C Caudal de alimentación: 6 g/min	Antes del secado: entre 9 y 10 log UFC/mL Después del secado: 8,46 ± 0,25 log UFC/g Supervivencia: 91,23 ± 2,88 %	Spray dryer de laboratorio Lab-Plant SD-05, (Huddersfield, Inglaterra) Diámetro de boquilla: 1,5 mm Cámara de atomización: 500×215 mm	Botellas de vidrio estériles a 4 °C durante 60 días	(Bustamante et al., 2020)
<i>Lactobacillus delbruekii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	Evaluar la viabilidad celular de los probióticos: <i>B. polymyxa</i> , <i>B. megaterium</i> y <i>L. delbruekii</i>	Agar M17	Inulina Maltodextrina : 35 % p/v	Temperatura de entrada: 76 °C Tasa de aspiración: 60 % Flujo de alimentación: 6 mL/min	Antes del secado: 9,47 log UFC/mL Después del secado: 6,73 log UFC/g Supervivencia: 71,06 %	BÜCHI Mini Spray Dryer B-290 Fabricado en Suiza	Bolsas de papel de aluminio esterilizadas y almacenadas a 25 °C y 4 °C durante 60 días	(De Araújo et al., 2018)

	<i>subsp. bulgaricus</i> , microencapsuladas mediante secado por atomización							
<i>Lactobacillus helveticus</i> LH 091	Evaluar diferentes materiales de pared en la encapsulación probiótica de <i>L. helveticus</i> mediante secado por atomización para su incorporación en alimentos funcionales.	Caldo MRS	Goma arábica: 50 % Maltodextrina : 50 %	Temperatura de entrada: 70 °C Temperatura de salida: 44 °C Velocidad de alimentación: 0,09 mL/min Presión: 0,10 bar	Antes del secado: 9,40 ± 0,08 log UFC/g Después del secado: 8,36 ± 0,05 log UFC/g Supervivencia: 88,93 ± 0,174 %	Secador por atomización (SD05, Planta de Laboratorio)	-	(Ribeiro et al., 2021)
<i>Lactobacillus paracasei subsp. paracasei</i>	Evaluar el almidón de arroz y de malanga como material encapsulante en la viabilidad de <i>L. paracasei</i> mediante secado por aspersión	Caldo MRS	Almidón de malanga: 10 % p/p	Temperatura de entrada: 70 °C Temperatura de salida: 39 °C Flujo de alimentación: 10 mL/min Flujo de aire: 450-565 L/h	Antes del secado: 10,05 log UFC/mL Después del secado: 9,38 log UFC/g Supervivencia: 93,34 %	Spray dryer (Mod. B-290, Büchi, Suiza)	Bolsas estériles y herméticas almacenadas por 30 días a 4 °C dentro de contenedores con sílice	(Alfaro, 2019)
<i>Lactobacillus pentosus</i>	Optimizar el proceso de microencapsulado de <i>L. pentosus</i> con máxima viabilidad utilizando una mezcla de almidón-pulque.	Caldo MRS	Almidón modificado N-Lok Pulque: 100 ml Sólidos totales: 30 %	Temperatura de entrada: 100 °C Temperatura de salida: 60 ± 3 °C Caudal del líquido: 4 ml/min	Antes del secado: 9 log UFC/mL Supervivencia: 98,3 ± 0,5 %	Spray dryer de laboratorio Buchi B-191 Labortechnik AG (Flawil, Suiza). 1 Diámetro de boquilla: 0,5mm	Recipiente plástico de poliestireno, colocado en bolsas herméticas de polietileno de baja densidad y situado a 4 °C por 12 semanas.	(Hernández et al., 2018)

<i>Lactobacillus pentosus</i> ML 82	Evaluar la eficiencia del suero de queso bovino y de búfalo como agentes encapsulantes para el secado por aspersión de dos lactobacilos y aplicarlos en un jugo de naranja.	Caldo MRS	Suero de queso bovino (CW): 400 ml Suero de queso de búfalo (BCW): 400 ml	Temperatura de entrada: 90 °C Temperatura de salida: 75 °C Velocidad de alimentación: 4,5 ml/min Caudal de aire: 1,10 m ³ /min Presión: 0,3 MPa	Antes del secado: entre 10 y 11 log UFC/ml Reducción tras el secado: *CW: 0,66 ± 0,26 log UFC/g *BCW: 0,41 ± 0,13 log UFC/g Supervivencia: *CW: 94,00 ± 2,37 % *BCW: 96,12 ± 1,23 %	Spray dryer escala de laboratorio (Labmaq ® MSD 0.5, Brasil) Diámetro de boquilla: 0,8mm	Matraces de vidrio estériles a 25 °C por 90 días	(Rama et al., 2020)
<i>Lactobacillus plantarum</i> A17	Probar la hipótesis de que si las proteínas de suero desnaturalizadas por ácido o calor antes del secado por aspersión se pueden utilizar como vías potenciales para mejorar la protección de <i>L. plantarum</i> A17.	Caldo MRS	Aislado de proteína de suero: 10 % p/p desnaturalizada a pH7	Temperatura de entrada: 110 °C Temperatura de salida: 68 a 70 °C Presión: 392 kPa Caudal de aire: 70 m ³ /h Caudal de alimentación: 6,6 mL/min	Antes del secado: 9,47-9,60 log UFC/mL Supervivencia: 69,0 ± 1,7 %	Secador por atomización a escala de laboratorio, LabPlant SD-Basic FT30MKIII (Keison, Chelmsford, Essex, Reino Unido)	-	(Khem et al., 2016)
<i>Lactobacillus plantarum</i> BM-1	Evaluar la aplicabilidad del secado por aspersión en la producción de polvo de alta viabilidad de <i>L. plantarum</i> BM-1.	Medio MRS	Leche desnatada reconstituida: 100 g/L Sacarosa: 100 g/L	Temperatura de entrada: 120 °C a 130 °C Temperatura de salida: 70 °C	Después del secado: ~9,11 log UFC/ml Supervivencia: 75,70 %	Secador por pulverización a escala de laboratorio SD-Basic (Labplant, Reino Unido)	Empaquetado herméticamente y almacenado a 4 °C	(Zhu et al., 2016)

				Caudal de alimentación: 6 ml/min Caudal de aire de secado: 70 m ³ /h Presión: 0,6 MPa				
<i>Lactobacillus plantarum</i> ATCC 8014	Evaluar la viabilidad de aumentar la supervivencia de <i>B. infantis</i> y <i>L. plantarum</i> usando mucílagos y fracciones de proteína soluble de semillas de chía o linaza como materiales encapsulantes y la viabilidad de los probióticos encapsulados en jugo instantáneo en polvo.	Caldo MRS	Maltodextrina : 7,5 % p/p Mucílago de semilla de chía: 0,6 % p/p Proteína soluble de semilla de chía: 7,5 % p/p	Temperatura de entrada: 110 °C Temperatura de salida: 75-80 °C Velocidad de alimentación: 6 g/min	Después del secado: 10,2 Log UFC / g Supervivencia: 97,98 %	Secador por atomización de laboratorio LabPlant SD-05 (Huddersfield, Inglaterra) Diámetro de boquilla: 1,5 mm Cámara de pulverización: 500 x 215 mm	Botellas de vidrio estériles a 4 °C por 45 días	(Bustamante et al., 2017)
<i>Lactobacillus plantarum</i> ATCC 8014	Emplear suero, permeado y retenido de suero como materiales de pared para la microencapsulación de <i>L. plantarum</i> ATCC 8014.	Caldo MRS	A) Suero B) Retenido de suero	Temperatura de entrada: 90 °C Temperatura de salida: 75 °C Caudal de alimentación: 0,25 L/h Caudal de aire de secado: 2,5 m ³ /min	A) Antes del secado: 10,68 log UFC/g Después del secado: 10,26 log UFC/g Supervivencia: 96,06 % B)	Secador por atomización (Labmaq - MSD 0.5, São Paulo, SP, Brasil)	*Botellas esterilizadas almacenadas a 20 °C *En leche a 4 °C	(Eckert et al., 2017)

	mediante secado por atomización				Antes del secado: 10,08 log UFC/ g Después del secado: 10,00 log UFC/g Supervivencia:99,2 %			
<i>Lactobacillus plantarum</i> ATCC 8014	Efecto de tres polisacáridos (inulina y mucílagos de semillas de chía y lino) sobre la supervivencia de bacterias probióticas microencapsuladas.	Caldo MRS	Maltodextrina : 14,4 % p/v Mucílago de semilla de chía: 0,6 % p/v	Temperatura de entrada: 90 °C Caudal de alimentación: 6 g/min	Antes del secado: entre 9 y 10 log UFC/mL Después del secado: 9,45 ± 0,17 log UFC/g Supervivencia: 94,77 ± 1,95 %	Spray dryer de laboratorio Lab-Plant SD-05, (Huddersfield, Inglaterra) Diámetro de boquilla: 1,5mm Cámara de atomización: 500×215 mm	Botellas de vidrio estériles a 4 °C durante 60 días	(Bustamante et al., 2020)
<i>Lactobacillus plantarum</i> ATCC 8014	Producir un nuevo polvo de leche de almendras funcional (un producto simbiótico debido a la presencia de bacterias probióticas junto con 'prebiótico' componentes de las almendras) mediante secado por aspersión	Caldo MRS	Leche de almendras Maltodextrina : 6 % p/v Probióticos-Material pared 1: 1 v/v	Temperatura de entrada: 170; 180 y 190 °C Temperatura de salida: 57,3± 2; 59,6 ± 2 y 62,3 ± 2 °C Caudal: 25 mL/min Presión: 0,80 MPa.	Antes del secado: 14,4; 13,5; 12,6 log UFC/g Después del secado: 14,07; 13,23; 12,26 log UFC/g Supervivencia: 97,7; 98,0; 97,3 % Rendimiento: 73,7; 77,1; 77,4 %, respectivamente	Secador por pulverización del grupo GEA (Søborg, Dinamarca) Diámetro de boquilla: ~ 0,7 mm	Bolsas de plástico al vacío durante 8 meses a 4 °C y hasta 6 meses a 22 °C	(Lipan et al., 2020)
<i>Lactobacillus plantarum</i> ATCC 8014	Evaluar la eficiencia del suero de queso bovino y de búfalo como agentes encapsulantes para el secado por	Caldo MRS	Suero de queso bovino (CW): 400 ml Suero de queso de	Temperatura de entrada: 90 °C Temperatura de salida: 75 °C Velocidad de alimentación:	Antes del secado: entre 10 y 11 log UFC/ml Reducción tras el secado:	Spray dryer escala de laboratorio (Labmaq ® MSD 0.5, Brasil) Diámetro de boquilla: 0,8 mm	Matraces de vidrio estériles a 25 °C por 90 días	(Rama et al., 2020)

	aspersión de dos lactobacilos y aplicarlos en un jugo de naranja.		búfalo (BCW): 400 ml	4,5 ml/min Caudal de aire: 1,10 m ³ /min Presión: 0,3 MPa	*CW: 0,48 ± 0,15 log UFC/g *BCW: 0,14 ± 0,15 log UFC/g Supervivencia: CW: 95,51 ± 1,36 % BCW: 98,7 ± 1,34 %			
<i>Lactobacillus plantarum</i> KLDS 1.0344	Mejorar la utilización de portadores de polisacáridos para la microencapsulación en combinación con termoprotectores para disminuir el impacto térmico del secado por atomización y aumentar la viabilidad de los probióticos.	Caldo MRS	Almidón resistente de patata: 5 g Maltodextrina : 16 g Aislado de proteína de suero: 4 g D-manosa: 5 g Sólidos totales: 30 %	Temperatura de entrada: 120 ± 2 °C Temperatura de salida: 60 ± 3 °C Velocidad de alimentación: 7 ml/min Presión: 0,3 MPa Caudal de aire de secado: 25 m ³ /h	Antes del secado: 8,2 log UFC/g Después del secado: 5,7 log UFC/g Supervivencia: 69,51 %	Secador por atomización a escala de laboratorio (Buchi B-290, Flawil, Suiza)	Viales de vidrio herméticos guardados en desecadores contenidos por una solución saturada de LiCl sellada en papel aluminio dentro de una incubadora a 25 °C	(Muhammad et al., 2017)
<i>Lactobacillus plantarum</i> MTCC2621	Producir un polvo simbiótico secado por aspersión de jugo de litchi con <i>L. plantarum</i> y diferentes materiales portadores.	Caldo MRS	Jugo de litchi pasteurizado Maltodextrina : 10 % p/v Fructooligosa cárido: 5 % p/v	Temperatura de entrada: entre 100 a 115 °C Velocidad de alimentación: 40 a 60 ml/min Presión: 14 psi	Antes del secado: 9,34 ± 0,27 log UFC/g Después del secado: 6,45 ± 0,12 log UFC/g Supervivencia: 69,05 % Rendimiento: 77,50 ± 0,19 %	Secador por pulverización (Lab Plant, Reino Unido) Diámetro de boquilla: 0,1 mm	Recipientes herméticos a 4 ± 2 °C	(Kalita et al., 2018)
<i>Lactobacillus plantarum</i> NRRL B-4496	Evaluar las condiciones de secado por aspersión	Caldo MRS	Almidón de maíz alto en amilosa:	Temperatura de entrada: 140 ± 0,21 °C	Antes del secado: 9,48 log UFC/g	Secador por atomización a escala piloto	Envasado al 97 % de vacío y	(Reyes, Chotiko ,

	para producir polvos de <i>L. plantarum</i> e investigar su viabilidad en diferentes condiciones de almacenamiento		20 % p/v	Temperatura de salida: 68,71 ± 1,15 °C Velocidad del aire de entrada: 18,2 ± 0,21 m/s Presión: 14,5 psig	Después del secado: 8,31 log UFC/g Supervivencia: 87,65 %	(FT80 / 81 Tall Form Spray Dryer Armfield Inc., Ringwood, Reino Unido) en paralelo	almacenado a 4 °C por 60 días	Chouljenko, Campbell, et al., (2018)
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Evaluar el efecto de la microencapsulación mediante el secado por aspersión sobre el potencial de <i>L. plantarum</i> en la inhibición de <i>E. coli</i> O157:H7 bajo condiciones gastrointestinales simuladas.	Caldo MRS	Maltodextrina : 60 g Inulina: 60 g	Temperatura de entrada: 170 °C Temperatura de salida: 65 °C	Antes del secado: 9,17 log UFC/ml Supervivencia: 83,3 % Eficiencia: 88,4 % Alto potencial como agente inhibidor para <i>E. coli</i> O157:H7	Secador Spray Bilon 6000s®	Recipientes plásticos oscuros a temperatura ambiente (20 ± 2 °C)	(H. Jurado et al., 2019)
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Encapsular probióticos <i>L. plantarum</i> a partir de nuevas mezclas de biopolímeros (Mucílago de Aloe vera y fructanos de agave de alto grado de polimerización).	Caldo MRS	Mucílago de aloe vera: 80 % p/p Fructanos de agave: 20 % p/p Goma arábica: 10 %	Temperatura de entrada: 150 °C Velocidad de flujo: 1,5 L/hr Velocidad de atomización: 27,500 rpm Temperatura de salida: 85 ± 2 °C	Antes del secado: 5,91 log UFC/g Supervivencia: 67,92 ± 0,62 % Rendimiento: 91,9 ± 0,59 %	Spray dryer de disco rotatorio LPG5 (CIMA Industries, China)	Bolsas de metal selladas al vacío a temperatura ambiente	(Ceja et al., 2020)
<i>Lactobacillus plantarum</i> S20	Producir un polvo de jugo de maracuyá suplementado con	Caldo MRS	Maltodextrina : 30 % v/v	Temperatura de entrada: 42 °C Temperatura de salida: 35 °C	Antes del secado: 11,2 log UFC/ml Después del secado: 4,78 log UFC/g	Secador por aspersión de baja temperatura	Viales esterilizados almacenados a 4 °C	(Lascano et al., 2019)

