



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Proyecto de titulación

Carrera ingeniería en biotecnología

Obtención de envase activo con actividad antimicrobiana a partir de almidón de dos especies de malanga: *colocasia esculenta l.* Y *xanthosoma sagittifolium l.*, mediante la aplicación de bacterias ácido-lácticas.

Avilés Moreta Emilio Sebastián y Ortega Vega Genesis Liliana

Ing. Sungey Naynee Sánchez Llaguno, PhD.

Santo domingo, 13 de marzo 2024

Reporte de verificación de contenido



tesis final-ortega-aviles.pdf

Scan details

Scan time: March 12th, 2024 at 0:46 UTC | Total Pages: 63 | Total Words: 15613

Plagiarism Detection

Types of plagiarism	Words
Identical	1.7% 269
Minor Changes	0.6% 88
Paraphrased	0.4% 68
Omitted Words	0% 0

2.7%

AI Content Detection

N/A

Text coverage
 AI text
 human text

Firma:



SUNGEY NAYNEE SANCHEZ LLAGUNO

Ing. Sungey Naynee Sánchez Llaguno, PhD.

Director del proyecto de investigación.



Departamento de Ciencias de la Vida y Agricultura

Carrera de ingeniería en Biotecnología

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: “ **Obtención de envase activo con actividad antimicrobiana a partir de almidón de dos especie es de malanga: *Colocasia esculenta* L. y *xanthosoma sagittifolium* L**, mediante la aplicación de bacterias ácido-lácticas.” fue realizado por la señorita Genesis Liliana Ortega Vega y el señor Emilio Sebastián Avilés , los mismos que cumplen con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cualme permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 13 de marzo 2024

Firma:



.....
Ing. Sungey Naynee Sánchez Llaguno, PhD.

C. C. 1205348673



Departamento de Ciencias de la Vida y Agricultura.
Carrera de ingeniería en Biotecnología

Responsabilidad de autoría

Nosotros, Emilio Sebastián Avilés Moreta, con cédula de ciudadanía n° 1723918627 y Genesis Liliana Ortega Vega, con cédula de ciudadanía n° 1803732872 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular : **"Obtención de envase activo con actividad antimicrobiana a partir de almidón de dos especie es de malanga: *Colocasia esculenta* l. y *xanthosoma sagittifolium* l, mediante la aplicación de bacterias ácido-lácticas"** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 13 de marzo del 2024

Firmas

.....
Emilio Sebastián Avilés Moreta
C.C.: 1723918627

.....
Genesis Liliana Ortega Vega
C.C.: 1803732872



Departamento de Ciencias de la vida y Agricultura
Carrera de ingeniería en Biotecnología.

Autorización de Publicación

Nosotros, Emilio Sebastián Avilés Moreta, con cédula de ciudadanía n° 1723918627 y Genesis Liliانا Ortega Vega, con cédula de ciudadanía n° 1803732872, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Título: 'Obtención de envase activo con actividad antimicrobiana a partir de almidón de dos especies de malanga: *Colocasia esculenta* L. y *xanthosoma sagittifolium* L, mediante la aplicación de bacterias ácido-lácticas.'** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 13 de marzo del 2024

Firmas

.....
Emilio Sebastián Avilés Moreta
C.C.: 1723918627

.....
Genesis Liliانا Ortega Vega
C.C.: 1803732872

Dedicatoria

A mis amados padres, Olga Vega y Chen Ortega, les dedico este trabajo con profundo agradecimiento por su inquebrantable apoyo. Cada consejo, regaño y muestra de amor infinito que me han brindado a lo largo de los años ha sido la fuerza impulsora detrás de cada paso que doy en mi vida. Su dedicación inquebrantable no solo me ha guiado, sino que también ha sido mi faro en momentos de oscuridad.

A mis queridos hermanos, Amelia y Jeffry Ortega, les dedico un espacio especial en esta expresión de gratitud. Nuestra conexión va más allá de las palabras; hemos compartido lágrimas, guardado secretos, vivido noches de risas y juegos. Cada momento que hemos experimentado juntos ha tejido un lazo indestructible entre nosotros. Los amo profundamente y valoro la constante compañía y aliento que me brindan.

Este trabajo no solo representa mi esfuerzo, sino también la influencia positiva que cada uno de ustedes ha tenido en mi vida. Agradezco las noches sin dormir de mi madre por cuidarme, las lecciones de vida de mi padre, y la complicidad y amor compartido con mis hermanos. Este logro es nuestro, y dedico con cariño cada página a la familia que ha sido mi roca y mi fuente de inspiración.

Una dedicatoria especial a mis queridos abuelita y tío, aunque no se encuentran físicamente conmigo, quiero dedicarles un pensamiento especial hasta el cielo, en este día. Sus consejos, regaños y palabras de aliento siempre me acompañarán, guiándome en cada paso que doy. Son mi inspiración para ser una mejor persona y alcanzar mis metas. Sé que desde donde estén, siempre estarán orgullosos de mí, con amor eterno.

Genesis Ortega

A mis padres, Deyci y Ramiro, les dedico este logro a ustedes, quienes con su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio me brindaron las herramientas necesarias para alcanzar mis metas. Su ejemplo de trabajo duro, perseverancia y valores me ha guiado e inspirado a lo largo de mi vida. Gracias por creer en mí, por estar siempre presentes en cada paso que doy y por ser los pilares fundamentales en la construcción de mi camino profesional.

Alejandro e Ismael, a ustedes, mis hermanos y compañeros de vida, les dedico este logro con profunda gratitud. Gracias por su apoyo incondicional, por su confianza en mis capacidades y por ser mi fuente de motivación en los momentos difíciles. Comparto este triunfo con ustedes, quienes siempre me han impulsado a dar lo mejor de mí mismo.