	probióticos y probar la estabilidad de <i>L. plantarum</i> S20 en el jugo en polvo.			Caudal de alimentación: 0,67 L/h	Supervivencia: 42,7 % Rendimiento: 21,17 %	modelo YK-100 a escala industrial (True Ten, Taiwán) y régimen en paralelo		
<i>Lactobacillus plantarum</i> NRRL B-1927	Evaluar el efecto del uso de UHPH en la capacidad microencapsulante de la leche de soja y en la capacidad de supervivencia del probiótico <i>L. plantarum</i> .	Caldo MRS	Leche de soja homogeneizada a ultra alta presión (UHPH) a 300 MPa	Temperatura de entrada: 140 °C Temperatura de salida: 80 ± 1 °C Caudal de alimentación: 1,5 y 1,75 L/h.	Antes del secado: 9,07 ± 0,07 log UFC/g Después del secado: 8,99 ± 0,02 log UFC/g Supervivencia: 83,72 ± 3,11 %	Spray dryer a escala piloto (Anhydro, PSD 52, Dinamarca) de flujo mixto	En desecador que contiene sulfato de calcio anhidro	(Cavender et al., 2021)
<i>Lactobacillus reuteri</i> KUB-AC5	Efectos combinados del aceite esencial de albahaca santa y la temperatura de entrada sobre la supervivencia del probiótico <i>L. reuteri</i> KUB-AC5	Caldo MRS	Leche desnatada estéril: 20 % p/p Aceite esencial de albahaca santa: 6 mg / ml.	Temperatura de entrada: 130 °C Temperatura de salida: 74 °C Caudal de alimentación: 6 ml/min Caudal de aire: 35 m ³ /h	Antes del secado: 9,44 ± 7,54 log UFC/g Después del secado: 9,42 ± 7,98 log UFC/g Supervivencia: 97,17 ± 2,22 % Eficiencia: 47,39 ± 0,57 %	Mini Spray Dryer BUCHI B-290 (Flawil, Suiza) en paralelo Diámetro de boquilla de dos fluidos: 0,7 mm.	Bolsas laminadas de aluminio a 4 °C	(Rodklongtan & Chitprasert, 2017)
<i>Lactobacillus reuteri</i> DPC16	Seleccionar materiales de pared de encapsulación adecuados para la protección del probiótico <i>L. reuteri</i> DPC16 mediante secado por aspersión.	Caldo MRS	Leche desnatada reconstituida: 10 % w/w	Temperatura de entrada: 160 °C Temperatura de salida: 80 °C Velocidad de alimentación: ~350 ml / min	Antes del secado: 9,163 log UFC/g Después del secado: 8,985 log UFC/g Supervivencia: 98,06 ± 0,86 %	Secador por aspersión a escala piloto Saurin SL-10 (Saurin Enterprises Pty, Australia) Diámetro de boquilla: 0,8 mm	Envasadas al vacío en bolsas de aluminio (PET/A/LDPE) y almacenadas a 25 °C durante 4 semanas	(F. Wang, 2020)

<i>Lactobacillus rhamnosus</i> MTCC-1408	Encapsular <i>L. rhamnosus</i> para usar con jugo de granada para estudiar los efectos de secado sobre la capacidad de supervivencia y tolerancia al estrés.	Caldo MRS Jugo de granada: 1 % v/v	Maltodextrina : 50 % Goma arábica: 40 % Agua: 100ml	Temperatura de entrada: 110 °C Temperatura de salida: 80 °C	Absorbancia: 600nm Densidad aparente 0,334 ± 0,015 g/cm ³	Spray Dryer escala de laboratorio de tipo alto (SMST; SM Scientech, Kolkatta, India). Diámetro de boquilla de dos fluidos: 0,7 mm.	Bolsas de polietileno a 4 °C	(Mishra & Athmas elvi, 2016)
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG	Encapsular <i>L. rhamnosus</i> GG mediante proteínas de la leche para crear matrices innovadoras (Reconstitución con agua: insolubles en agua tibia (40 °C) y solubles en fría (8 °C)).	Caldo MRS	Caseína micelar: 90 % v/v Proteína de suero desnaturalizada: 10 % v/v Quimosina: 12 IMCU/g de proteínas	Temperatura de aire de salida: 85 °C Caudal de alimentación: 87 mL/min Presión: 1 bar	Antes del secado: 9,0 ± 0,6 log UFC/g Después del secado: 8,7 ± 0,1 log UFC/g Supervivencia: 96,66 %	Spray dryer a escala piloto MicraSpray 150 (Anhydro, Soeborg, Danemark)	Recipiente plástico a 4 °C	(Guerin et al., 2017)
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> ATCC 7469	Prolongar su supervivencia en el sistema digestivo al ser un potencial probiótico.	Caldo MRS	Inulina: 4 % Goma persa: 1 % Aislado de proteína de suero: 20 %	Temperatura de entrada: 100 °C Temperatura de salida: 60 °C Caudal de alimentación: 0,5 L/h Presión: 2 bares	Antes del secado: 9,69 log UFC / g Después del secado: 9,43 log UFC/g Supervivencia: 97,31 %	Secador escala piloto (Maham Company, Irán) Flujo contracorriente	Frasco herméticamente cerrado sobre una solución saturada de cloruro de litio a 25 °C por 24 semanas	(Moayyedi et al., 2018)
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> ATCC 7469	Evaluar el efecto de las condiciones operativas en la supervivencia de <i>L. rhamnosus</i>	Caldo MRS	Concentrado de proteína de suero:	Temperatura de entrada: 169 °C Temperatura de salida: 52 °C	Antes del secado: 11,64 ± 0,2 log UFC/mL Supervivencia: 70 %	Mini secador por atomización B-290 (Büchi, Suiza)	Bolsas de aluminio	(Agudelo et al., 2021)

	microencapsulado por secado por atomización con el soporte de concentrado de proteína de suero, maltodextrina y trehalosa		Maltodextrina :Trehalosa (75:10:15)	Caudal de aire: 33 m ³ /H Caudal de alimentación: 16 ml/min				
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG LMG 18243	Optimizar la microencapsulación de <i>L. rhamnosus</i> empleando proteína de suero y almidón de arroz glutinoso como agentes encapsulantes.	Cultivo comercial	Proteína de suero: 20 % Almidón de arroz glutinoso: 80 %	Temperatura de entrada: 143 °C	Antes del secado: ~10 ⁸ UFC / g Supervivencia: 97,83 ± 2,01 % Rendimiento: 74,44 ± 3,95 %	Spray Drying Plant Mobile Minor TM 2000 (GEA process engineering Ltd, Singapur)	Recolección en condición de esterilización a 4 °C	(Thama charoen suk et al., 2020)
<i>Lactobacillus salivarius</i> NRRL B-30514	Investigar la viabilidad de probióticos <i>L. salivarius</i> con o sin adaptación térmica previa tras el secado por aspersión con diferentes medios y temperaturas de salida.	Caldo MRS	Leche desnatada reconstituida: 180 g/L Lactosa: 40 g/L Trehalosa:40 g/L	Temperatura de entrada: 170 °C Temperatura de salida: 84-86 °C	Antes del secado: ~ 9 log UFC/g Después del secado: 7,15 ± 0,03 log UFC/g Supervivencia: ~79 %	Secador por pulverización a escala de laboratorio (modelo B290, BÜCHI Corporation, Flawil, St. Gallen, Suiza)	Viales almacenados en un desecador a 21 °C durante 2 semanas	(Y. Zhang et al., 2016)
<i>Lactobacillus</i> spp.	Evaluar la viabilidad del <i>Lactobacillus</i> spp. encapsulado en maltodextrina como probiótico en el jugo de aguaymanto.	Agar MRS Jugo de aguaymanto	Maltodextrina : 15 %	Temperatura de entrada: 120 °C	Antes del secado: 9,72 log UFC/mL Después del secado: 8,74 log UFC/g Supervivencia: 89,91 %	Atomizador, marca BÜCHI mini spray dryer B-290	Empaque especial con cierre hermético a 4 °C durante 3 semanas	(Sierra & Guillen, 2017)

<i>Lactococcus lactis</i> Gh1	Microencapsular <i>L. lactis</i> Gh1 en presencia de goma arábica y partes de la planta <i>Synsepalum dulcificum</i> y luego formularlas como un yogur funcional.	Caldo MRS	Goma arábica: 5 % p/v Semilla de fruta milagrosa: 5 % p/v	Temperatura de entrada: 130 °C Temperatura de salida: 60 °C Caudal de líquido: 35,25 ml / min, Velocidad del aire: 4,3 m/s	Antes del secado: 9,60 ± 0,002 log UFC/ml Después del secado: 9,53 ± 0,003 log UFC/g Supervivencia: 99,27 % Eficiencia: 85 %	Spray dryer a escala de laboratorio (SD-06, LabPlant, Essex, Reino Unido)	Botella de vidrio Schott a 4 °C por 21 días	(Fazilah et al., 2019)
<i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i> R7	Microencapsular bacterias del ácido láctico para protegerlas de condiciones adversas (resistencia térmica y TGI).	Suero de queso en polvo	Suero: 12 %, Inulina: 10 % Aerosil: 1,25 % Contenido total de sólidos: 23,25 %	Temperatura de entrada: 100 °C Temperatura de salida: 68 °C Flujo de alimentación: 0,25L/h Flujo de aire de secado: 3 m ³ /min	Antes del secado: 13,74 ± 0,10 log UFC/g Después del secado: 13,00 ± 0,41 UFC/g Supervivencia: 94,61 %	Spray dryer (LabMaq – MSDi 1.0, São Paulo, SP, Brazil)	Viales estériles durante 6 meses a -20 ± 1°C; 4 ± 1°C y 25 ± 1°C No existe diferencias significativas	(Rosole n et al., 2019)
<i>Propionibacteriu m freudenreichii</i> ITG P20	Determinar la viabilidad de simplificar el proceso de secado por aspersión de bacterias probióticas mediante el uso de medio de doble uso con mayor contenido total de sólidos.	Suero dulce en polvo	Suero dulce con sólidos totales: 20 % Peptona de caseína: 0,5 % p/p	Temperatura de entrada: 180 °C Temperatura de salida: 73 ± 2 °C	Después del secado: 10 log UFC/g Supervivencia: ~70 %	Secador por pulverización a escala piloto MinorTM (GEA Niro A / S, Dinamarca) Diámetro de boquilla: 0,8 mm	Almacenamiento a 4 °C por 4 meses	(Huang et al., 2016)
<i>Propionibacteriu m freudenreichii</i> ITG P20	Investigar la viabilidad de ampliar el proceso de secado por	Caldo de extracto de lactato (YEL) Suero dulce	Suero dulce	Temperatura de entrada: 140 ± 1 °C Temperatura de salida: 60 ± 3 °C	Antes del secado: 9,69 ± 0,05 log UFC/mL Después del secado: ~ 9,65 log UFC/g	*Laboratorio: Mobile Minor™ spray dryer (GEA	Bolsas de vacío de plástico de PA/PE, almacenados a	(Huang et al., 2017)

	aspersión de probióticos desde una escala de laboratorio a una escala piloto semiindustrial.	(30 % sólidos totales)			Supervivencia: 100 %	Niro A / S, Dinamarca). *Escala piloto semiindustrial: Bionov (Niro Atomizer, GEA, Saint Quentin en Yvelines, Francia)	temperatura de 4 °C y mantenidos lejos de la luz durante 2 meses	
Consortios bacterianos								
<i>Bacillus polymyxa</i> y <i>Bacillus megaterium</i>	Evaluar la viabilidad celular de los probióticos: <i>B. polymyxa</i> , <i>B. megaterium</i> y <i>L. delbruekii subsp. bulgaricus</i> microencapsuladas mediante secado por atomización.	Agar Plate Count de agotamiento	Inulina Maltodextrina : 35 % p/v	Temperatura de entrada: 76 °C Tasa de aspiración: 60 % Flujo de alimentación: 6 mL/min	Antes del secado: 9,47 log UFC/mL. Después del secado: 6,82 log UFC/g Supervivencia: 72 %	BÜCHI Mini Spray Dryer B-290 fabricado en Suiza	Bolsas de papel de aluminio esterilizadas y almacenadas a 25 °C y 4 °C durante 60 días	(De Araújo et al., 2018)
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> , <i>Lactobacillus casei</i> y <i>Lactobacillus plantarum</i>	Encapsular tres bacterias probióticas con una mezcla de jugo mixto de acerola y ciruela al 40: 60 % p/p.	Caldo MRS fresco: 10 % v/v	Maltodextrina : 10 % p/p Equivalente de dextrosa de maltodextrina : 5	Temperatura de entrada: 140 °C Temperatura de salida: 90 °C Caudal de aire de secado: 30 m ³ /h Presión: 0,6 MPa Caudal de alimentación: 0,60 L/h	Antes del secado: 10,39±0,21 log UFC/g Después del secado: 8,53 ± 0,04 log UFC/g Supervivencia: 82,09 %	Mini spray dryer, modelo MSD 1.0 (Labmaq, Ribeirao Preto, SP, Brasil) Diámetro de boquilla: 1,2 mm	Envasado en botellas de polipropileno, conservado durante 1 h a 9 ± 2 °C	(Souza et al., 2020)

Levaduras								
<i>Issatchenkia occidentalis</i> ApC	Microencapsular dos posibles levaduras probióticas utilizando maltodextrina y sacarosa o sorbitol para mejorar su eficacia mediante secado por aspersión	Medio extracto de levadura peptona dextrosa (YPD)	A) Sacarosa: 2 % Maltodextrina : 15 % B) Sorbitol: 2 % Maltodextrina : 15 %	Temperatura de entrada: 110 ± 3 °C Temperatura de salida: 50-60 °C Velocidad de alimentación: 1 ml/min	Antes del secado: 9 log UFC/ml Después del secado: A) 7,40 ± 0,02 log UFC/g B) 7,32 ± 0,02 log UFC/g Supervivencia: A) 82,22 % B) 81,33 %	Secador por pulverización a escala de laboratorio (Jay Instruments & Systems Pvt. Ltd., Mumbai, India) Diámetro de boquilla: 0,5 mm	Recipiente hermético a 4 °C	(Suryabhan et al., 2019)
<i>Saccharomyces boulardii</i>	Producir microcápsulas de una y dos capas de los probióticos <i>S. boulardii</i> , <i>L. acidophilus</i> y <i>B. bifidum</i> mediante enfriamiento por aspersión y secado por aspersión.	Caldo de malta de levadura	10 % de goma arábica / Beta – ciclodextrina en proporción 9:1	Temperatura de entrada: 120 °C Temperatura de salida: 50 °C Velocidad de alimentación: 16,5 ml/min	Después del secado: 7,07 ± 0,49 log UFC/g Supervivencia: 95,34 ± 0,77 %	Secador por pulverización a escala de laboratorio (Buchi-290, Flawil, Suiza)	Recipiente a -18 °C	(Tontul & Erbas, 2017)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Encapsular la levadura para prolongar su vida útil.	Medio de agar papa dextrosa (PDA)	Almidón de maíz: 10 % p/v Levadura: 5 % p/v	Temperatura de entrada: 100 ± 1 °C Temperatura de salida: 65 ± 1 °C Presión: 2,5 psi Caudal de aire: 0,50 m ³ /min Caudal de alimentación: 40 ± 1 ml/min	Antes del secado: 12,37 log UFC/ ml Después del secado: 8,35 log UFC/ml Supervivencia: 67,5±0,1 % Rendimiento: 59 % p/p	Spray dryer a escala piloto en paralelo (BE 1216, Bowen Engineering, Indianápolis, EE. UU.)	Bolsas laminadas de aluminio polietileno tereftalato (PET) en condiciones estériles a 4 ± 2 °C durante 180 días	(Chandralekha et al., 2016)

<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Microencapsular células de levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> para obtener un producto probiótico con alta viabilidad.	Medio extracto de levadura peptona dextrosa (YPD)	Maltodextrina DE 10 / Goma arábica en proporción 60:40	Temperatura de entrada: 130 ± 2 °C Temperatura de salida: 70 ± 2 °C Flujo de aire de secado: 50 m ³ /h Flujo de aire de alimentación: 500 l/h	Rendimiento de producción: 39,54 %	Secador por aspersión (BÜCHI mini spray-dryer B-290)	Funda de sello hermético	(Suárez, 2019)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> KTP	Microencapsular dos posibles levaduras probióticas utilizando maltodextrina y sacarosa o sorbitol para mejorar su eficacia mediante secado por aspersión.	Medio extracto de levadura peptona dextrosa (YPD)	A) Sacarosa: 2 % Maltodextrina : 15 % B) Sorbitol: 2 % Maltodextrina : 15 %	Temperatura de entrada: 110 ± 3 °C Temperatura de salida: 50-60 °C Velocidad de alimentación: 1 ml/min	Antes del secado: 9 log UFC/ml Después del secado: A) 7,68 ± 0,01 log UFC/g B) 7,49 ± 0,04 log UFC/g Supervivencia: A) 85,33 % B) 83,22 %	Secador por pulverización a escala de laboratorio (Jay Instruments & Systems Pvt. Ltd., Mumbai, India) Diámetro de boquilla: 0,5 mm	Recipiente hermético a 4 °C	(Suryabhan et al., 2019)
Cianobacteria								
<i>Spirulina platensis</i>	Incorporar <i>S. platensis</i> microencapsulada en yogures para mejorar su valor nutricional y aportarle los compuestos bioactivos que se encuentran en la espirulina.	Cultivo comercial	Maltodextrina reticulada con ácido cítrico	Temperatura de entrada: 170 °C Temperatura de salida: 95 °C Caudal de alimentación: 6 ml / min	Carga: 48 % Rendimiento: 75 %	Mini Spray Dryer B-290 Büchi (Flawil, Suiza) Diámetro de boquilla: 0,7 mm	Recipientes protegidos de la luz a 4 °C por 7 días	(S. C. Da Silva et al., 2019)

Como se observa en la Tabla 2 la mayor parte de los microorganismos que se han microencapsulado son bacterias, sin embargo, también se han reportado el uso de levaduras y cianobacterias. En relación con las bacterias, los géneros que se han utilizado son los siguientes: *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus* y *Propionibacterium*. A su vez, se han realizado estudios con consorcios bacterianos de los géneros *Bacillus* y *Lactobacillus*. Mientras que, respecto a las levaduras se ha reportado el uso de *Issatchenkia* y *Saccharomyces*. Por último, se ha registrado la aplicación de la cianobacteria *Spirulina*.

Las investigaciones de los diferentes microorganismos se han estudiado con distintas finalidades, entre las más comunes incrementar la supervivencia de los probióticos, proteger los microorganismos de las condiciones extremas como el ácido gástrico y la bilis, determinar los parámetros óptimos de secado y los materiales de pared apropiados. Adicionalmente, se han realizado estudios para la producción de alimentos funcionales como jugos probióticos (Julca, 2020; Mishra & Athmaselvi, 2016; Paim et al., 2016; Rama et al., 2020; Sierra & Guillen, 2017; Souza et al., 2020), así como jugos instantáneos en polvo suplementado con probióticos (Bustamante et al., 2017; Chaikham et al., 2017; Kalita et al., 2018; Lascano et al., 2019), además de polvos funcionales de leche de almendra (Lipan et al., 2020) y leche de soya (Molina, 2016). También se han incorporado en la producción de yogurt (S. C. Da Silva et al., 2019; Fazilah et al., 2019; Leylak et al., 2021), mousse (Santos et al., 2019) y pudín (Gul, 2017).

En cuanto a los medios de cultivo, el más utilizado para la bacteria del género *Bifidobacterium* es el medio Man Rogosa y Sharpe (caldo MRS) suplementado L-cisteína-HCl. En el caso de *Enterococcus* se ha empleado comúnmente el caldo MRS, al igual que para *Lactobacillus* y *Lactococcus*, no obstante para estos últimos se han reportado el uso de otros medios como el suero dulce (Huang et al., 2016), suero de queso (Rosolen et al., 2019), leche de soya (Molina, 2016) y leche desnatada (Santos et al., 2019), los cuales en relación con MRS son económicos, comestibles y fáciles de emplear para producciones en masa. A diferencia de *Propionibacterium* para el cual se ha usado suero y caldo de extracto de lactato (YEL) y para *Bacillus* el agar Plate Count. Por otro lado, el medio de crecimiento más utilizado para las levaduras *Issatchenkia* y *Saccharomyces* radica en el medio extracto de levadura peptona

dextrosa (YPD), aunque para este último también se ha reportado el uso del medio de agar papa dextrosa (PDA) y caldo de malta de levadura. Finalmente, para la cianobacteria *Spirulina* se ha informado el uso de cultivo comercial.

Por lo que se refiere a los materiales de pared para los géneros *Bacillus* y *Bifidobacterium* se ha usado principalmente la maltodextrina especialmente por ser económica, efectiva, neutral de aroma y sabor y poseer alta solubilidad en agua (**L. Zhang et al., 2018**). Adicionalmente, para *Bifidobacterium* se ha empleado inulina, aislado de proteínas y goma arábiga, mientras que en menor proporción se ha adicionado mucílago (**Bustamante et al., 2017, 2020**). Coincidentemente en el caso de *Lactobacillus* también se han utilizado estos componentes, así como leche desnatada (**Gul, 2017**), leche vegetal (**Cavender et al., 2021; Lipan et al., 2020**), sueros (**Rama et al., 2020**) y almidón (**Alfaro, 2019**). En relación con *Lactococcus* se ha aplicado en mayor proporción goma arábiga, suero e inulina (**Fazilah et al., 2019; Rosolen et al., 2019**). Respecto a *Propionibacterium* se ha reportado el uso de suero dulce (**Huang et al., 2017**) y para *Enterococcus* proteína y fructanos (**Cancino et al., 2020**). Por otra parte, para la levadura *Issatchenkia* se ha empleado particularmente maltodextrina, al igual que para *Saccharomyces* incluido también almidón y goma arábiga. Mientras que, para la cianobacteria *Spirulina* se ha ocupado maltodextrina reticulada con ácido cítrico (**S. C. Da Silva et al., 2019**).

Como se observa en la columna relacionada con los parámetros de operación, las condiciones de mayor importancia son las temperaturas de entrada y salida. En referencia a las bacterias generalmente se han empleado temperaturas de entrada y salida que oscilan entre 90-170 °C y 50-85 °C, a correspondencia. De acuerdo con **Ramakrishnan et al. (2018)** el uso de temperaturas de entrada elevadas de 170 °C pueden estar relacionadas con el material de pared de alto peso molecular que resultan en mayor viscosidad, lo que puede otorgar mayor protección al componente bioactivo, como es el caso de los conjugados de dextrano (**Loyeau et al., 2018**) y fructanos de agave (**Cancino et al., 2020**). Adicionalmente, puede deberse al empleo de prebióticos que favorecen el crecimiento de las bacterias, uno de ellos es la leche de almendras (**Lipan et al., 2020**). Por otro lado, **Lascano et al. (2019)** ha reportado el uso de temperaturas de entrada y salida más bajas de 42 y 35 °C, a correspondencia; lo que

puede asociarse con el uso del spray dryer de baja temperatura para posiblemente reducir la muerte de los microorganismos benéficos.

En otro aspecto, para las levaduras se observa que generalmente se han empleado temperaturas de entrada y salida que fluctúan entre 100-130 °C y 50-70 °C. Por lo que corresponde a las cianobacterias se ha reportado el uso de temperaturas de entrada y salida altas de 170 °C y 95 °C, respectivamente, esto puede relacionarse al empleo de maltodextrina reticulada como material encapsulante, la cual en relación a la maltodextrina normal posee mayor resistencia mecánica y térmica lo que preserva la bioactividad de los agentes activos (**L. Zhang et al., 2018**).

En cuanto al recuento de células viables se ha observado para el género *Bifidobacterium* una recuperación de las células vivas entre el 82,02-98,57 %; de manera similar en dicho rango se ha encontrado la tasa de supervivencia de *Enterococcus* y *Lactococcus*. A diferencia de *Lactobacillus* y *Bacillus* donde se ha recuperado aproximadamente un 10 % menos de células vivas. Inclusive **Huang et al. (2016)** ha reportado para *Lactobacillus* tasas de supervivencia menores, cercanas al 40 % lo que puede estar relacionado con la especie y temperatura, dado que el mismo estudio reporta una viabilidad del 70 % para *Propionibacterium* empleando una temperatura más elevada, además, un año después el mismo investigador informa una supervivencia del 100 % (**Huang et al., 2017**), por lo que se sugiere que esta especie es más robusta y tolera el calor en relación con *Lactobacillus*.

Por otro lado, **Lascano et al. (2019)** ha informado una supervivencia de *Lactobacillus* del 42,7 % que puede asociarse con un largo tiempo de secado debido al uso de temperaturas bajas, lo que influye en la viabilidad de las células bacterianas sensibles; así como también puede estar relacionado con el empleo de maltodextrina como único material de pared, dado que conforme a los artículos publicados, la maltodextrina en combinación con otros materiales encapsulantes permiten mantener una alta viabilidad microbiana. Adicionalmente, **Liao et al. (2017)** ha reportado que la maltodextrina tiene menor capacidad de protección en relación con la leche desnatada y la trehalosa. Por otro lado, en cuanto a las levaduras se ha notificado para *Issatchenkia* una supervivencia alrededor del 80 % y para *Saccharomyces* entre el 67,5 % al 95,34 %. Finalmente, acerca de la cianobacteria *Spirulina* se ha obtenido una carga del 48 %. Cabe mencionar que para los distintos microorganismos se han

reportado en gran parte resultados de células viables superiores al valor mínimo requerido para ser considerado como funcional de 6 y 7 log UFC/g (**FAO/WHO, 2002**).

Como se aprecia en la Tabla 2, en el caso de los equipos se han empleado diferentes modelos, así como diferentes escalas entre ellas de laboratorio, piloto, semiindustrial e industrial; de las cuales la escala que más se ha empleado por los investigadores es la escala de laboratorio.

Acerca del almacenamiento se ha dispuesto el polvo resultante en diferentes contenedores como recipientes y botellas de vidrio y plástico, bolsas de aluminio y plástico, así como desecadores, matraces de vidrio y viales de vidrio. Los mismos se han colocado principalmente a temperatura de 4 °C por un tiempo de 21 días hasta 1 año, pero también se han situado a temperaturas superiores de 20 a 25 °C desde 2 semanas hasta 6 meses e incluso 37 °C durante 4 meses. Como se denota a temperaturas más bajas el tiempo de almacenamiento es más prolongado, ya que a dicha temperatura la actividad metabólica es menor y los nutrientes no se consumen tan rápido como sucede con temperaturas superiores a 20 °C (**Lipan et al., 2020**). Adicionalmente, se han reportado el almacenamiento a temperaturas inferiores de -18 a -20 °C desde 90 días hasta 6 meses. En este aspecto el tiempo de almacenamiento debería ser superior a la temperatura de 4 °C, sin embargo, de acuerdo con **De Araújo et al. (2018)** la microencapsulación con agentes termo protectores pueden aumentar la supervivencia microbiana durante el almacenamiento pues reduce el estrés osmótico, oxidativo y mecánico. Por otra parte, **Y. Zhang et al. (2016)** menciona que las temperaturas de salida bajas tienen una actividad de agua alta lo que corresponde a una menor viabilidad tras el secado y a lo largo del almacenamiento.

3.2. Industria Alimentaria Animal

Durante la última década, se ha incrementado significativamente la adopción de probióticos en la alimentación de los animales de granja como una alternativa al empleo de antibióticos, dado que contribuyen a la ganancia de peso, mayor eficacia de conversión alimenticia, elevada resistencia a infecciones, así como el fortalecimiento del sistema inmune e incremento del rendimiento animal. La adición de estos microorganismos vivos debe administrarse en cantidades apropiadas para que confieran el beneficio al animal huésped, por lo que se ha implementado la técnica de microencapsulación mediante secado por aspersión para preservar la viabilidad de los mismos (**Markowiak & Ślizewska, 2018**).

Por consiguiente, en la Tabla 3 se presenta los microorganismos microencapsulados mediante secado por aspersión que se han aplicado en la industria alimentaria animal y en la misma se encuentra información sobre los tipos de microorganismos, el objetivo con el que fue utilizado, el medio empleado para multiplicarlo, materiales de pared, parámetros de operación, recuento de células viables, equipo y condiciones de almacenamiento.

Tabla 3. Revisión de los microorganismos microencapsulados mediante secado por aspersión con aplicación en la industria alimentaria animal

Microorganismo	Objetivo del estudio	Medio de crecimiento	Material de pared	Parámetros de operación	Recuento de células viables	Equipo	Almacenamiento	Fuente
Bacterias								
<i>Lactobacillus casei</i> ATCC 8014	Evaluar el efecto del suministro de <i>L. casei</i> microencapsulado en los parámetros productivos y salud intestinal del pollo de engorde.	Caldo MRS	Maltodextrina : 60 g Inulina: 60 g	Temperatura de entrada: 170 °C Temperatura de salida: 65 a 67 °C	Antes del secado: 12,60 log UFC/mL Supervivencia: 75,94 % Eficiencia: 89,36 %	Secador Spray Bilon 6000s ®	Recipiente plástico oscuro estéril almacenado a temperatura ambiente (20 ± 2 °C)	(Henry Jurado & Zambra no, 2020)
<i>Lactobacillus casei</i> ATCC® 11456	Determinar los efectos del suministro de <i>L. casei</i> en los parámetros productivos e histológicos del cuy (<i>Cavia porcellus</i>).	-	Maltodextrina : 60 g Inulina: 60 g	Temperatura de entrada: 170 °C Temperatura de salida: 65 a 67 °C	-	Secador Spray Bilon 6000s®	Recipiente plástico oscuro estéril almacenado a temperatura ambiente (20 ± 2 °C) por 20 días	(Henry Jurado et al., 2020)
<i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> 0019BL	Caracterizar cepas de <i>Bacillus</i> sp y bacterias ácido-lácticas con actividad probiótica en el tracto digestivo de tilapia roja (<i>Oreochromis</i> sp) como potencial consorcio para	Medios de cultivo sólido Plate Count y MRS	Maltodextrina : 30 % Inulina: 30 %	Temperatura de entrada: 90 °C Tasa de aspiración: 80 % Flujo de aire: 450-565 L/h Flujo de alimentación: 6 mL/min	Antes del secado: 9,47 log UFC/mL Después del secado: 6,45 log UFC/g Supervivencia: 68,10 %	Spray dryer	Bolsas de papel aluminio estériles almacenadas a 4 °C por 60 días	(Gutiérrez, 2016)

	procesos de microencapsulación.								
<i>Lactobacillus murinus</i> Ar-3	Investigar el efecto de la microencapsulación de bacterias ácido-lácticas aisladas del tracto digestivo de pollos sobre <i>Salmonella enterica</i> ATCC 13076 y <i>Escherichia coli</i> EPEC.	Caldo de levadura de peptona glucosa (PGY)	Leche desnatada: 50 % Maltodextrina : 50 %	Temperatura entrada: 160 °C Temperatura salida: 80 °C	de de	Antes del secado: 9,56 log UFC/g Después del secado: 8 log UFC/g Supervivencia: 83,94 %	Secador por atomización (SD-Basic Lap Plant)	Fundas plásticas herméticas y almacenadas a temperatura ambiente.	(Pradipta et al., 2017)
<i>Pediococcus acidilactici</i> Kd-6	Investigar el efecto de la microencapsulación de bacterias ácido-lácticas aisladas del tracto digestivo de pollos sobre <i>Salmonella enterica</i> ATCC 13076 y <i>Escherichia coli</i> EPEC.	Caldo de levadura de peptona glucosa (PGY)	Leche desnatada: 50 % Maltodextrina : 50 %	Temperatura entrada: 160 °C Temperatura salida: 80 °C	de de	Antes del secado: 8,63 log UFC/g Después del secado: 8 log UFC/g Supervivencia: 93,89 %	Secador por atomización (SD-Basic Lap Plant)	Fundas plásticas herméticas y almacenadas a temperatura ambiente.	(Pradipta et al., 2017)
<i>Streptococcus thermophilus</i> Kp-2	Investigar el efecto de la microencapsulación de bacterias ácido-lácticas aisladas del tracto digestivo de pollos sobre <i>Salmonella enterica</i>	Caldo de levadura de peptona glucosa (PGY)	Leche desnatada: 50 % Maltodextrina : 50 %	Temperatura entrada: 160 °C Temperatura salida: 80 °C.	de de	Antes del secado: 9,36 log UFC/g Después del secado: 8,42 log UFC/g Supervivencia: 90,53 %	Secador por atomización (SD-Basic Lap Plant)	Fundas plásticas herméticas y almacenadas a temperatura ambiente.	(Pradipta et al., 2017)

	ATCC 13076 y <i>Escherichia coli</i> EPEC.							
Consorcios								
<i>Bacillus megaterium</i> 0018B y <i>Bacillus polymyxa</i> 0013B	Caracterizar cepas de <i>Bacillus</i> sp. y bacterias ácido-lácticas con actividad probiótica en el tracto digestivo de tilapia roja (<i>Oreochromis</i> sp) como potencial consorcio para procesos de microencapsulación.	Medios de cultivo sólido Plate Count y MRS	Maltodextrina : 22,5 % Inulina: 22,5 %	Temperatura de entrada: 110 °C Tasa de aspiración: 65 % Flujo de aire: 450-565 L/h Flujo de alimentación: 6 mL/min	Antes del secado: 9,47 log UFC/mL Después del secado: 6,48 log UFC/g Supervivencia: 68,42 %	Spray dryer	Bolsas de papel aluminio estériles almacenadas a 4 °C por 60 días	(Gutiérrez, 2016)
<i>Lactobacillus murinus</i> Ar-3, <i>Streptococcus thermophilus</i> Kp-2, <i>Pediococcus acidilactici</i> Kd-6	Investigar el efecto de la microencapsulación de bacterias ácido-lácticas aisladas del tracto digestivo de pollos sobre <i>Salmonella enterica</i> ATCC 13076 y <i>Escherichia coli</i> EPEC.	Caldo de levadura de peptona glucosa (PGY)	Leche desnatada: 50 % Maltodextrina : 50 %	Temperatura de entrada: 160 °C Temperatura de salida: 80 °C	Antes del secado: 10,12 log UFC/g Después del secado: 9,12 log UFC/g Supervivencia: 90,01 %	Secador por atomización (SD-Basic Lap Plant)	Fundas plásticas herméticas y almacenadas a temperatura ambiente.	(Pradipta et al., 2017)

Como se visualiza en la Tabla 3 se han utilizado bacterias de diferentes géneros como *Lactobacillus*, *Pediococcus* y *Streptococcus*, al igual que consorcios bacterianos de las tres cepas mencionadas y del género *Bacillus*. Los estudios difundidos de dichas especies bacterianas se han desarrollado con diferentes objetivos, entre ellos analizar el efecto del microencapsulado en la salud intestinal de animales como pollos de engorde (Henry Jurado & Zambrano, 2020), cuyes (Henry Jurado et al., 2020) y tilapia roja (Gutiérrez, 2016), así como su acción contra *Salmonella enterica* y *Escherichia coli* (Pradipta et al., 2017).