A mis abuelos y demás familiares, su cariño, aliento y apoyo constante han sido fundamentales en mi camino hacia el éxito. Gracias por creer en mí, por sus palabras de aliento y por estar presentes en cada momento importante de mi vida. Este logro también es de ustedes, quienes me han brindado su amor incondicional y me han enseñado el valor de la familia.

A mi novia, Lis, a ti, mi compañera, mi confidente y mi fuente de inspiración, te dedico este logro con todo mi amor. Gracias por tu apoyo incondicional, por tu paciencia, por tu comprensión y por ser mi pilar fundamental en los momentos difíciles. Tu amor y tu presencia me han dado la fuerza necesaria para seguir adelante y alcanzar mis metas.

Emilio Avilés

Agradecimientos

Quisiera expresar mi sincero agradecimiento a los distinguidos docentes de la ESPE-Santo Domingo. Su experiencia y dedicación han sido pilares fundamentales en mi proceso formativo y han guiado mi desarrollo académico de manera significativa.

Agradezco también a la empresa ECOLAC y Agrobiotech, por brindarme la oportunidad de llevar a cabo mis prácticas profesionales y permitirme ampliar mi comprensión de las aplicaciones prácticas de mis estudios. La experiencia adquirida en estos entornos laborales ha sido invaluable para mi crecimiento profesional.

Emilio, quiero expresarte mi profundo agradecimiento por nuestra colaboración en esta tesis, trabajar contigo ha sido un honor y un placer. Aprecio sinceramente tu dedicación y esfuerzo, que han sido fuentes constantes de inspiración. Cada idea, revisión y sesión de trabajo contigo ha sido valiosa. Además, agradecerte por ser un gran amigo y ser una parte fundamental de este viaje académico.

A mi mejor amigo Alexander Rosado, que su amistad ha sido más que invaluable, siendo un pilar esencial en mi vida. En los momentos difíciles, su presencia y apoyo han sido como una bandita, sanado mis días con una amistad genuina y sincera. Tu apoyo ha sido una verdadera bendición. Gracias, Alexander, por ser parte fundamental de mi vida.

A mis queridos amigos que han sido la piedra angular de este viaje universitario: Teresa, Julissa, Jefferson, Katherine, Erika, Carlos, Elvis, Máximo, Melanie, Marcelo, Lis, y todos aquellos con quienes compartí preciosos momentos de aprendizaje y compañerismo. Quiero expresarles desde el fondo de mi corazón mi sincero agradecimiento por el apoyo que cada uno de ustedes me brindó. Su presencia ha sido más que una compañía, ha sido un regalo. Las horas de estudio,

en los momentos de celebración y llantos, por cada risa, cada consejo dado y recibido ha dejado una huella imborrable en mi corazón.

En particular, expresar mi sincera gratitud y reconocimiento a mi estimada directora de tesis, Ing. Sungey Naynee Sánchez Llaguno. Su liderazgo, orientación y dedicación inquebrantable a lo largo del proceso académico han sido fundamentales para ayudarme a alcanzar este hito en mi vida. Le estoy infinitamente agradecida por todos los conocimientos y la sabiduría que nos has impartido, y por su inquebrantable fe en nuestras capacidades, sus enseñanzas perdurarán en nuestras vidas y nos ayudarán en los retos en nuestro diario vivir.

Genesis Ortega

A mis amigos, compañeros de clase, profesores, personal de la universidad y a todas las personas que han estado presentes en mi camino, les agradezco su apoyo, sus palabras de aliento y por ser parte de este logro. Su colaboración ha sido invaluable para mi crecimiento personal y profesional.

A mi tutora de tesis, Dra. Sungey Sánchez, agradezco profundamente su invaluable guía, paciencia y dedicación durante el desarrollo de mi tesis. Su conocimiento, experiencia y consejos fueron fundamentales para la culminación de este proyecto. Su pasión por la investigación me inspiró a dar lo mejor de mí y me brindó las herramientas necesarias para alcanzar mis objetivos.

A mi querida compañera de tesis, Liliana Ortega, dedico este agradecimiento por su invaluable apoyo. Su dedicación, entusiasmo y paciencia fueron pilares fundamentales para el éxito de este proyecto. Su creatividad, ideas y soluciones prácticas marcaron un antes y un después en nuestro trabajo. Más que una compañera, fuiste una amiga, brindándome apoyo incondicional y palabras de aliento en cada paso del camino.

A los docentes que marcaron mi formación, Dr. Juan Neira, Ing. Gisella Mantilla y Dra. Anabell Urbina, expreso mi más sincero agradecimiento por su dedicación, por transmitir su pasión por el conocimiento y por brindarme las herramientas necesarias para alcanzar mis metas. Sus enseñanzas han sido fundamentales en mi desarrollo profesional y personal.

Agradezco de manera especial a Johan por su invaluable apoyo, colaboración y por convertirse en un gran amigo. Su ayuda en el laboratorio fue fundamental para el desarrollo de mi tesis y su disposición y buen humor siempre me motivaron a seguir adelante.

A mi novia Lis, mis amigos, Melanie Macas, Melanie Salazar, Diego, Majo, Damaris, Noemi, Miguel, Máximo, Juli, Marcelo, Edwin y Oswaldo, gracias por su amistad incondicional, apoyo y por los momentos compartidos que enriquecieron mi vida personal y profesional. Su compañía y alegría me han motivado a seguir adelante en los momentos difíciles y han hecho de este camino una experiencia inolvidable.