Con respecto a los medios de cultivo tanto para *Lactobacillus*, *Pediococcus* y *Streptococcus* se ha empleado el caldo de levadura de peptona glucosa (PGY). Adicionalmente, para *Lactobacillus* se ha utilizado otros medios como MRS y Plate Count y de manera similar se han empleado estos dos medios para el género *Bacillus*.

En relación con los materiales de pared, se ha denotado el uso común de maltodextrina para los diferentes tipos bacterianos complementados con otro material como inulina en el caso de *Bacillus* o leche desnatada para *Pediococcus* y *Streptococcus* y de los dos agentes encapsulantes para *Lactobacillus*.

En cuanto a los parámetros de operación se denota que los más relevantes radican en las temperaturas de entrada y salida, las cuales para *Lactobacillus* oscilan entre 90-170 °C y 65-80 °C, respectivamente. Complementariamente, las temperaturas de los otros géneros se hallan dentro del mismo rango anteriormente mencionado.

Como se aprecia en la columna del recuento de células viables, respecto a los *Lactobacillus* se ha reportado una supervivencia entre el 68,10- 83,94 %, a diferencia de *Streptococcus*, *Pediococcus* donde se ha recuperado alrededor de 6-10 % más de células vivas, al igual que para el consorcio de estos tres géneros. Mientras que, para el consorcio de *Bacillus* se ha observado una viabilidad inferior del 68,42 %. Cabe destacar que para todas las especies bacterianas se ha informado valores de células probióticas viables dentro del nivel recomendado por la FAO (2016) de 6 y 7 log UFC/g, así como valores superiores.

En lo que atañe al almacenamiento se ha notificado el uso de bolsas de papel aluminio, al igual que recipientes y fundas plásticas a temperatura ambiente y 4 °C durante 30 y 60 días, respectivamente. Con lo que se observa que a una temperatura

más baja el polvo se conserva en un periodo más largo, ya que a estas condiciones se reducen las funciones vitales celulares y se preserva la viabilidad de los microorganismos (**Gutiérrez, 2016**).

3.3. Industria Agrícola y Ambiental

En los últimos tiempos, se ha incrementado el interés por emplear probióticos en las actividades agrícolas en lugar de agroquímicos que ocasionan impactos severos en el suelo, el agua y la salud animal y humana. Los probióticos vegetales han cumplido funciones importantes en la agricultura, ya que promueven el crecimiento de las plantas, mejoran el rendimiento, antagonizan varios patógenos, inducen inmunidad, poseen efectos bioestimulantes y biofertilizantes y tienen la capacidad de biorremediar suelos y efluentes contaminados. No obstante, la acción beneficiosa de los microorganismos se ha visto comprometida por la reducción de la vida útil en determinadas condiciones, por lo que se ha implementado la técnica de microencapsulación mediante secado por aspersion capaz de eliminar este obstáculo (**Vandenberghe et al., 2017**).

Por consiguiente, en la Tabla 4 se da a conocer los microorganismos microencapsulados mediante secado por aspersion que se han aplicado en la industria agrícola y ambiental, además, se halla información sobre los tipos de microorganismos, el objetivo con el que fue utilizado, el medio de crecimiento, materiales de pared, parámetros de operación, recuento de células viables, equipo y condiciones de almacenamiento.

Tabla 4. Revisión de los microorganismos microencapsulados mediante secado por aspersión con aplicación en la industria agrícola y ambiental

Microorganismo	Objetivo del estudio	Medio de crecimiento	Material de pared	Parámetros de operación	Recuento de células viables	Equipo	Almacenamiento	Fuente
Bacterias								
<i>Bacillus megaterium</i> NCT-2	Prolongar la vida útil de <i>Bacillus megaterium</i> NCT-2 preparando microcápsulas mediante secado por aspersión, y evaluar su eficiencia en la remediación de suelos por salinización secundaria.	Medio de cultivo (Extracto de levadura 3 g/L, Sacarosa 15 g/L, KH ₂ PO ₄ 0,5 g/L, MnSO ₄ 0,05 g/L, pH 7,2)	Quitosano / Maltodextrina en proporción 1: 1 p/p	Temperatura de entrada: 150 °C Temperatura de salida: 88,8 °C Tasas de flujo de alimentación: A) 800 mL/h B) 1000 mL/h	Antes del secado: 11,09 log UFC/ml Después del secado: A) 11,01 ± 0,03 log UFC/ml B) 11,02 ± 0,05 log UFC/ml Supervivencia: A) 82,5 ± 0,69 % B) 85,5 ± 0,72 % Recuperación de polvo: A) 75,2 ± 1,90 % B) 78,0 ± 1,70 % Disminución de NO ₃ ⁻ : 46,5 ± 1,48 % Disminución de la conductividad eléctrica en suelos: 45,2 ± 1,51 %	Secador por atomización a escala de laboratorio (YC-1800, Yacheng, China) Diámetro de boquilla: 2,0 mm	Almacenamiento a 4 °C durante 6 meses.	(Chi et al., 2020)
<i>Bacillus thuringiensis</i> Se13	Optimizar el proceso de microencapsulación de <i>B. thuringiensis</i> utilizando la	Medio de caldo de soja tréptico	Maltodextrina DE10	Temperatura de entrada: 160 °C Temperatura de salida: 70 °C Presión: 2 bares	Antes del secado: 12,16 log UFC/ml Después del secado: 11,96 ± 0,11 log UFC/g Supervivencia:	Secador por pulverización a escala de laboratorio (SD-Basic, Lab Plant, Reino Unido)	Recipientes herméticos protegidos contra la luz a 4 °C por 9 meses.	(Eski et al., 2019)

	metodología Taguchi para producir una bioplaguicida eficaz contra <i>Spodoptera exigua</i> u otros lepidópteros.			Tasa de la bomba: 6-10 ml/min	98,35 %			
<i>Gulosibacter molinivorax</i> ON4 T	Investigar la posibilidad de producir micropartículas de <i>G. molinivorax</i> ON4 T, utilizando diferentes biopolímeros no tóxicos para aplicarlos en procesos de biorremediación de molinatos (herbicida).	Medio Luria Bertani (LB)	A) Alginato de calcio B) Quitosano modificado reticulado con tripolifosfato	Temperatura de entrada: 115 °C Temperatura de salida: 57 °C Velocidad de flujo de la solución: 4 ml / min Velocidad de flujo de aire: 32 ml ³ /h Presión: 6,5 bar	Antes del secado: ~12 células/g Supervivencia: A) 2,8 ± 3,8 % B) 5,9 ± 7,4 % Rendimiento: A) 25,2 % B) 36,7 % Degradación de molinatos: A) 98,3 ± 3 % B) 100 ± 0 %	Mini secador por atomización BÜCHI B290 (Flawil, Suiza) Diámetro de boquilla: 0,5 mm	Almacenado a 4 °C, atmósfera de nitrógeno y gel de sílice para proteger de la humedad durante 6 meses	(Estevinho et al., 2017)
<i>Methylobacterium radiotolerans</i>	Microencapsular bacterias beneficiosas de las plantas (metilótrofos facultativos pigmentados de color rosa), para extender la vida útil y facilitar su aplicación a cultivos.	Medio de sales minerales de amoníaco con ácido glutámico y Bacto soytone	Alginato de sodio: 2 % p/p Ácido succínico: 1 % p/p Fosfato cálcico dibásico dihidrato: 0,5 % p/p	Temperatura de entrada: 130 °C Temperatura de salida: 49 y 53 °C Tasa de flujo de aire: 35 m ³ /h	Antes del secado: 10,04 log UFC/g Después del secado: 9,79 ± 0,16 log UFC/g Supervivencia: 97,50 % Rendimiento: 54,3 ± 1,7 %	Secador por pulverización de laboratorio Buchi B290 (New Castle, DE)	Viales de vidrio transparente a temperatura ambiente con exposición a la luz ambiental por 6 meses.	(Strobel et al., 2018)

<i>Rhizobium leguminosarum</i> bv. <i>trifolii</i> cepas TA1 y CC275e	Microencapsular cepas fijadoras de nitrógeno-trébol blanco cultivadas en un núcleo empleando goma guar.	Caldo de manitol de levadura (YM)	Goma guar: 0,4 % Turba: 5 %	Temperatura de entrada: 130 °C Temperatura de salida ≈70 °C Caudal de alimentación: 5 mL/min Tasa de aspersión: 819 litros / hora	Antes del secado: 9 hasta 9,30 log UFC/g Después del secado: 8 ± 7,56 log UFC/g Supervivencia: 88,88 % Rendimiento: 50 %	Spray dryer a escala de laboratorio Buchi B-290	-	(Baena et al., 2019)
<i>Sphingomonas</i> sp. DC-6	Establecer las mejores condiciones de secado por pulverización para producir un excelente polvo de bacterias sin la adición de ningún agente protector para un transporte conveniente y una larga vida útil. -Inoculante microbiano degradante de plaguicida (acetoclor)	Caldo LB	Ninguno	Temperatura del aire de entrada: 140 °C Velocidad de alimentación: 15 ml/min Caudal de aire caliente: 0,4 m ³ / min	Antes del secado: 13,56 log UFC/g Después del secado: 12,32 log UFC/g Supervivencia: 90,85 % Degradación: 200 mg/L de acetoclor en 48 h	Secador por pulverización (ADL311, Yamato, Japón)	Temperatura ambiente por 6 meses	(H. Wang et al., 2018)
Levaduras								
<i>Meyerozyma caribbica</i>	Determinar las condiciones óptimas de microencapsulación de <i>M. caribbica</i> como	Medio líquido Melaza de caña de azúcar: 40 g/L Harina de soja: 5 g/L	Trehalosa: 7,75 % p/v	Temperatura de entrada: 112,5 °C. Presión: 0,5 MPa Caudal de alimentación: 3 ml/min	Supervivencia: 95,41 ± 0,93 % Inhibición: 83,92 ± 2,18 %	Secador por pulverización a escala de laboratorio (Mini Spray Dryer B-290)	Bolsas de cremallera trilaminadas (PET/BOPP/PE) a 4 ± 1 °C durante 6 meses	(Aguirre et al., 2018)

	agente de control de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> que produce antracnosis en el mango.			Temperatura de salida: 60-100 °C		Diámetro de boquilla: 7 mm		
<i>Meyerozyma guilliermondii</i>	Encapsular <i>M. guilliermondii</i> para obtener mayor porcentaje de viabilidad e inhibición del crecimiento micelial de <i>C. gloeosporioides</i> que produce antracnosis en el mango.	Melaza de caña de azúcar y harina de soja	Alginato de sodio: 0,06 % (p / v) Aislado de proteína de soja: 3,8 % (p/v)	Temperatura de entrada: 113 °C Temperatura de salida: 68 ± 2 °C Flujo de alimentación: 1,8 mL/ min Caudal de aire: 35 m ³ /h Presión: 0,5 MPa	Después del secado: 8,2 log UFC/g Supervivencia: 97,8 ± 1,53 % Inhibición de crecimiento micelial: 86,4 ± 1,1 %	Mini secador por pulverización a escala de laboratorio B-290 (BÜCHI Labortechnik, Flawil, Suiza)	Bolsas estériles de polietileno de baja densidad (WHIRL-PACK) a 25 ± 1 °C	(R. López et al., 2020)
Hongos								
<i>Trichoderma asperellum</i>	Evaluar los efectos de las variables involucradas en el proceso de microencapsulación de conidios de <i>T. asperellum</i> (controlador de fitopatógenos), mediante secado por aspersión, utilizando maltodextrina DE20 como agente encapsulante.	Cultivo comercial	Maltodextrina DE20: 2 % m/v	Temperatura de entrada: 80 °C Velocidad del aire de secado: 1,65 m/s	Rendimiento: 75,20 ± 1,38 % Conidios viables: 83,84 ± 1,41 %	Secador por atomización (LM MSD 1.0, LabMaq, Brasil) Diámetro de boquilla: 1,2 mm	-	(Camargos et al., 2017)

<p><i>Trichoderma asperellum</i></p>	<p>Evaluar la temperatura de letalidad de conidios de <i>T. asperellum</i> mediante secado por atomización, estudiando diferentes materiales de pared a fin de aplicarlos en la agricultura como controladores de fitopatógenos.</p>	<p>Cultivo comercial</p>	<p>Maltodextrina DE20</p>	<p>Temperatura de entrada: 90 °C Temperatura de salida: 61 °C Tasa de alimentación: 0,6 L/h Flujo de aire de secado: 2400 L/h</p>	<p>Antes del secado: 8,48 log UFC/g Después del secado: 8,45 log UFC/g Supervivencia: 92,89 ± 1,47 % Viabilidad conidial: 84,93 ± 2,14 %</p>	<p>Mini secador por atomización (LM MSD 1.0, LABMAQ, Brasil)</p>	<p>-</p>	<p>(Braga et al., 2019)</p>
--------------------------------------	--	--------------------------	---------------------------	--	---	--	----------	-----------------------------

Como se observa en la Tabla 4, se han microencapsulado varios tipos de organismos como bacterias de los géneros *Bacillus*, *Gulosibacter*, *Methylobacterium*, *Rhizobium* y *Sphingomonas*, así como levaduras y hongos de los géneros *Meyerozyma* y *Trichoderma*, respectivamente.

Estos microorganismos se han aplicado con diferentes fines como biorremediación de suelos salinos (Chi et al., 2020), molinatos (Estevinho et al., 2017) y acetoclor (H. Wang et al., 2018); protección contra fitopatógenos (*Spodoptera exigua* y *Colletotrichum gloeosporioides*) (Eski et al., 2019; R. López et al., 2020); fijador de nitrógeno (Baena et al., 2019) y promotor de crecimiento de las plantas (Strobel et al., 2018).