Emilio Avilés

Índice

Dedicatoria	I
Agradecimientos	III
Resumen	1
Abstract	2
1. Introducción y estado del arte:	3
Objetivos:	6
General:	6
Específicos:	6
Hipótesis	7
Hipótesis nulas	7
Hipótesis Alternativas	7
2. Marco teórico/Marco Conceptual	8
Origen de la Malanga	8
Descripción botánica de la malanga	8
Colocasia esculenta I.	9
Malanga blanca (Xanthosoma sagittifolium)	10
Taxonomía malanga blanca	11
Uso industrial de la malanga	11
Almidón	12
Gelatinización	13
Desestructuración	14
Plastificantes para elaboración del polímero.	14
Aplicación industrial del almidón	15
Polímeros biodegradables basados en almidón	15
Zanahoria baby	16

Brócoli.....	17
Envases bioactivos.....	17
Bacterias Ácido-Lácticas.....	18
Leuconostoc mesenteroides.....	19
Limosilactobacillus reuteri.....	20
Lactiplantibacillus plantarum.....	20
3. Metodología/Técnicas/Diseño.....	21
Ubicación del Área De Investigación.....	21
Ubicación política.....	21
Ubicación ecológica.....	21
Ubicación Geográfica.....	22
Materiales:.....	23
Metodología:.....	25
Obtención de materia prima (tubérculos de malanga).....	25
Extracción de almidón.....	25
Análisis Microbiológico de los Vegetales.....	26
Obtención de envase a partir de almidón de malanga (lila y blanca).....	28
Preparación caldo MRS.....	29
Solución bacteriana.....	29
Aplicación de la solución bacteriana.....	30
Diseño experimental:.....	30
Obtención de bioenvases a partir de almidón de dos especies de malanga: Colocasia esculenta l. y xanthosoma sagittifolium l.....	30
Factores del estudio.....	30
Tratamientos a comparar.....	31
Esquema de análisis de varianza.....	31
Análisis funcional.....	32

Evaluación de la eficacia de los envases activos con actividad antimicrobiana como bioprotección de vegetales frescos (I Gama): brócoli y zanahorias baby.....	32
Factores del estudio.....	33
Tratamientos a comparar.....	33
Esquema de análisis de varianza.....	34
Análisis funcional.....	35
Determinación de Humedad.....	35
Determinación de Ceniza.....	36
pH.....	37
Determinación de Acidez.....	37
Evaluación de la eficacia de los envases activos con actividad antimicrobiana como bioprotección de vegetales frescos (I Gama): brócoli y zanahorias baby.....	38
Determinación de pH.....	38
Determinación de Acidez.....	38
4. Resultados.....	39
Del estudio estadístico (Análisis de Varianza) en la obtención de bioenvases a partir de almidón de dos especies de malanga: Colocasia esculenta L. y xanthosoma sagittifolium L.....	39
Del estudio estadístico (Análisis de Varianza) en la evaluación de la eficacia de los envases activos con actividad antimicrobiana como bioprotección de vegetales frescos (I Gama): brócoli y zanahorias baby.....	42
Resultados del estudio de dos especies de malanga (esculenta L. y xanthosoma sagittifolium L) en la elaboración de bioenvases.(Tukey $p < 0.05$).....	44
Resultados del estudio, de la eficacia de envases activos con actividad antimicrobiana como bioprotección de vegetales frescos (I Gama): brócoli y zanahorias baby (Tukey $p < 0.05$).....	50
Resultados de medias marginales para interacciones.....	57
Evaluación de la eficacia de los envases activos con actividad antimicrobiana como bioprotección de vegetales frescos (I Gama): brócoli y zanahorias baby.....	58
Análisis de componentes principales.....	60

Obtención de bioenvases a partir de almidón de dos especies de malanga: <i>Colocasia esculenta</i> L. y <i>Xanthosoma sagittifolium</i> L	60
Análisis Microbiológicos de los vegetales	63
5. Conclusiones y recomendaciones.....	65
6. Referencias bibliográficas.....	67

Índice de tablas

Tabla 1.	Taxonomía malanga lila (<i>Colocasia esculenta</i> L.)	10
Tabla 2.	Taxonomía malanga blanca (<i>Xanthosoma sagittifolium</i> .)	11
Tabla 3.	Estructura de amilosa.....	12
Tabla 4.	Taxonomía de la zanahoria.....	16
Tabla 5.	Taxonomía de brócoli.....	17
Tabla 6.	Materiales usados para la obtención de almidón de malanga	23
Tabla 7.	Materiales usados para pruebas fisicoquímicas de los dos tipos de almidón.	24
Tabla 8.	Materiales usados para la elaboración de bioplástico de almidón de malanga.....	24
Tabla 9.	Materiales usados para la activación de bacterias ácidas lácticas.	25
Tabla 10.	Dosificación de aditivos para potenciar el polímero biodegradable.	28
Tabla 11.	Factores y niveles en el estudio para la obtención de un bio envase a partir del almidón de dos especies de malanga (lila y blanca) con diferentes relaciones de espesantes.	30
Tabla 12.	Unidades experimentales, (Tratamientos) en el estudio para la obtención de un bioenvase a partir del almidón de dos especies de malanga (lila y blanca) con diferentes relaciones de espesantes.....	31
Tabla 13.	Análisis de varianza, considerando grados de libertad, en el estudio de la obtención de un bio envase a partir del almidón de dos especies de malanga (lila y blanca) con diferentes relaciones de espesantes.....	31
Tabla 14.	Factores y niveles en el estudio para la conservación de vegetales frescos (brócoli y zanahoria baby) a partir del envase activo de dos especies de malanga (lila y blanca) con actividad microbiana mediante la aplicación de bacterias ácido-lácticas (<i>L. meenteroides</i> , <i>L. reuteri</i> y <i>L.plantarum</i>).....	33

Tabla 15.	Unidades experimentales (Tratamientos) para el estudio para la conservación de vegetales frescos (brócoli y zanahoria baby) a partir del envase activo de dos especies de malanga (lila y blanca) con actividad microbiana mediante la aplicación de bacterias ácido-lácticas (L. mesenteroides, L. reuteri y L.plantarum).....	33
Tabla 16.	Esquema del análisis de varianza en el estudio para la conservación de vegetales frescos (brócoli y zanahoria baby) a partir del envase activo de dos especies de malanga (lila y blanca) con actividad microbiana mediante la aplicación de bacterias ácido-lácticas (L. mesenteroides, L. reuteri y L.plantarum).....	34
Tabla 17.	Análisis de varianza para la variable humedad de los envases.....	39
Tabla 18.	Análisis de varianza para la variable ceniza de los envases.....	40
Tabla 19.	Análisis de varianza para la variable pH de los envases.....	41
Tabla 20.	Análisis de varianza para la variable acidez de los envases.....	41
Tabla 21.	Análisis de Varianza para pH de los vegetales frescos conservados en envases activos.	42
Tabla 22.	Análisis de Varianza para la variable acidez.....	43
Tabla 23.	Resultados del estudio de dos especies de malanga, en la elaboración de un bioenvase . (Tukey $p < 0.05$). Factor A.	44
Tabla 24.	Resultados del estudio de dos especies de malanga, en la elaboración de un bioenvases . (Tukey $p < 0.05$). Factor B.	46
Tabla 25.	Resultados del estudio de dos especies de malanga al interactuar con tres relaciones espesantes, en la elaboración de un bioenvase . (Tukey $p < 0.05$). Factor A * Factor B.	48

Tabla 26.	Resultados del estudio, de la eficacia de envases activos con actividad antimicrobiana de como bioprotección de vegetales frescos (I Gama): brócoli y zanahorias baby (Tukey $p < 0.05$) Factor A.....	50
Tabla 27.	Resultados del estudio, de la eficacia de envases activos con actividad antimicrobiana de como bioprotección de vegetales frescos (I Gama): brócoli y zanahorias baby (Tukey $p < 0.05$) Factor B.....	51
Tabla 28.	Resultados del estudio, de la eficacia de envases activos con actividad antimicrobiana de como bioprotección de vegetales frescos (I Gama): brócoli y zanahorias baby (Tukey $p < 0.05$) Factor C.....	52
Tabla 29.	Resultados del estudio, de la eficacia de envases activos con actividad antimicrobiana de como bioprotección de vegetales frescos (I Gama): brócoli y zanahorias baby (Tukey $p < 0.05$) para la relación: especie de malanga * bacteria * vegetales (AxBxC).....	54
Tabla 30.	Matriz de correlación de componentes principales.....	60
Tabla 31.	Tabla de varianza total explicada.....	61
Tabla 32.	Matriz de componentes.....	62
Tabla 33.	Resultados de análisis microbiológicos de los vegetales.....	63

Índice de figuras

Figura 1. Malanga lila (<i>Colocasia esculenta</i> L.).....	9
Figura 2. Malanga blanca (<i>Xanthosoma sagittifolium</i> .).....	10
Figura 3. Estructura de amilopectina.....	13
Figura 4. <i>Leuconostoc mesenteroides</i>	19
Figura 5. <i>Limosilactobacillus reuteri</i>	20
Figura 6. <i>Lactobacillus plantarum</i>	21
Figura 7. Ubicación geográfica donde se desarrollará la investigación	22
Figura 8. Balance de materiales	27
Figura 9. Acidez titulable de almidón.....	37
Figura 10. Estudio del efecto de almidón (Factor A) en las variables de estudio.....	45
Figura 11. Estudio del efecto de la relación espesante (Factor B) en las variables de estudio..	46
Figura 12. Estudio del efecto de especie de malanga (Factor A) en las variables de estudio	50
Figura 13. Estudio del efecto de bacterias ácido lácticas (Factor B) en las variables de estudio.....	52
Figura 14. Estudio del efecto de los vegetales (Factor C) en las variables de estudio.	53
Figura 15. Resultado de medias marginales en la interacción A*B (Especie de Malanga vs. Relación espesante) para las variables humedad, ceniza y pH.....	57
Figura 16. Resultado de medias marginales en la : Evaluación de la eficacia de los envases activos con actividad antimicrobiana como bioprotección de vegetales frescos (I Gama): brócoli y zanahorias baby.....	59
Figura 17. Gráfico de sedimentación del análisis de componentes principales.	61

Figura 18. Gráfico de componente en espacio rotado del análisis de componentes
principales62

Resumen

El estudio se centra en la obtención de envases activos con actividad antimicrobiana a partir de almidón de dos especies de malanga: *Colocasia esculenta* L. y *Xanthosoma sagittifolium* L. Los objetivos incluyen evaluar el proceso de obtención de almidón de malanga como materia prima para elaborar envases activos y desarrollar envases con actividad antimicrobiana mediante bacterias ácido-lácticas como *L. mesenteroides*, *L. reuteri* y *L. plantarum*. Se detallan los métodos de obtención de materia prima, extracción de almidón, preparación de envases, caldo MRS y aplicación de la solución bacteriana. Se utilizó un diseño experimental factorial evaluando la eficacia de los envases en la bioprotección de brócoli y zanahorias baby, con pruebas fisicoquímicas para determinar la calidad. Los resultados indican que los envases activos con actividad antimicrobiana a partir de almidón de malanga fueron efectivos en la bioprotección de los vegetales frescos estudiados. Se destaca el papel crucial de las bacterias ácido-lácticas en conferir propiedades antimicrobianas a los envases, prolongando la vida útil de los productos. La malanga se muestra como una opción prometedora para envases sostenibles. En las conclusiones, se resalta la importancia de la investigación en envases activos y biodegradables, explorando nuevas aplicaciones de productos locales. Se destaca la viabilidad de usar bacterias ácido-lácticas para mejorar propiedades antimicrobianas de los envases, con potencial impacto positivo en la industria alimentaria y la reducción del desperdicio de alimentos.