En relación con los materiales de pared para el género *Bacillus* se ha empleado el medio de caldo de soja tríplico y medio selectivo; para *Gulosibacter* y *Sphingomonas* el medio Luria Bertani; en el caso de *Methylobacterium* el medio de sales minerales y para *Rhizobium* el caldo de manitol de levadura. En cuanto a la levadura *Meyerozyma* se ha usado un medio compuesto por melaza y harina de soja. Mientras que para el hongo *Trichoderma* se ha empleado cultivo comercial. De acuerdo con esta información se deduce que los microorganismos predispuestos al cuidado del medio ambiente tienen distintos requerimientos nutricionales para su óptimo crecimiento, debido a que provienen de nichos ecológicos específicos y poseen diferencias en su metabolismo.

Como materiales de pared respecto a *Bacillus* se han utilizado maltodextrina y quitosano; para *Gulosibacter* alginato de calcio y quitosano reticulado; en el caso de *Methylobacterium* alginato de sodio y ácido succínico; respecto a *Rhizobium* turba y goma guar y para *Sphingomonas* no se empleó ningún material de pared. En relación con la levadura *Meyerozyma* se ha empleado trehalosa, alginato de sodio y aislado de proteína y por lo que concierne al hongo *Trichoderma* se ha ocupado maltodextrina.

Como se contempla en los parámetros de operación, los parámetros más representativos son las temperaturas de entrada y salida, las cuales para *Bacillus* se encuentra entre 150-160 °C y 70 a 88,8 °C, respectivamente. No ha sido así en el caso de *Sphingomonas* que se ha utilizado 10 °C menos en cuanto a la temperatura de entrada. De manera similar para *Methylobacterium* y *Rhizobium* se ha empleado

temperaturas de entrada y salida más bajas alrededor del 130 °C y 49-70 °C, a correspondencia. Mientras tanto para *Gulosibacter* se ha reportado una temperatura de entrada inferior de 115 °C. En lo que se refiere a la levadura *Meyerozyma* se han empleado temperaturas de entrada de 112,5 °C y 113 °C y temperaturas de salida cercanas a 68 °C. Finalmente, en relación con el hongo *Trichoderma* las temperaturas de entrada y salida ocupadas se encontraron entre 80-90 °C y 61 °C, respectivamente.

En lo que respecta al recuento de células viables, se ha reportado para *Bacillus* una supervivencia entre el 82,5 % al 98,35 %, dentro del mismo rango se encuentra *Methylobacterium*, *Rhizobium* y *Sphingomonas*. A diferencia de *Gulosibacter* en el que se ha reportado una recuperación de las células vivas baja de 2,8 % y 5,9 %, lo que puede estar relacionado con las condiciones estresantes del proceso (**Y. Zhang et al., 2016**); sin embargo, a pesar de los valores bajos de células viables se informó una degradación de más del 95 % de molinatos, lo que indica que la actividad catalítica es muy estable frente al secado por aspersión (**Estevinho et al., 2017**). En el caso de la levadura *Meyerozyma* y del hongo *Trichoderma* se ha informado una supervivencia superior al 95 % y 90 %, respectivamente. Cabe destacar que la mayoría de los estudios muestran resultados de células viables superiores al valor mínimo de 6 y 7 log UFC/g establecido por la **FAO (2016)**.

Con respecto a los equipos se ha empleado secadores por pulverización a escala de laboratorio de diferentes casas comerciales y países. Por último, en cuanto al almacenamiento se han empleado recipientes herméticos, viales de vidrio, bolsas de cremallera trilaminadas y polietileno de baja densidad, los cuales se han situado a temperaturas ambiente por 6 meses y 4 °C durante 6-9 meses. Por lo que se deduce que a temperaturas elevadas se reduce la viabilidad de las células microencapsuladas debido al incremento de la actividad metabólica y rápida multiplicación (**Chi et al., 2020**).

3.4. Industria de la Salud

Durante los últimos años, los probióticos han adquirido mayor relevancia médica debido a los beneficios que otorga al ser humano relacionados con la prevención y tratamiento de enfermedades crónicas, como el cáncer. Los resultados de varios ensayos clínicos *in vitro* e *in vivo* en animales y humanos han demostrado que los probióticos cumplen un papel importante en la inmunomodulación, así como en la inhibición de la proliferación tumoral e inducción de apoptosis de células cancerosas. No obstante, diferentes factores ambientales alteran la supervivencia de los probióticos, por lo que se ha desarrollado la microencapsulación mediante secado por aspersion para preservar la viabilidad celular (Markowiak & Ślizewska, 2018).

A continuación, en la Tabla 5 se exponen los microorganismos microencapsulados mediante secado por aspersion que se han utilizado en la industria de la salud y en ella se encuentra información sobre los tipos de microorganismos, el objetivo con el que fue utilizado, el medio empleado para multiplicarlo, materiales de pared, parámetros de operación, recuento de células viables, equipo y condiciones de almacenamiento.

Tabla 5. Revisión de los microorganismos microencapsulados mediante secado por aspersión con aplicación en la industria de la salud

Microorganismo	Objetivo del estudio	Medio de crecimiento	Material de pared	Parámetros de operación	Recuento de células viables	Equipo	Almacenamiento	Fuente
Bacterias								
<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> INL1	Comparar las capacidades antiinflamatorias de la cepa argentina <i>B. lactis</i> INL1 y <i>B. lactis</i> BB12, ampliamente descritas como beneficiosas en una serie de afecciones inflamatorias.	Caldo MRS Clorhidrato de L-cisteína: 0,1 % p/v	Leche desnatada: 20 % p/v	Temperatura de entrada: $137,5 \pm 3,5$ °C Temperatura de salida: $82,5 \pm 7,8$ °C Flujo de alimentación: 600 L/h	Antes del secado: $10,19 \pm 0,08$ log UFC/mL Después del secado: $9,92 \pm 0,08$ log UFC/mL Supervivencia: $97,36 \pm 1,44$ %	Mini secador por pulverización Buchi modelo B290, Flawil, Suiza, a escala de laboratorio	Polvos sellados al vacío	(Burns et al., 2017)
<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> BB12	Comparar las capacidades antiinflamatorias de la cepa argentina <i>B. lactis</i> INL1 y <i>B. lactis</i> BB12, ampliamente descritas como beneficiosas en una serie de afecciones inflamatorias.	Caldo MRS Clorhidrato de L-cisteína: 0,1 % p/v	Leche desnatada: 20 % p/v	Temperatura de entrada: $137,5 \pm 3,5$ °C Temperatura de salida: $82,5 \pm 7,8$ °C Flujo de alimentación: 600 L/h	Antes del secado: $10,10 \pm 0,07$ log UFC/mL Después del secado: $9,91 \pm 0,10$ log UFC/mL Supervivencia: $98,12 \pm 0,94$ %	Mini secador por pulverización Buchi modelo B290, Flawil, Suiza, a escala de laboratorio	Polvos sellados al vacío	(Burns et al., 2017)
<i>Bifidobacterium longum</i> BAA-999	Desarrollar un sistema de microencapsulación adecuado para el probiótico <i>B. longum</i>	Caldo MRS suplementado con L-cisteína	Alginato: 1,6 % Almidón fosfatado: 2,5 %	Temperatura de entrada: 120 °C Temperatura de salida: 50 °C	Antes del secado: 11,11 log UFC/g Después del secado: 10,95 log UFC/g	Secador por aspersión Büchi B-290 (Flawil, SWT)	Tubos Falcon estériles a 4 °C durante 105 días	(Valadez, 2019)

	y el compuesto bioactivo licopeno con efecto sinérgico en la quimioprevención del cáncer colorrectal.		Goma arábiga: 0,8 %	Velocidad de alimentación: $9,6 \times 10^{-4}$ Kg/s Flujo de aire: $1,3 \times 10^{-4}$ m ³ /s Tasa de aspiración: 95 %	Supervivencia: 98,55 %	Diámetro de boquilla: 0,7 mm		
--	---	--	------------------------	--	---------------------------	------------------------------	--	--

Como se contempla en la Tabla 5 se han microencapsulado bacterias del género *Bifidobacterium* para aplicaciones en la salud, entre ellas la quimioprevención del cáncer colorrectal y para afecciones inflamatorias como la colitis aguda y crónica. Para el crecimiento de esta bacteria se ha empleado particularmente el caldo MRS suplementado con cisteína. En relación con los materiales de pared se ha usado el alginato, almidón, goma arábica y leche desnatada. El proceso de microencapsulación se ha llevado a cabo a temperaturas de entrada y salida entre 120-137,5 °C y 50-82,5 °C. En base a estos parámetros los estudios han reportado una supervivencia superior al 97 % y un número de células viables mayor a 9 log UFC/g, encontrándose por encima del límite establecido por la **FAO/WHO (2002)** de 6-7 log UFC/g. Por lo que respecta a los equipos se han empleado secadores por aspersión escala laboratorio Buchi modelo B290 de Suiza. Por último, los polvos obtenidos tras el secado se han almacenado en tubos Falcon a temperatura de 4 °C por un tiempo aproximado de 15 semanas y también se han sellado al vacío para su posterior análisis.

De acuerdo con los datos recopilados, la información en el campo de la salud sobre microencapsulación de microorganismos mediante secado por aspersión es limitada. Sin embargo, existen varios estudios sobre el papel de los probióticos en la prevención y manejo del cáncer gastrointestinal. Entre los microorganismos empleados para dicho fin se encuentran *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. rhamnosus*, *B. polyfermenticus*, *P. freudenreichii*, *B. adolescentis* (**Khan et al., 2020**). Adicionalmente, se ha reportado el empleo de probióticos en aplicaciones clínicas para la terapia del cáncer colon rectal como *E. faecium*, *P. pentosaceus*, *S. boulardii* y *S. thermophiles* (**Ding et al., 2018**). Por lo que, se podría aprovechar este vacío para llevar a cabo futuras investigaciones sobre la microencapsulación a partir de secado por aspersión de los probióticos anteriormente mencionados, con la finalidad de generar información de los parámetros y materiales encapsulantes óptimos que permitan incrementar la supervivencia del microorganismo y potenciar su acción anticancerígena.

Capítulo IV

Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

- Durante los últimos 5 años se han reportado investigaciones de la microencapsulación por secado por aspersion de diferentes microorganismos beneficiosos con aplicación en 4 industrias: alimentaria humana, alimentaria animal, agrícola y ambiental y salud. En cuanto a la industria alimentaria humana se han microencapsulado una gran cantidad de microorganismos probióticos, mismos que se han dispuesto en diferentes matrices alimentarias como jugos, yogurt, mousse, pudín y leche. También se ha informado investigaciones de microorganismos eficientes microencapsulados con aplicación en la industria alimentaria animal con la finalidad de mejorar la salud intestinal de los animales e incrementar la resistencia a enfermedades. A su vez, se ha notificado el uso de microcápsulas de microorganismos en el campo ambiental y agrícola para la biorremediación de suelos y protección contra plagas. Por último, en relación con la industria de la salud se han publicado un mínimo de estudios referentes a organismos microencapsulados, los cuales se han destinado para la prevención y manejo del cáncer gastrointestinal.
- Conforme a la revisión bibliográfica para el campo alimentario humano se ha reportado principalmente el uso de bacterias de los géneros *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Bacillus* y *Propionibacterium*; en menor proporción se ha notificado el empleo de levaduras de los géneros *Issatchenkia* y *Saccharomyces* y en relación con las cianobacterias se ha informado únicamente el género *Spirulina*. Respecto a la industria alimentaria animal se ha señalado el empleo de bacterias de los géneros *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Streptococcus* y *Bacillus*. Por lo que concierne a la industria agrícola y ambiental se ha dispuesto de bacterias de los géneros *Bacillus*, *Gulosibacter*, *Methylobacterium*, *Rhizobium* y *Sphingomonas*, así como la levadura *Meyerozyma* y el hongo *Trichoderma*. Finalmente, en relación con la industria de la salud se ha dado a conocer la aplicación de bacterias del género *Bifidobacterium*.
- Entre los agentes encapsulantes empleados en el proceso de secado por aspersion de los microorganismos con aplicación en el campo alimentario humano se

encuentran: la maltodextrina, maltodextrina reticulada, inulina, aislado de proteínas, goma arábica, mucílagos, leche desnatada, leche vegetal, sueros, trehalosa, almidón y fructanos. De los cuales, la mayoría son materiales de pared comestibles, es decir que son aptos para el consumo humano y no ocasionan daños gastrointestinales. Asimismo, se ha aplicado dichos revestimientos para los microorganismos con aplicación en las industrias alimentaria animal y de la salud. Mientras que en la industria agrícola y ambiental se han usado otros materiales adicionales como quitosano, alginato de calcio y sodio, ácido succínico, goma guar, turba y trehalosa. En lo que respecta a los parámetros de operación, los más representativos son las temperaturas de entrada y salida, las cuales para las bacterias se encontraban en un rango de 90-170 °C y 49-88,8 °C, para las levaduras de 112,5-130 °C y 50-70 °C, para los hongos de 80-90 °C y 61 °C y para las cianobacterias de 170 °C y 95 °C, respectivamente.

- En base a los requerimientos nutricionales, parámetros óptimos de secado por aspersión y tipo de microorganismo, se ha determinado que los grupos de microorganismos que se pueden microencapsular respecto al área alimentaria humana son las bacterias grampositivas *Bifidobacterium*, *Enterococcus* y *Lactococcus*, a su vez se puede emplear un consorcio de los géneros *Lactobacillus* y *Bacillus*, también se puede formar una asociación con las levaduras *Issatchenkia* y *Saccharomyces*. Adicionalmente, se pueden microencapsular consorcios de varias especies de un solo género microbiano. En relación con el campo alimentario animal, se ha determinado que se pueden agrupar los géneros *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Streptococcus* y *Bacillus*. Con respecto al área ambiental y agrícola se puede conformar una asociación de las bacterias gramnegativas *Methylobacterium*, *Rhizobium* y *Sphingomonas*, y otra asociación de las bacterias grampositivas *Bacillus* y *Gulosibacter*. En lo que atañe a la industria de la salud se puede constituir consorcios de diferentes especies de la bacteria *Bifidobacterium*.

4.2.Recomendaciones

De acuerdo con la CONAVE, en el Ecuador se consume principalmente la carne de pollo antes que la de cerdo, res o pescado; por lo que anualmente, se producen alrededor de 230 a 250 millones de pollos de engorde y cada año incrementa su demanda (F. López, 2020). Debido a ello propongo desarrollar más investigaciones sobre la microencapsulación de microorganismos que aporten a la salud intestinal de los pollos de engorde, como por ejemplo la bacteria *Lactobacillus casei*.

- Inicialmente se sugiere cultivar la bacteria *L. casei* en medio MRS. A continuación, microencapsular el probiótico en el secador por aspersión con los materiales de pared matrodextrina e inulina en proporción 1:1, así como emplear temperaturas de entrada de 170 °C y temperatura de salida de 65 °C. Adicionalmente, se recomienda almacenar el polvo resultante en un recipiente plástico oscuro y estéril a temperatura ambiente.

Referencias Bibliográficas

- Aarti, C., Khusro, A., Arasu, M. V., Agastian, P., & Al-Dhabi, N. A. (2016). Biological potency and characterization of antibacterial substances produced by *Lactobacillus pentosus* isolated from Hentak, a fermented fish product of North-East India. *SpringerPlus*, 5(1), 1743. <https://doi.org/10.1186/S40064-016-3452-2>
- Acordi, L. A., De Almeida, C. A., De Souza, N. M., Vetter, E., Stival, P. R., Colla, E., & Drunkler, D. A. (2018). Soy extract and maltodextrin as microencapsulating agents for *Lactobacillus acidophilus*: a model approach. *Journal of Microencapsulation*, 35(7–8), 705–719. <https://doi.org/10.1080/02652048.2019.1579264>
- Agudelo, J., Ciro, H., Sepúlveda, J., & Pérez, E. (2021). Microencapsulation of *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 7469 by spray drying using maltodextrin, whey protein concentrate and trehalose: *Food Science and Technology International*. <https://doi.org/10.1177/10820132211020621>
- Aguirre, L., Calderón, M., Ortiz, R. I., Bautista, P. U., & Ragazzo, J. A. (2018). Optimisation of the spray drying process of formulating the post-harvest biocontrol agent *Meyerozyma caribbica*. *Biocontrol Science and Technology*, 28(6), 574–590. <https://doi.org/10.1080/09583157.2018.1468997>
- Alfaro, O. (2019). *Microencapsulación de Lactobacillus paracasei subsp. paracasei mediante secado por aspersión.* [UAEH]. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/2484>
- Amorim, S. S., Ruas, F. A. D., Barboza, N. R., De Oliveira Neves, V. G., Leão, V. A., & Guerra-Sá, R. (2018). Manganese (Mn²⁺) tolerance and biosorption by *Meyerozyma guilliermondii* and *Meyerozyma caribbica* strains. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(4), 4538–4545. <https://doi.org/10.1016/J.JECE.2018.06.061>
- Arevalo, M., Briones, A., Corbo, M. R., Sinigaglia, M., & Bevilacqua, A. (2017). Biotechnological application of yeasts in food science: Starter cultures, probiotics and enzyme production. *Journal of Applied Microbiology*, 123(6), 1360–1372.