Palabras claves : Malanga, Almidón, Bacterias Acido Lácticas, Envase activo, Pruebas Fisicoquímicas, Microbiológicas.

Abstract

The study focuses on obtaining active packaging with antimicrobial activity from the starch of two species of malanga: *Colocasia esculenta* L. and *Xanthosoma sagittifolium* L. The objectives include evaluating the process of obtaining malanga starch as raw material to elaborate active packaging and developing packaging with antimicrobial activity using lactic acid bacteria such as *L. mesenteroides*, *L. reuteri* and *L. plantarum*. The methods of obtaining raw material, starch extraction, preparation of containers, MRS broth and application of the bacterial solution are detailed. A factorial experimental design was used to evaluate the efficacy of the containers in the bioprotection of broccoli and baby carrots, with physicochemical tests to determine the quality. The results indicate that active packaging with antimicrobial activity from malanga starch was effective in the bioprotection of the fresh vegetables studied. The crucial role of lactic acid bacteria in conferring antimicrobial properties to the packaging, prolonging the shelf life of the products, is highlighted. Malanga is shown to be a promising option for sustainable packaging. The conclusions highlight the importance of research on active and biodegradable packaging, exploring new applications of local products. The feasibility of using lactic acid bacteria to improve the antimicrobial properties of packaging is highlighted, with potential positive impact on the food industry and the reduction of food waste.

key words: Malanga, Starch, Lactic Acid Bacteria, Active packaging, Physicochemical tests, Microbiological.

1. Introducción y estado del arte:

El deterioro microbiano, originado por patógenos que incluyen bacterias y mohos, constituye un desafío significativo en la industria alimentaria. Este problema no solo acorta la vida útil de los alimentos, sino que también eleva el riesgo de intoxicación alimentaria, generando así una creciente necesidad de tecnologías innovadoras. En respuesta a esta demanda, han surgido diversas soluciones; entre ellas, el envasado activo se destaca como una herramienta crucial para la producción de alimentos más seguros y la -minimización de la pérdida y el desperdicio de productos alimenticios (Sharma, 2020).

El envasado activo se ha consolidado como una tecnología líder, diseñada para ejercer control sobre el crecimiento de microorganismos responsables del deterioro y las enfermedades alimentarias. Su impacto abarca la extensión de la vida útil de los productos, la garantía de la seguridad alimentaria, la reducción del desperdicio y la disminución del riesgo asociado a enfermedades infecciosas. Para comprender a fondo esta tecnología, es esencial explorar sus distintas facetas, incluyendo la clasificación basada en los aditivos contenidos en la película de envasado activo (de Souza, 2022).

Existen dos categorías principales de envases activos: químicamente activos y bioactivos. Los envases químicamente activos interactúan con la composición química de los alimentos y el ambiente gaseoso dentro del envase. Estos sistemas incluyen dispositivos para la extracción de etileno, intercambio de gases y control de la humedad, todos diseñados para preservar la frescura y calidad de los productos. A diferencia de estos, los envases bioactivos incorporan agentes antimicrobianos que interactúan con biomoléculas, inhibiendo así el crecimiento de diversos microorganismos.

Europa ha sido testigo de la rápida adopción de esta tecnología en la última década, convirtiéndose en una de las principales áreas de investigación alimentaria. Las cepas

antimicrobianas desempeñan un papel crucial en estos sistemas de envasado activo, ofreciendo una barrera efectiva contra los patógenos y asegurando la integridad microbiológica de los alimentos envasados. (Coma, 2007) Las BAL se consideran un conservante debido a su capacidad para inhibir el crecimiento de hongos. Además, tiene propiedades antifúngicas, bioactivas y antibacterianas. Recientemente, se han utilizado metabolitos antifúngicos de especies de BAL para inhibir el crecimiento de hongos.

En este contexto, los biopolímeros emergen como una alternativa sostenible a los polímeros sintéticos tradicionales, contribuyendo a la reducción de los impactos ambientales. Estos polímeros ofrecen candidatos prometedores para aplicaciones biotecnológicas por su compatibilidad con células y tejidos y su capacidad de modificación para mejorar su utilidad en varias aplicaciones (Salcedo Mendoza et al., 2018). Dentro de la amplia gama de biopolímeros, el almidón se destaca por sus propiedades físicas, químicas y biológicas. No solo es un material renovable, sino que también se presta a diversas modificaciones, lo que lo convierte en una opción versátil para el envasado activo. La capacidad del almidón para formar películas biodegradables y su compatibilidad con aditivos antimicrobianos lo posicionan como un actor clave en la evolución de los materiales de envasado hacia una perspectiva más sostenible (Alarcón Moyano, 2013).

Utilizar almidón de raíces y tubérculos como materia prima para cultivar cultivos tradicionales o desarrollar nuevos cultivos se ha convertido en una forma de estimular e incrementar su producción y demanda. A diferencia del almidón de cereales, que requiere un procesamiento técnico más industrial, el almidón de raíces y tubérculos es más fácil de separar (Torres Rapelo & Montero Castillo, 2014). El almidón es una materia prima que puede utilizarse de diversas formas, desde la fabricación de papel, adhesivos y envases biodegradables hasta algunos aditivos alimentarios. Estos últimos desempeñan una serie de funciones memorables: adhesivos, aglutinantes, o plastificantes, formadores de película, estabilizantes de espuma,

conservantes de pan, jaleas, aglutinantes, glaseados, humectantes, texturas y espesantes, así como embutidos y otros productos de panadería. Embutidos; es para darle consistencia al producto (Torres Rapelo & Montero Castillo, 2014).