<https://doi.org/10.1111/JAM.13548>

- Bachmann, H. P., Bütikofer, U., Fröhlich-Wyder, M. T., Isolini, D., & Jakob, E. (2011). Cheese | Swiss-Type Cheeses. *Encyclopedia of Dairy Sciences: Second Edition*, 712–720. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00085-6>
- Baena, C. M., Foxwell, M., Wright, D., & Villamizar, L. (2019). Microencapsulation of *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* with guar gum: Preliminary approach using spray drying. *Journal of Biotechnology*, 302, 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2019.06.007>
- Bautista, P. U., Calderon, M., Servín, R., Ochoa, N. A., & Ragazzo, J. A. (2013). Action mechanisms of the yeast *Meyerozyma caribbica* for the control of the phytopathogen *Colletotrichum gloeosporioides* in mangoes. *Biological Control*, 65(3), 293–301. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCONTROL.2013.03.010>
- Behera, S. S., Ray, R. C., & Zdolec, N. (2018). *Lactobacillus plantarum* with Functional Properties: An Approach to Increase Safety and Shelf-Life of Fermented Foods. *BioMed Research International*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/9361614>
- Benita, S. (2006). *Microencapsulation: Methods and Industrial Applications*. Taylor & Francis.
- Bhagat, D., Raina, N., Kumar, A., Katoch, M., Khajuria, Y., Slathia, P. S., & Sharma, P. (2020). Probiotic properties of a phytase producing *Pediococcus acidilactici* strain SMVDUDB2 isolated from traditional fermented cheese product, Kalarei. *Scientific Reports 2020 10:1*, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58676-2>
- Biavati, B., & Mattarelli, P. (2018). Related Genera Within the Family Bifidobacteriaceae. *The Bifidobacteria and Related Organisms*, 49–66. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805060-6.00003-X>
- Borchers, A. T., Selmi, C., Meyers, F. J., Keen, C. L., & Gershwin, M. E. (2009). Probiotics and immunity. In *Journal of Gastroenterology* (Vol. 44, Issue 1, pp. 26–46). Springer. <https://doi.org/10.1007/s00535-008-2296-0>

- Braga, A. B. A. C., Costa, C. J. M., Pomella, A. W. V., Ribeiro, E. J., Santos, L. D., & Zotarelli, M. F. (2019). Evaluation of lethality temperature and use of different wall materials in the microencapsulation process of *Trichoderma asperellum* conidias by spray drying. *Powder Technology*, *347*, 199–206. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.02.037>
- Bravo, A., Martínez de Castro, D. L., Sánchez, J., Cantón, P. E., Mendoza, G., Gómez, I., Pacheco, S., García-Gómez, B. I., Onofre, J., Ocelotl, J., & Soberón, M. (2015). Mechanism of action of *Bacillus thuringiensis* insecticidal toxins and their use in the control of insect pests. *The Comprehensive Sourcebook of Bacterial Protein Toxins*, 858–873. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800188-2.00030-6>
- Brown, D. B., Huang, Y. C., Kannenberg, E. L., Sherrier, D. J., & Carlson, R. W. (2011). An *acpXL* mutant of *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* lacks 27-hydroxyoctacosanoic acid in its lipid a and is developmentally delayed during symbiotic infection of the determinate nodulating host plant *Phaseolus vulgaris*. *Journal of Bacteriology*, *193*(18), 4766–4778. <https://doi.org/10.1128/JB.00392-11>
- Brunser, O. (2013). El papel de las bifidobacterias en el funcionamiento del organismo humano. *Revista Chilena de Nutrición*, *40*(3), 303–308. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182013000300013>
- Bull, M., Plummer, S., Marchesi, J., & Mahenthalingam, E. (2013). The life history of *Lactobacillus acidophilus* as a probiotic: a tale of revisionary taxonomy, misidentification and commercial success. *FEMS Microbiology Letters*, *349*(2), 77–87. <https://doi.org/10.1111/1574-6968.12293>
- Burns, P., Alard, J., Hrdý, J., Boutillier, D., Páez, R., Reinheimer, J., Pot, B., Vinderola, G., & Granette, C. (2017). Spray-drying process preserves the protective capacity of a breast milk-derived *Bifidobacterium lactis* strain on acute and chronic colitis in mice. *Scientific Reports 2017 7:1*, *7*(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/srep43211>
- 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*, 10(13), 4623. <https://doi.org/10.3390/app10134623>

Bustamante, M., Oomah, B. D., Rubilar, M., & Shene, C. (2017). Effective *Lactobacillus plantarum* and *Bifidobacterium infantis* encapsulation with chia seed (*Salvia hispanica* L.) and flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) mucilage and soluble protein by spray drying. *Food Chemistry*, 216, 97–105. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.019>

Cal, K., & Sollohub, K. (2010). Spray drying technique. I: Hardware and process parameters. In *Journal of Pharmaceutical Sciences* (Vol. 99, Issue 2, pp. 575–586). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/jps.21886>

Calasso, M., & Gobbetti, M. (2011). Lactic Acid Bacteria | *Lactobacillus* spp.: Other Species. *Encyclopedia of Dairy Sciences: Second Edition*, 125–131. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00265-X>

Camargos, A. B., Costa, C., De Melo, M., Zotarelli, M. F., Santos, L. D., & Ribeiro, E. J. (2017). *Spray-drying microencapsulation of Trichoderma asperellum*. XXI Sinaferm. <https://proceedings.science/sinaferm/sinaferm-2017/papers/spray-drying-microencapsulation-of-trichoderma-asperellum>

Cancino, L. A., Beristain, C. I., Pascual-Pineda, L. A., Ortiz, R. I., Juárez, N., & Jiménez, M. (2020). Effective microencapsulation of *Enterococcus faecium* in biopolymeric matrices using spray drying. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104(22), 9595–9605. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10943-y>

Carmo, F. L. R. do, Rabah, H., Huang, S., Gaucher, F., Deplanche, M., Dutertre, S., Jardin, J., Loir, Y. Le, Azevedo, V., & Jan, G. (2017). *Propionibacterium freudenreichii* Surface Protein SlpB Is Involved in Adhesion to Intestinal HT-29 Cells. *Frontiers in Microbiology*, 8(JUN). <https://doi.org/10.3389/FMICB.2017.01033>

Cavender, G., Jiang, N., Singh, R. K., Chen, J., & Mis Solval, K. (2021). Improving the survival of *Lactobacillus plantarum* NRRL B-1927 during microencapsulation with ultra-high-pressure-homogenized soymilk as a wall

- material. *Food Research International*, 139, 109831. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109831>
- Ceja, L. I., Ortiz, R. I., Medina, L., Calderas, F., Bernad, M. J., González, R. F., Ragazzo, J. A., Calderón, M., González, M., Andrade, I., & Manero, O. (2020). Microencapsulation of *Lactobacillus plantarum* by spray drying with mixtures of Aloe vera mucilage and agave fructans as wall materials. *Journal of Food Process Engineering*, 43(8), e13436. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13436>
- Chaikhram, P., Kemsawasd, V., & Seesuriyachan, P. (2017). Spray drying probiotics along with maoluang juice plus Tiliacora triandra gum for exposure to the in vitro gastrointestinal environments. *LWT*, 78, 31–40. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2016.12.013>
- Chandralekha, A., Tavanandi, A. H., Amrutha, N., Hebbar, H. U., Raghavarao, K. S. M. S., & Gadre, R. (2016). Encapsulation of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) by spray drying for extension of shelf life. *Drying Technology*, 34(11), 1307–1318. <https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1112808>
- Chaves, B., Brashears, M., & Nightingale, K. (2017). Applications and safety considerations of *Lactobacillus salivarius* as a probiotic in animal and human health. *Journal of Applied Microbiology*, 123(1), 18–28. <https://doi.org/10.1111/JAM.13438>
- Chi, Y., Wang, D., Jiang, M., Chu, S., Wang, B., Zhi, Y., Zhou, P., & Zhang, D. (2020). Microencapsulation of *Bacillus megaterium* NCT-2 and its effect on remediation of secondary salinization soil. *Journal of Microencapsulation*, 37(2), 134–143. <https://doi.org/10.1080/02652048.2019.1705409>
- Coimbra, P. P. S., Cardoso, F. de S. N., & Gonçalves, É. C. B. de A. (2020). Spray-drying wall materials: relationship with bioactive compounds. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Taylor and Francis Inc. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1786354>
- Corrêa, L. C., Moldão, M., & Alves, V. D. (2019). Advances in the application of microcapsules as carriers of functional compounds for food products. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 9, Issue 3). MDPI AG.

<https://doi.org/10.3390/app9030571>

- Da Silva, S. C., Fernandes, I. P., Barros, L., Fernandes, Â., Alves, M., Calhelha, R. C., Pereira, C., Barreira, J. C. M., Manrique, Y., Colla, E., Ferreira, I. C. F. R., & Barreiro, M. (2019). Spray-dried *Spirulina platensis* as an effective ingredient to improve yogurt formulations: Testing different encapsulating solutions. *Journal of Functional Foods*, *60*, 103427. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103427>
- De Araújo, N., Ruiz, O., Montoya, O. I., & Gutiérrez, L. A. (2018). Viability of probiotic bacteria *Bacillus Polymyxa*, *Bacillus Megaterium* and *Lactobacillus Delbruekii* subsp. *bulgaricus* microencapsulated under the spray-drying technique. *DYNA*, *85*(204), 272–276. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v85n204.61644>
- Dec, M., Stępień, D., Puchalski, A., Hauschild, T., Pietras, D., Ignaciuk, S., & Urban, R. (2021). Biodiversity of *Ligilactobacillus salivarius* Strains from Poultry and Domestic Pigeons. *Animals* 2021, Vol. 11, Page 972, 11(4), 972. <https://doi.org/10.3390/ANI11040972>
- Delgado, A., Brito, D., Peres, C., Noé-Arroyo, F., & Garrido-Fernández, A. (2005). Bacteriocin production by *Lactobacillus pentosus* B96 can be expressed as a function of temperature and NaCl concentration. *Food Microbiology*, *22*(6), 521–528. <https://doi.org/10.1016/J.FM.2004.11.015>
- Dianawati, D., Lim, S. F., Ooi, Y. B. H., & Shah, N. P. (2017). Effect of Type of Protein-Based Microcapsules and Storage at Various Ambient Temperatures on the Survival and Heat Tolerance of Spray Dried *Lactobacillus acidophilus*. *Journal of Food Science*, *82*(9), 2134–2141. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13820>
- Dimitrellou, D., Kandylis, P., Petrović, T., Dimitrijević, S., Lević, S., Nedović, V., & Kourkoutas, Y. (2016). Survival of spray dried microencapsulated *Lactobacillus casei* ATCC 393 in simulated gastrointestinal conditions and fermented milk. *LWT - Food Science and Technology*, *71*, 169–174. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2016.03.007>
- Ding, C., Tang, W., Fan, X., & Wu, G. (2018). Intestinal microbiota: a novel

- perspective in colorectal cancer biotherapeutics. *OncoTargets and Therapy*, *11*, 4797. <https://doi.org/10.2147/OTT.S170626>
- Dourado, M. N., Neves, A. A. C., Santos, D. S., & Araújo, W. L. (2015). Biotechnological and Agronomic Potential of Endophytic Pink-Pigmented Methylophilic Methylobacterium spp. *BioMed Research International*, *2015*. <https://doi.org/10.1155/2015/909016>
- Dubey, R., Shami, T. C., & Bhasker, K. U. (2009). Microencapsulation technology and applications. *Defence Science Journal*, *59*(1), 82–95. <https://doi.org/10.14429/dsj.59.1489>
- Eckert, C., García, V., Dos Santos, A. C. F., Marinês, S., Dalpugel, V., Neutzling, D., & Volken, C. F. (2017). Microencapsulation of *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014 through spray drying and using dairy whey as wall materials. *LWT - Food Science and Technology*, *82*, 176–183. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.045>
- Eski, A., Demirbağ, Z., & Demir, İ. (2019). Microencapsulation of an indigenous isolate of *Bacillus thuringiensis* by spray drying. *Journal of Microencapsulation*, *36*(1), 1–9. <https://doi.org/10.1080/02652048.2019.1572238>
- Estevinho, B. N., Lopes, A. R., Sousa, V., Rocha, F., & Nunes, O. C. (2017). Microencapsulation of *Gulosibacter molinativorax* ON4T cells by a spray-drying process using different biopolymers. *Journal of Hazardous Materials*, *338*, 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.05.018>
- FAO/WHO. (2002). *Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food*. <http://www.fao.org/es/ESN/Probio/probio.htm>
- FAO. (2016). *Probiotics in animal nutrition. Production, impact and regulation*.
- Fariñas, M. C., & Torres, C. (2007). Enterococo ¿un patógeno emergente en nuestros hospitales? *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, *25*(8), 500–502. <https://doi.org/10.1157/13109985>
- Favaro, C., De Pinho, S., & Rocha, G. (2008). Revisão: Microencapsulação de ingredientes alimentícios. *Brazilian Journal of Food Technology*, *11*(2), 103–112. <https://n9.cl/mvzrt>

- Fazilah, N. F., Hamidon, N. H., Ariff, A. B., Khayat, M. E., Wasoh, H., & Halim, M. (2019). Microencapsulation of *Lactococcus lactis* Gh1 with Gum Arabic and *Synsepalum dulcificum* via Spray Drying for Potential Inclusion in Functional Yogurt. *Molecules*, 24(7), 1422. <https://doi.org/10.3390/molecules24071422>
- Fu, F., & Hu, L. (2017). Temperature sensitive colour-changed composites. In *Advanced High Strength Natural Fibre Composites in Construction* (pp. 405–423). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100411-1.00015-7>
- García, A., Henríquez, P., Retamal, C., Pineda, S., Delgado, C., & González, C. (2009). Propiedades probióticas de *Lactobacillus* spp aislados de biopsias gástricas de pacientes con y sin infección por *Helicobacter pylori*. *Revista Médica de Chile*, 137(3), 369–376. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872009000300007>
- Ghosh, S. K. (2006). Functional Coatings and Microencapsulation: A General Perspective. In *Functional Coatings: By Polymer Microencapsulation* (pp. 1–28). John Wiley and Sons. <https://doi.org/10.1002/3527608478.ch1>
- Giraffa, G. (2014). *Lactobacillus helveticus*: importance in food and health. *Frontiers in Microbiology*, 5(JULY). <https://doi.org/10.3389/FMICB.2014.00338>
- Gobbetti, M., & Minervini, F. (2014). *Lactobacillus* | *Lactobacillus casei*. *Encyclopedia of Food Microbiology: Second Edition*, 432–438. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00180-4>
- Gopalakrishnan, S., Sathya, A., Vijayabharathi, R., Varshney, R. K., Gowda, C. L. L., & Krishnamurthy, L. (2015). Plant growth promoting rhizobia: challenges and opportunities. *3 Biotech*, 5(4), 355. <https://doi.org/10.1007/S13205-014-0241-X>
- Gordon, N. (2002). Application of microencapsulation in textiles. *International Journal of Pharmaceutics*, 242(1–2), 55–62. [https://doi.org/10.1016/S0378-5173\(02\)00141-2](https://doi.org/10.1016/S0378-5173(02)00141-2)
- Goswami, G., Panda, D., Samanta, R., Boro, R. C., Modi, M. K., Bujarbaruah, K. M., & Barooah, M. (2018). *Bacillus megaterium* adapts to acid stress condition through a network of genes: Insight from a genome-wide transcriptome analysis. *Scientific Reports 2018 8:1*, 8(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34221-0>