Además de sus propiedades funcionales y sus múltiples usos, el almidón se convierte en el carbohidrato más importante en la industria alimentaria, proporcionando aproximadamente entre el 70 y el 80 % de la ingesta calórica humana. La industria alimentaria amilácea en todo el mundo está impulsada por varios cultivos tradicionales: maíz, algodón, trigo, arroz y mandioca (Salcedo Mendoza et al., 2018).

Desde hace algún tiempo se explora la inclusión en los alimentos de materias primas no tradicionales de importancia comercial y nutricional (harina y almidón) derivadas de raíces y fibras locales. Considerando esto, la alta demanda actual de materias primas comunes para la producción de almidón hace que el taró, (*Colocasia esculenta* L. y *xanthosoma sagittifolium* L) sea otra fuente importante de carbohidratos para la producción de almidón que puede reemplazar al almidón en el mercado comercial (Kelly, 2023).

Ecuador es un país agrícola, por lo que se tiene un gran interés en el aprovechamiento de cultivos, como es el de la malanga, que rara vez se utiliza como materia prima para bioplásticos. Esto genera oportunidades de negocios para el Ecuador y nuevos productos ambientales. En general, el valor de venta de productos industriales en el mercado ecuatoriano es bajo (Kelly, 2023).

Entre los métodos utilizados en el estudio se encuentran la evaluación del proceso de extracción del almidón de malanga, el desarrollo de empaques funcionales con bacterias ácido lácticas y la evaluación de la efectividad del empaque como bioconservante de vegetales frescos. Estos métodos están respaldados por una revisión exhaustiva de la literatura, así como por

métodos específicos relacionados con la extracción de almidón, la actividad antimicrobiana y la vida útil del producto.

El objetivo principal de la investigación es aumentar el conocimiento sobre los límites de la industria alimentaria, la biotecnología y la sostenibilidad. En este estudio se pretende introducir nuevas definiciones y términos clave, analizar y comparar diferentes procesos en el campo de los envases funcionales y los biopolímeros. A su vez, desarrollar una perspectiva única que resalte la importancia de la malanga como producto en el contexto ecuatoriano y profundizar en el papel específico de las bacterias ácido-lácticas en este proceso.

Objetivos:

General:

- Obtener envase activo con actividad antimicrobiana a partir de almidón de dos especies de malanga: *Colocasia esculenta* L. y *xanthosoma sagittifolium* L, mediante la aplicación de bacterias ácido-lácticas.

Específicos:

- Evaluar el proceso de obtención de almidón de dos especies de malanga: *Colocasia esculenta* L. y *xanthosoma sagittifolium* L, como fuente de materia prima para la elaboración de envase activo con actividad antimicrobiana.
- Elaborar los envases activos con actividad antimicrobiana, mediante la aplicación de diferentes especies de bacterias ácido-lácticas: *Leuconostoc mesenteroides*, *Limosilactobacillus reuteri*, *Lactiplantibacillus plantarum*.
- Evaluar la eficacia de los envases activos con actividad antimicrobiana como bioprotección de vegetales frescos (I Gama): brócoli y zanahorias baby.

Hipótesis

Hipótesis nulas

- Hipótesis (H0): No existe diferencia significativa en el proceso de obtención de almidón entre las dos especies de malanga.
- Hipótesis (H0): El uso de bacterias ácido-lácticas influye significativamente en la actividad antimicrobiana de los envases elaborados.
- Hipótesis (H0): los envases activos no influyen en la eficacia como bioprotección entre el brócoli y las zanahorias baby.

Hipótesis Alternativas

- Hipótesis (H1): Existe una diferencia significativa en el proceso de obtención de almidón entre las dos especies de malanga.
- Hipótesis (H1): El uso de diferentes relaciones de espesante (glicerina-ácido acético) influye significativamente en la actividad antimicrobiana de los envases elaborados.
- Hipótesis (H1): Los envases activos influyen significativamente en la eficacia como bioprotección entre el brócoli y las zanahorias baby.

2. Marco teórico/Marco Conceptual

Origen de la Malanga

El cultivo comercial de malanga en Ecuador se inició en 1995 en la región de Santo Domingo de los Tsáchilas. Actualmente, las zonas de producción de Ecuador se sitúan en las regiones orientales de Santo Domingo de los Tsáchilas y Los Ríos. La malanga se exporta a Puerto Rico y Estados Unidos. En Ecuador, las mejores condiciones se dan donde los recursos naturales son abundantes o están disponibles, ya que la malanga requiere mucha agua durante el crecimiento de la planta. Entre ellas se encuentran Santo Domingo de los Colorados, Quevedo, Quinindé, Mocache, El Carmen, Puerto Quito, Pedro Vicente Maldonado, Península de Santa Elena, El Oro, y otras regiones (Murillo y otros, 2021).

Descripción botánica de la malanga

Pertenecen a las hierbas y suculentas, de 1 a 3 m de altura, sin tallos aéreos. La raíz tiene forma elíptica, llamada tubérculo y contiene hidratos de carbono (18-30% nuevos). La parte del taro que se puede utilizar es la raíz del tubérculo, que se encuentra bajo tierra, y que contiene entre un 15 y un 39 por ciento de carbohidratos, entre un 2 y un 3 por ciento de proteínas y entre un 70 y un 77 por ciento de agua. Tiene el mismo valor nutricional y digestibilidad que las patatas (Díaz & Jessenia, 2022).

Sus hojas generalmente tienen forma de escudo, surge del meristemo de la yema apical y se pliega basalmente para formar un pequeño pseudotubo. Las hojas más pequeñas forman un molde en el centro del tallo y las hojas más grandes a los lados se marchitan. Durante los primeros seis meses, las raíces superficiales crecen aleatoriamente y luego se estabilizan a medida que aumenta el peso del subsuelo (Díaz & Jessenia, 2022).

Colocasia esculenta L.

Malanga lila (*Colocasia esculenta L.*) es una planta de crecimiento rápido perteneciente a la familia de las hierbas comestibles monocotiledóneas Araceae, originaria de las regiones tropicales del mundo. La parte comestible de la planta es el tallo, de forma oblonga o redonda, con característicos cuellos alrededor de la raíz y ojos, piel cerosa marrón y articulaciones de las que salen brotes con pulpa blanca o amarillenta. Los frutos producen almidón, principalmente a partir de granos globulares de igual tamaño. Se valora por su alto contenido en almidón (30-85 % de la materia seca) y proteínas (1,4-7 %) y es una buena fuente de fibra (0,6-0,8 %), vitaminas A, C, calcio y fósforo. Además, la malanga (*Colocasia esculenta L.*) ofrece un gran rendimiento en la economía en un corto periodo de tiempo y tiene un ciclo de crecimiento de 270 a 330 días (Hidalgo & Monserrath, 2021).

Figura 1. Malanga lila (*Colocasia esculenta L.*)



Fuente: Propia

Tabla 1. Taxonomía malanga lila (*Colocasia esculenta* L.)

Reino:	Plantae
Clase:	Liliopsida
Orden:	Arales
Familia:	Araceae
Género:	Colocasia
Especie:	<i>Colocasia esculenta</i> L.

Fuente: (Hidalgo & Monserrath, 2021)

Malanga blanca (Xanthosoma sagittifolium)

El taro blanco se distingue por sus hojas verdes y un tallo falso con manchas moradas en la base. Sus bulbos son cortos, con cogollos coloridos que van desde un tono crema hasta un violeta suave. En su interior, la pulpa es blanquecina.

Figura 2. *Malanga blanca (Xanthosoma sagittifolium.)*



Fuente: (Jiménez, 2023)

Taxonomía malanga blanca

Tabla 2. Taxonomía malanga blanca (*Xanthosoma sagittifolium*.)

Reino:	Plantae
Clase:	Liliatas (Liliópsidas), (monocotiledóneas)
Orden:	Alismatales.
Familia:	Araceae.
Género:	Xanthosoma
Especie:	<i>X. sagittifolium</i>

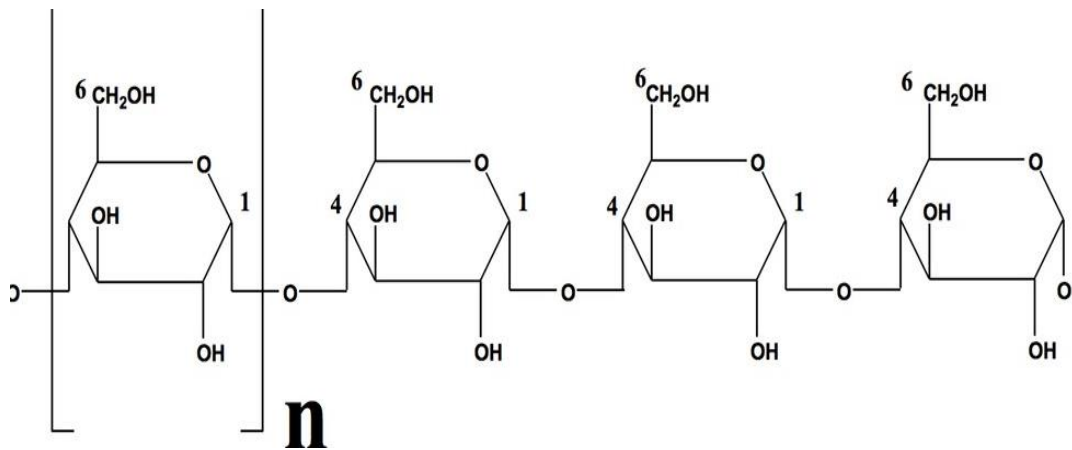
Uso industrial de la malanga

Sus propiedades la convierten en un ingrediente clave para la producción de bioplásticos y etanol, dos productos con un impacto significativo en la sostenibilidad y el desarrollo industrial. (Zapata Martinez & Velásquez Escandón, 2013)