- Griffiths, M. W., & Tellez, A. M. (2013). Lactobacillus helveticus: the proteolytic system. *Frontiers in Microbiology*, 0(MAR), 30. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2013.00030>
- Guerin, J., Petit, J., Burgain, J., Borges, F., Bhandari, B., Perroud, C., Desobry, S., Scher, J., & Gaiani, C. (2017). Lactobacillus rhamnosus GG encapsulation by spray-drying: Milk proteins clotting control to produce innovative matrices. *Journal of Food Engineering*, 193, 10–19. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.08.008>
- Gul, O. (2017). Microencapsulation of Lactobacillus casei Shirota by spray drying using different combinations of wall materials and application for probiotic dairy dessert. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(5). <https://doi.org/10.1111/jfpp.13198>
- Gutiérrez, L. A. (2016). *Caracterización de cepas de Bacillus sp y Bacterias ácido lácticas con actividad probiótica en el tracto digestivo de Tilapia roja (Oreochromis sp) como potencial consorcio para procesos de microencapsulación*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/56859>
- Harnett, J., Davey, G., Patrick, A., Caddick, C., & Pearce, L. (2011). Lactic Acid Bacteria | Streptococcus thermophilus. *Encyclopedia of Dairy Sciences: Second Edition*, 143–148. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00268-5>
- Henrick, B. M., Chew, S., Casaburi, G., Brown, H. K., Frese, S. A., Zhou, Y., Underwood, M. A., & Smilowitz, J. T. (2019). Colonization by B. infantis EVC001 modulates enteric inflammation in exclusively breastfed infants. *Pediatric Research* 2019 86:6, 86(6), 749–757. <https://doi.org/10.1038/s41390-019-0533-2>
- Hernández, Z., Rangel, E., Castro, J., Gómez, C. A., Cadena, A., Acevedo, O. A., Gordillo, A. J., & Falfán, R. N. (2018). Optimization of a spray-drying process for the production of maximally viable microencapsulated Lactobacillus pentosus using a mixture of starch-pulque as wall material. *LWT*, 95, 216–222. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.075>
- Huang, S., Cauty, C., Dolivet, A., Le Loir, Y., Chen, X. D., Schuck, P., Jan, G., &

- Jeantet, R. (2016). Double use of highly concentrated sweet whey to improve the biomass production and viability of spray-dried probiotic bacteria. *Journal of Functional Foods*, 23, 453–463. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.02.050>
- Huang, S., Méjean, S., Rabah, H., Dolivet, A., Le Loir, Y., Chen, X. D., Jan, G., Jeantet, R., & Schuck, P. (2017). Double use of concentrated sweet whey for growth and spray drying of probiotics: Towards maximal viability in pilot scale spray dryer. *Journal of Food Engineering*, 196, 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.10.017>
- Jeong, H., Choi, S. K., Ryu, C. M., & Park, S. H. (2019). Chronicle of a Soil Bacterium: *Paenibacillus polymyxa* E681 as a Tiny Guardian of Plant and Human Health. *Frontiers in Microbiology*, 0(MAR), 467. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2019.00467>
- Julca, E. (2020). Viabilidad del *Lactobacillus casei* microencapsulado con jugo de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) mediante secado por aspersion. *Universidad Nacional Del Centro Del Perú*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6301>
- Jurado, H., Sinsajoa, M., & Narváez, M. (2019). Evaluación de *Lactobacillus plantarum* microencapsulado y su viabilidad bajo condiciones gastrointestinales simuladas e inhibición frente a *Escherichia coli* O157:H7. *Revista de La Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 66(3), 231–244. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v66n3.84260>
- Jurado, Henry, Zambrano, E., & Chávez, C. (2020). Efecto del suministro in vivo de *Lactobacillus casei* en la alimentación de *Cavia porcellus*. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 18(2), 156. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(18\)156-165](https://doi.org/10.18684/bsaa(18)156-165)
- Jurado, Henry, & Zambrano, E. J. (2020). Efecto de *Lactobacillus casei* microencapsulado sobre la salud intestinal y parámetros bioquímicos y productivos en pollo de engorde. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1480>
- Kalita, D., Saikia, S., Gautam, G., Mukhopadhyay, R., & Mahanta, C. L. (2018).

- Characteristics of synbiotic spray dried powder of litchi juice with *Lactobacillus plantarum* and different carrier materials. *LWT - Food Science and Technology*, 87, 351–360. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.092>
- Kaur, N., & Singh, D. (2017). Deciphering the consumer behaviour facets of functional foods: A literature review. *Appetite*, 112, 167–187. <https://doi.org/10.1016/J.APPET.2017.01.033>
- Khan, A. A., Nema, V., & Khan, Z. (2020). Current status of probiotics for prevention and management of gastrointestinal cancers. *Expert Opinion on Biological Therapy*, 21(3), 413–422. <https://doi.org/10.1080/14712598.2021.1828858>
- Khem, S., Bansal, V., Small, D. M., & May, B. K. (2016). Comparative influence of pH and heat on whey protein isolate in protecting *Lactobacillus plantarum* A17 during spray drying. *Food Hydrocolloids*, 54, 162–169. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.09.029>
- Ku, S., Park, M. S., Ji, G. E., & You, H. J. (2016). Review on *Bifidobacterium bifidum* BGN4: Functionality and Nutraceutical Applications as a Probiotic Microorganism. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(9). <https://doi.org/10.3390/IJMS17091544>
- Kumar, P., & Mishra, H. N. (2004). Yoghurt powder - A review of process technology, storage and utilization. In *Food and Bioproducts Processing* (Vol. 82, Issue 2 C, pp. 133–142). Institution of Chemical Engineers. <https://doi.org/10.1205/0960308041614918>
- Kunyeit, L., Kurrey, N. K., Anu, A. K., & Rao, R. P. (2020). Secondary metabolites from food-derived yeasts inhibit virulence of *Candida albicans*. *BioRxiv*, 2020.08.14.251447. <https://doi.org/10.1101/2020.08.14.251447>
- Kurtzman, C. P. (2011). *Meyerozyma* Kurtzman & M. Suzuki. *The Yeasts*, 2, 621–624. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52149-1.00047-1>
- Lascano, R., Gan, M., Sulabo, A., Santiago, D., Ancheta, L., & Zubia, C. (2019). Physico-chemical properties, probiotic stability and sensory characteristics of *Lactobacillus plantarum* S20 – supplemented passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) juice powder. *Food Research*, 4(2), 320–326.

[https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(2\).295](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(2).295)

- Lawley, B., Munro, K., Hughes, A., Hodgkinson, A. J., Prosser, C. G., Lowry, D., Zhou, S. J., Makrides, M., Gibson, R. A., Lay, C., Chew, C., Lee, P. S., Wong, K. H., & Tannock, G. W. (2017). Differentiation of *Bifidobacterium longum* subspecies *longum* and *infantis* by quantitative PCR using functional gene targets. *PeerJ*, 5(5). <https://doi.org/10.7717/PEERJ.3375>
- Lebovitz, Y., & Theus, M. H. (2019). Molecular Phenotyping and Genomic Characterization of a Novel Neuroactive Bacterium Strain, *Lactobacillus murinus* HU-1. *Frontiers in Pharmacology*, 0, 1162. <https://doi.org/10.3389/FPHAR.2019.01162>
- Leylak, C., Özdemir, K. S., Gurakan, G. C., & Ogel, Z. B. (2021). Optimisation of spray drying parameters for *Lactobacillus acidophilus* encapsulation in whey and gum Arabic: Its application in yoghurt. *International Dairy Journal*, 112, 104865. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104865>
- Li, D., Breiman, A., le Pendu, J., & Uyttendaele, M. (2016). Anti-viral Effect of *Bifidobacterium adolescentis* against Noroviruses. *Frontiers in Microbiology*, 0(JUN), 864. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2016.00864>
- Liao, L. K., Wei, X. Y., Gong, X., Li, J. H., Huang, T., & Xiong, T. (2017). Microencapsulation of *Lactobacillus casei* LK-1 by spray drying related to its stability and in vitro digestion. *LWT - Food Science and Technology*, 82, 82–89. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.065>
- Lin, T., Chen, B., Chen, C., Chen, Y., & Wu, H. (2019). Comparative analysis of spray-drying microencapsulation of *Bifidobacterium adolescentis* and *Lactobacillus acidophilus* cultivated in different growth media. *Journal of Food Process Engineering*, 42(7), e13258. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13258>
- Lipan, L., Rusu, B., Sendra, E., Hernández, F., Vázquez, L., Vodnar, D. C., & Carbonell, Á. A. (2020). Spray drying and storage of probiotic-enriched almond milk: probiotic survival and physicochemical properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(9), 3697–3708. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10409>
- Lobo, C. B., Juárez Tomás, M. S., Viruel, E., Ferrero, M. A., & Lucca, M. E. (2019).

Development of low-cost formulations of plant growth-promoting bacteria to be used as inoculants in beneficial agricultural technologies. In *Microbiological Research* (Vol. 219, pp. 12–25). Elsevier GmbH. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2018.10.012>

López, F. (2020). *El pollo nuestro de cada día: los impactos de la industria de la carne en el Ecuador*. PlanV. <https://www.planv.com.ec/investigacion/investigacion/el-pollo-nuestro-cada-dia-impactos-la-industria-la-carne-el-ecuador>

López, O., & Gómez, M. (2008). Preparación de microesferas mediante secado por aspersión. *Revista Cubana de Farmacia*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75152008000300010

López, R., Ragazzo, J. A., & Calderón, M. (2020). Microencapsulation of *Meyerozyma guilliermondii* by spray drying using sodium alginate and soy protein isolate as wall materials: a biocontrol formulation for anthracnose disease of mango. *Biocontrol Science and Technology*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1793910>

Lorenzo, J. M., Munekata, P. E., Dominguez, R., Pateiro, M., Saraiva, J. A., & Franco, D. (2018). Main Groups of Microorganisms of Relevance for Food Safety and Stability: General Aspects and Overall Description. *Innovative Technologies for Food Preservation: Inactivation of Spoilage and Pathogenic Microorganisms*, 53–107. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811031-7.00003-0>

Loyeau, P. A., Spotti, M. J., Vanden, N. L., Rossi, Y. E., Montenegro, M. A., Vinderola, G., & Carrara, C. R. (2018). Microencapsulation of *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* INL1 using whey proteins and dextrans conjugates as wall materials. *Food Hydrocolloids*, 85, 129–135. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.06.051>

Luo, Y., Wang, F., Huang, Y., Zhou, M., Gao, J., Yan, T., Sheng, H., & An, L. (2019). *Sphingomonas* sp. Cra20 Increases Plant Growth Rate and Alters Rhizosphere Microbial Community Structure of *Arabidopsis thaliana* Under Drought Stress. *Frontiers in Microbiology*, 0(JUN), 1221. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2019.01221>

- Manaia, C., Nogales, B., Weiss, N., & Nunes, O. (2004). *Gulosibacter molinativorax* gen. nov., sp. nov., a molinate-degrading bacterium, and classification of “*Brevibacterium helvolum*” DSM 20419 as *Pseudoclavibacter helvolus* gen. nov., sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 54(Pt 3), 783–789. <https://doi.org/10.1099/IJS.0.02851-0>
- Markowiak, P., & Śliżewska, K. (2018). The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. *Gut Pathogens* 2018 10:1, 10(1), 1–20. <https://doi.org/10.1186/S13099-018-0250-0>
- Martinović, A., Cocuzzi, R., Arioli, S., & Mora, D. (2020). *Streptococcus thermophilus*: To Survive, or Not to Survive the Gastrointestinal Tract, That Is the Question! *Nutrients*, 12(8), 1–13. <https://doi.org/10.3390/NU12082175>
- Masojídek, J., & Torzillo, G. (2014). Mass Cultivation of Freshwater Microalgae. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09373-8>
- Mills, S., Ross, R. P., & Coffey, A. (2011). Lactic Acid Bacteria | *Lactococcus lactis*. *Encyclopedia of Dairy Sciences: Second Edition*, 132–137. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00266-1>
- Mishra, A., & Athmaselvi, K. A. (2016). Stress tolerance and physicochemical properties of encapsulation processes for *Lactobacillus rhamnosus* in pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit juice. *Food Science and Biotechnology*, 25(1), 125–129. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0019-5>
- Moayyedi, M., Eskandari, M. H., Rad, A. H. E., Ziaee, E., Khodaparast, M. H. H., & Golmakani, M. T. (2018). Effect of drying methods (electrospraying, freeze drying and spray drying) on survival and viability of microencapsulated *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 7469. *Journal of Functional Foods*, 40, 391–399. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.11.016>
- Molina, M. M. (2016). *Desarrollo de leche de soya en polvo con un ingrediente funcional por medio de la microencapsulación de cultivos probióticos (Lactobacillus casei 01) utilizando el método de secado por aspersión*. Quito, 2016. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16844>

- Morales, M. E., & Ruiz, M. A. (2016). Microencapsulation of probiotic cells: applications in nutraceutical and food industry. *Nutraceuticals*, 627–668. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804305-9.00016-6>
- Mu, Q., Tavella, V. J., & Luo, X. M. (2018). Role of *Lactobacillus reuteri* in Human Health and Diseases. *Frontiers in Microbiology*, 9(APR). <https://doi.org/10.3389/FMICB.2018.00757>
- Muhammad, Z., Ramzan, R., Huo, G. C., Tian, H., & Bian, X. (2017). Integration of polysaccharide-thermoprotectant formulations for microencapsulation of *Lactobacillus plantarum*, appraisal of survivability and physico-biochemical properties during storage of spray dried powders. *Food Hydrocolloids*, 66, 286–295. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.11.040>
- Oyeniran, A., Gyawali, R., Aljaloud, S. O., Krastanov, A., & Ibrahim, S. A. (2020). *Probiotic Characteristics and Health Benefits of the Yogurt Bacterium Lactobacillus delbrueckii sp. bulgaricus*. <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.86939>
- Paim, D. R. S. F., Costa, S. D. O., Walter, E. H. M., & Tonon, R. V. (2016). Microencapsulation of probiotic jussara (*Euterpe edulis* M.) juice by spray drying. *LWT - Food Science and Technology*, 74, 21–25. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.022>
- Parapouli, M., Vasileiadis, A., Afendra, A.-S., & Hatziloukas, E. (2020). *Saccharomyces cerevisiae* and its industrial applications. *AIMS Microbiology*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.3934/MICROBIOL.2020001>
- Pedret, A., Valls, R. M., Calderón, L., Llauradó, E., Companys, J., Pla-Pagà, L., Moragas, A., Martín, F., Ortega, Y., Giralt, M., Caimari, A., Chenoll, E., Genovés, S., Martorell, P., Codoñer, F. M., Ramón, D., Arola, L., & Solà, R. (2018). Effects of daily consumption of the probiotic *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* CECT 8145 on anthropometric adiposity biomarkers in abdominally obese subjects: a randomized controlled trial. *International Journal of Obesity* 2018 43:9, 43(9), 1863–1868. <https://doi.org/10.1038/s41366-018-0220-0>
- Prabhuzantye, T., Khaire, R. A., & Gogate, P. R. (2019). Enhancing the recovery of

whey proteins based on application of ultrasound in ultrafiltration and spray drying. *Ultrasonics Sonochemistry*, 55, 125–134. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.03.008>

Pradipta, M. S. I., Harimurti, S., & Hadisaputro, W. (2017). Microencapsulation of indigenous poultry lactic acid bacteria probiotic on the competitive exclusion against *Salmonella enteritidis* and *Escherichia coli* in vitro. *Buletin Peternakan*, 41(2), 134. <https://doi.org/10.21059/buletinpeternak.v41i2.17017>

Quigley, E. M. M. (2017). *Bifidobacterium animalis* spp. *lactis*. *The Microbiota in Gastrointestinal Pathophysiology: Implications for Human Health, Prebiotics, Probiotics, and Dysbiosis*, 127–130. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804024-9.00013-6>

Quirós, A. E., Ayala, J. F., Olivás, G. I., & González, G. A. (2014). Edible coatings as encapsulating matrices for bioactive compounds: a review. In *Journal of Food Science and Technology* (Vol. 51, Issue 9, pp. 1674–1685). Springer. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1246-x>

Rai, G. (2019). NETosis: mechanisms and antimicrobial strategies. *Netosis*, 23–55. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816147-0.00002-2>

Rama, G., Führ, A. J., Da Silva, J., Gennari, A., Giroldi, M., Goettert, M., & Volken, C. F. (2020). Encapsulation of *Lactobacillus* spp. using bovine and buffalo cheese whey and their application in orange juice. *3 Biotech*, 10(6), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02255-9>

Ramakrishnan, Y., Adzahan, N. M., Yusof, Y. A., & Muhammad, K. (2018). Effect of wall materials on the spray drying efficiency, powder properties and stability of bioactive compounds in tamarillo juice microencapsulation. *Powder Technology*, 328, 406–414. <https://doi.org/10.1016/J.POWTEC.2017.12.018>

Ramos, P. E., Cerqueira, M. A., Teixeira, J. A., & Vicente, A. A. (2018). Physiological protection of probiotic microcapsules by coatings. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(11), 1864–1877. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1289148>

Rattanapatpokin, T., Tachaapikoon, C., Waeonukul, R., Wattanachaisaereekul, S.,

- Ratanakhanokchai, K., & Pason, P. (2020). Newly isolated malic acid fermenting yeast *Meyerozyma caribbica* AY 33-1 for bioconversion of glucose and cassava pulp. *SEATUC Journal of Science and Engineering*, 1(1), 62–70. https://doi.org/10.34436/SJSE.1.1_62
- Reimer, L. C., Vetcinina, A., Carbasse, J. S., Söhngen, C., Gleim, D., Ebeling, C., & Overmann, J. (2019). BacDive in 2019: Bacterial phenotypic data for High-throughput biodiversity analysis. *Nucleic Acids Research*, 47(D1), D631–D636. <https://doi.org/10.1093/NAR/GKY879>
- Remuñán, C., & Alonso, M. (1997). Microencapsulación de medicamentos. In J. . Vila Jato (Ed.), *Tecnología farmacéutica. Formas farmacéuticas* (Vol. 1, pp. 577–609). Sintesis.
- Reyes, V., Chotiko, A., Chouljenko, A., Campbell, V., Liu, C., Theegala, C., & Sathivel, S. (2018). Influence of wall material on production of spray dried *Lactobacillus plantarum* nrri b-4496 and its viability at different storage conditions. *Drying Technology*, 36(14), 1738–1748. <https://doi.org/10.1080/07373937.2017.1423324>
- Reyes, V., Chotiko, A., Chouljenko, A., & Sathivel, S. (2018). Viability of *Lactobacillus acidophilus* NRRL B-4495 encapsulated with high maize starch, maltodextrin, and gum arabic. *LWT*, 96, 642–647. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.017>
- Ribeiro, N., Da Silva, L., De Souza, G., Franceschi, E., Cansian, R., Junges, A., Toniazzi, G., Zeni, J., Colet, R., Mignoni, M., & Valduga, E. (2021). Microencapsulation of Probiotic *Lactobacillus helveticus* with Different Wall Materials by Spray Drying. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11(4), 11221–11232. <https://doi.org/10.33263/BRIAC114.1122111232>
- Roberfroid, M. (2007). Prebiotics: The concept revisited. *Journal of Nutrition*, 137(3), 830S–837S. <https://doi.org/10.1093/jn/137.3.830s>
- Rodklongtan, A., & Chitprasert, P. (2017). Combined effects of holy basil essential oil and inlet temperature on lipid peroxidation and survival of *Lactobacillus reuteri* KUB-AC5 during spray drying. *Food Research International*, 100, 276–283.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.016>

- Rodrigues, P., Lopes, P., & Costa, L. (2019). Microencapsulation and Its Uses in Food Science and Technology: A Review. In *Microencapsulation - Processes, Technologies and Industrial Applications*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.81997>
- Rodríguez, C. M., Guzmán, A. M., Lara, M. C., Castillo, E., & Brandão, P. (2021). Aislamiento e identificación de *Lactobacillus* spp. (Lactobacillaceae) resistentes a Cd(II) y As(III) recuperados de fermento de cacao. *Acta Biológica Colombiana*, 26(1), 19–29. <https://doi.org/10.15446/ABC.V26N1.83677>
- Rosolen, M. D., Bordini, F. W., de Oliveira, P. D., Conceição, F. R., Pohndorf, R. S., Fiorentini, Â. M., da Silva, W. P., & Pieniz, S. (2019). Symbiotic microencapsulation of *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* R7 using whey and inulin by spray drying. *LWT*, 115, 108411. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108411>
- Saez, V., Ramón, J., & Peniche, C. (2007). Las microesferas como sistemas de liberación controlada de péptidos y proteínas. *Biotecnología Aplicada*, 24(2), 98–107. <https://elfosscientiae.cigb.edu.cu/PDFs/BiotecnolApl/2007/24/2/BA002402RV098-107.pdf>
- Sánchez, N., Bu, M., León, N., & Pérez, H. (2003). Efecto de la *Spirulina platensis* en la toxicidad producida por acrilamida. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 1. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962003000100002
- Santos, D., Casazza, A. A., Aliakbarian, B., Bedani, R., Saad, S. M. I., & Perego, P. (2019). Improved probiotic survival to in vitro gastrointestinal stress in a mousse containing *Lactobacillus acidophilus* La-5 microencapsulated with inulin by spray drying. *LWT*, 99, 404–410. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.010>
- 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>
- Sedej, I., Milczarek, R., Wang, S. C., Sheng, R., de Jesús Avena-Bustillos, R., Dao, L., & Takeoka, G. (2016). Spray drying of a phenolic-rich membrane filtration

- fraction of olive mill wastewater: optimisation and dried product quality. *International Journal of Food Science and Technology*, 51(8), 1900–1909. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13163>
- Sharma, A. (2019). Importance of Probiotics in Cancer Prevention and Treatment. *Recent Developments in Applied Microbiology and Biochemistry*, 33–45. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816328-3.00004-0>
- Shori, A. B., Baba, A. S., & Muniandy, P. (2019). Potential Health-Promoting Effects of Probiotics in Dairy Beverages. *Value-Added Ingredients and Enrichments of Beverages*, 173–204. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816687-1.00005-9>
- Sierra, P., & Guillen, J. (2017). *Evaluación de la viabilidad del Lactobacillus spp. encapsulado en maltodextrina como probiótico en el jugo de aguaymanto* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1591>
- Silva, S. (2018). *Obtención de un simbiótico encapsulado a base de diferentes niveles de inulina y Lactobacillus casei* [Escuela superior politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8378/1/27T0394.pdf>
- Slavutsky, A., Chávez, M., Favaro, C., & Bertuzzi, M. (2017). Encapsulation of Lactobacillus Acidophilus in a Pilot-Plant Spray-Dryer. Effect of Process Parameters on Cell Viability. *Journal of Food Process Engineering*, 40(2). <https://doi.org/10.1111/jfpe.12394>
- Smokvina, T., Wels, M., Polka, J., Chervaux, C., Brisse, S., Boekhorst, J., Vlieg, J. E. T. van H., & Siezen, R. J. (2013). Lactobacillus paracasei Comparative Genomics: Towards Species Pan-Genome Definition and Exploitation of Diversity. *PLoS ONE*, 8(7), 68731. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0068731>
- Song, D. H., Lee, J. M., Chung, K. H., & An, J. H. (2018). Penicillin Binding Protein from Pediococcus acidilactici Isolated from Nuruk for Food Biopreservative. *Iranian Journal of Public Health*, 47(11), 1653. [/pmc/articles/PMC6294861/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3294861/)
- Sosnik, A., & Seremeta, K. P. (2015). Advantages and challenges of the spray-drying technology for the production of pure drug particles and drug-loaded polymeric

- carriers. In *Advances in Colloid and Interface Science* (Vol. 223, pp. 40–54). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2015.05.003>
- Souza, M., Mesquita, A., Veríssimo, C., Grosso, C., Converti, A., & Maciel, M. I. (2020). Microencapsulation by spray drying of a functional product with mixed juice of acerola and ciriguela fruits containing three probiotic lactobacilli. *Drying Technology*. <https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1862182>
- Srinivas, B., Rani, G. S., Kumar, B. K., Chandrasekhar, B., Krishna, K. V., Devi, T. A., & Bhima, B. (2017). Evaluating the probiotic and therapeutic potentials of *Saccharomyces cerevisiae* strain (OBS2) isolated from fermented nectar of toddy palm. *AMB Express*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/S13568-016-0301-1>
- Stancu, M. M. (2020). Biosurfactant production by a *Bacillus megaterium* strain. *Open Life Sciences*, 15(1), 629–637. <https://doi.org/10.1515/BIOL-2020-0068>
- Strobel, S. A., Allen, K., Roberts, C., Jimenez, D., Scher, H. B., & Jeoh, T. (2018). Industrially-Scalable Microencapsulation of Plant Beneficial Bacteria in Dry Cross-Linked Alginate Matrix. *Industrial Biotechnology*, 14(3), 138–147. <https://doi.org/10.1089/ind.2017.0032>
- Suárez, E. E. (2019). *Microencapsulación de levadura Saccharomyces cerevisiae como fuente de probióticos* [Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería Bioquímica]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/29733>
- Sundh, I., Wilcks, A., & Goettel, M. S. (2012). Beneficial microorganisms in agriculture, food and the environment: Safety assessment and regulation. In *Beneficial Microorganisms in Agriculture, Food and the Environment: Safety Assessment and Regulation*. CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9781845938109.0000>
- Suryabhan, P., Lohith, K., & Anu-Appaiah, K. A. (2019). Sucrose and sorbitol supplementation on maltodextrin encapsulation enhance the potential probiotic yeast survival by spray drying. *LWT*, 107, 243–248. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.002>
- Tan, T. G., Sefik, E., Geva, N., Kua, L., Naskar, D., Teng, F., Pasman, L., Ortiz, A.,

- Jupp, R., Wu, H., Kasper, D. L., Benoist, C., & Mathis, D. (2016). Identifying species of symbiont bacteria from the human gut that, alone, can induce intestinal Th17 cells in mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *113*(50), E8141–E8150. <https://doi.org/10.1073/PNAS.1617460113>
- Tang, W., Desai, A., & Desai, K. (2021). A Case Report of *Methylobacterium radiotolerans* Bacteremia and Brain Abscesses. *Infectious Microbes and Diseases*, *3*(2), 112–114. <https://doi.org/10.1097/IM9.0000000000000062>
- Thamacharoensuk, T., Boonsom, T., Tanasupawat, S., & Dumkliang, E. (2020). Optimization of microencapsulated lactobacillus rhamnosus gg from whey protein and glutinous rice starch by spray drying. *Key Engineering Materials*, *859 KEM*, 265–270. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.859.265>
- Thies, C. (2004). Microencapsulation. In *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*. John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/0471440264.pst198>
- Thies, C. (2005). Microencapsulation. In *Van Nostrand's Encyclopedia of Chemistry*. John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/0471740039.vec1633>
- Timmusk, S., Grantcharova, N., & Wagner, E. G. H. (2005). *Paenibacillus polymyxa* invades plant roots and forms biofilms. *Applied and Environmental Microbiology*, *71*(11), 7292–7300. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.11.7292-7300.2005>
- Tomaro, C., Saha, S., Malhotra, M., Kahouli, I., & Prakash, S. (2013). Microencapsulation for the Therapeutic Delivery of Drugs, Live Mammalian and Bacterial Cells, and Other Biopharmaceutics: Current Status and Future Directions. *Journal of Pharmaceutics*, *2013*, 1–19. <https://doi.org/10.1155/2013/103527>
- Tontul, S., & Erbas, M. (2017). Single and double layered microencapsulation of probiotics by spray drying and spray chilling. *LWT*, *81*, 160–169. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.060>
- Ujváry, I. (2010). Pest Control Agents from Natural Products. *Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology*, 119–229. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374367-1.00003-3>

- Valadez, N. (2019). *Optimización de la microencapsulación de Bifidobacterium longum (BAA-999) y su administración con licopeno sobre la modulación de IGF-1/IGF-1R/IGFBP3 en un modelo de carcinogénesis colorrectal* [Universidad Autónoma de Querétaro]. <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1790>
- Vandenberghe, L. P. de S., Garcia, L. M. B., Rodrigues, C., Camara, M. C., Pereira, G. V. de M., Oliveira, J. de, & Soccol, C. R. (2017). Potential applications of plant probiotic microorganisms in agriculture and forestry. *AIMS Microbiology*, 3(3), 629. <https://doi.org/10.3934/MICROBIOL.2017.3.629>
- Wang, F. (2020). *Microencapsulation of Lactobacillus reuteri DPC16 using spray-drying*. Massey University. <https://mro.massey.ac.nz/handle/10179/15856>
- Wang, H., Jiang, K., Zhu, Z., Jiang, W., Yang, Z., Zhu, S., Qiu, J., Yan, X., He, J., He, Q., & Hong, Q. (2018). Optimization of fed-batch fermentation and direct spray drying in the preparation of microbial inoculant of acetochlor-degrading strain *Sphingomonas* sp. DC-6. *3 Biotech*, 8(7), 294. <https://doi.org/10.1007/s13205-018-1324-x>
- Wang, Q., Lin, H., Shen, Q., Fan, X., Bai, N., & Zhao, Y. (2015). Characterization of Cellulase Secretion and Cre1-Mediated Carbon Source Repression in the Potential Lignocellulose-Degrading Strain *Trichoderma asperellum* T-1. *PLOS ONE*, 10(3), e0119237. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0119237>
- Wang, X., Wang, Y., Ning, S., Shi, S., & Tan, L. (2020). Improving Azo Dye Decolorization Performance and Halotolerance of *Pichia occidentalis* A2 by Static Magnetic Field and Possible Mechanisms Through Comparative Transcriptome Analysis. *Frontiers in Microbiology*, 0, 712. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2020.00712>
- West, C., Stanisz, A. M., Wong, A., & Kunze, W. A. (2016). Effects of *Saccharomyces cerevisiae* or *boulardii* yeasts on acute stress induced intestinal dysmotility. *World Journal of Gastroenterology*, 22(48), 10532. <https://doi.org/10.3748/WJG.V22.I48.10532>
- Wong, C. B., Odamaki, T., & Xiao, J. zhong. (2019). Beneficial effects of

- Bifidobacterium longum subsp. longum BB536 on human health: Modulation of gut microbiome as the principal action. *Journal of Functional Foods*, 54, 506–519. <https://doi.org/10.1016/J.JFF.2019.02.002>
- Wu, Q., Sun, R., Ni, M., Yu, J., Li, Y., Yu, C., Dou, K., Ren, J., & Chen, J. (2017). Identification of a novel fungus, *Trichoderma asperellum* GDFS1009, and comprehensive evaluation of its biocontrol efficacy. *PLoS ONE*, 12(6). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0179957>
- Yerlikaya, O. (2019). Probiotic potential and biochemical and technological properties of *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* strains isolated from raw milk and kefir grains. *Journal of Dairy Science*, 102(1), 124–134. <https://doi.org/10.3168/JDS.2018-14983>
- Zárate, E., Hernández, R. A., & Pérez, J. T. (2021). Microcápsulas y microesferas: una visión a la caracterización integral y aplicación para la liberación de medicamentos biotecnológicos. *CienciaUAT*, 21–36. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v15i2.1472>
- Zhang, L., Zeng, X., Fu, N., Tang, X., Sun, Y., & Lin, L. (2018). Maltodextrin: A consummate carrier for spray-drying of xylooligosaccharides. *Food Research International*, 106, 383–393. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2018.01.004>
- Zhang, Y., Lin, J., & Zhong, Q. (2016). Effects of media, heat adaptation, and outlet temperature on the survival of *Lactobacillus salivarius* NRRL B-30514 after spray drying and subsequent storage. *LWT - Food Science and Technology*, 74, 441–447. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.008>
- Zhu, Z., Luan, C., Zhang, H., Zhang, L., & Hao, Y. (2016). Effects of spray drying on *Lactobacillus plantarum* BM-1 viability, resistance to simulated gastrointestinal digestion, and storage stability. *Drying Technology*, 34(2), 177–184. <https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1021009>
- Zommiti, M., Cambrone, M., Maillot, O., Barreau, M., Sebei, K., Feuilloley, M., Ferchichi, M., & Connil, N. (2018). Evaluation of Probiotic Properties and Safety of *Enterococcus faecium* Isolated From Artisanal Tunisian Meat “Dried Ossban.” *Frontiers in Microbiology*, 9(AUG). <https://doi.org/10.3389/FMICB.2018.01685>