Almidón

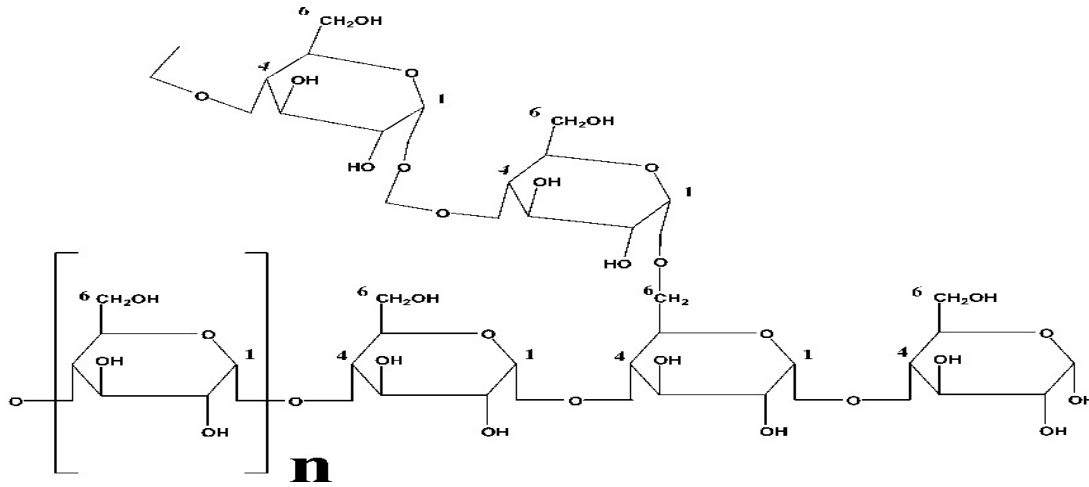
El polisacárido de almacenamiento más importante es el almidón, que es la mayoría vegetal y es la principal fuente de energía para los humanos, ya que se encuentra en gran cantidad en la naturaleza. La estructura del almidón se compone de, amilosa y amilopectina, y la cantidad de estos dos componentes determina la actividad o propiedades producidas. El almidón es un componente importante de los alimentos en los que se encuentra. Esto también se aplica a la alimentación y la tecnología. Los tubérculos y semillas pueden alcanzar el 70% del peso. Hay regiones cristalinas resultantes de la separación de las cadenas de amilopectina y regiones amorfas separadas por capas alternas (Sánchez Hidalgo, 2021).

Tabla 3. Estructura de amilosa.



Fuente: (Hasselbach, 2014)

Figura 3. Estructura de amilopectina.



Fuente: (Hasselbach, 2014)

Gelatinización

Se describe como la semicristalización de partículas de polvo con poca o ninguna despolimerización en presencia de calor y con agua. El almidón es insoluble en agua y disolventes orgánicos. En suspensiones líquidas, los granos se hinchan cuando se calientan, pierden su estructura cristalina y forman geles a altas temperaturas. En el proceso de gelatinización, el agua ingresa a la región amorfa, lo que provoca hinchazón y una pequeña separación. Luego, el agua aleja la cadena del almidón de la superficie del vidrio a medida que aumenta la temperatura. El movimiento térmico y la fusión molecular causados por la fuerza de hinchazón provocan la fusión de las dos hélices y los cristales se conectan hasta que la estructura de los granos está a punto de fusionarse, dando como resultado un sol-gel. Para obtener almidón termoplástico, el almidón se diluye con una pequeña cantidad de agua durante la extrusión, la conformación a presión o el moldeo, donde el contenido de agua suele ser inferior al 20% (Ruíz Avilés, 2005).

Desestructuración

El proceso de degradación del almidón implica, la adsorción de compuestos de almidón en una matriz polimérica amorfa y homogénea y, por otro lado, la escisión y despolimerización de los enlaces de hidrógeno entre las moléculas de almidón. Por otra parte, los parámetros físicos involucrados en el proceso incluyen temperatura, presión de fusión, velocidad de fusión, tiempo de residencia, contenido de humedad y energía total. La amilopeptina descompone primero los polímeros y después la amilosa de alta energía. La temperatura alta aumenta la solubilidad del almidón en agua, lo que dará como resultado una alta solubilidad a 150 °C, pero solamente por encima de 190 °C es suficiente para lograr la disolución completa. Cuanto mayor sea el contenido de humedad de la mezcla, más lentamente se descompondrá la mezcla (Ruíz Avilés, 2005).

Plastificantes para elaboración del polímero.

Los plastificantes, sustancias líquidas que suelen tener mayor viscosidad que el agua, se añaden a las mezclas para mejorar la flexibilidad de los materiales al reducir las fuerzas intermoleculares. El efecto plástico puede ser causado por diversas sustancias como agua, alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos orgánicos, aminas, ésteres, amidas y mezclas de estos compuestos. Sin embargo, para evitar la evaporación al final del proceso de extrusión o calentamiento, es preferible utilizar plastificantes con baja presión de vapor. Los plastificantes solubles en agua, como la glicerina, actúan como suavizantes eficaces para el almidón, aumentando así la flexibilidad de la película. Cabe señalar que, con el aumento de la cantidad de plastificante en la matriz polimérica, aumenta el alargamiento y el alargamiento (ENRÍQUEZ C. et al., 2012).

Aplicación industrial del almidón

El almidón, un componente esencial para la industria, se extrae tradicionalmente de cultivos como el trigo, la papa o el maíz. Sin embargo, la dependencia de estas fuentes alimenticias genera un problema de disponibilidad y precio para el sector industrial. La malanga se presenta como una opción viable, ya que se cultiva en diversas zonas y su almidón ya se comercializa a nivel internacional (Demera Velásquez & Meza Andrade, 2021). Este estudio se centra en optimizar la extracción de almidón de la malanga, aprovechando las características de sus dos especies: la malanga lila (mayor contenido de amilosa) y la malanga blanca (mayor contenido de amilopectina).

Polímeros biodegradables basados en almidón

La primera generación de polímeros biodegradables se desarrolló en la década de 1980, a base de poliolefinas a las que se añadía almidón para que los productos se descomponen en componentes más pequeños en un entorno biodegradable. Los materiales biodegradables no se adoptaron y los fabricantes tuvieron que retirarse del mercado en la década de 1990. Recientemente, ha entrado en el mercado una segunda generación de polímeros totalmente biodegradables, pero son más caros que los polímeros de envasado tradicionales. La industria está intentando reducir costes, aumentar la capacidad de producción y mejorar la tecnología (Gladys, 2005). Actualmente, se utilizan los siguientes polímeros biodegradables:

- Polímeros naturales: como proteínas, celulosa y almidón. Se considera al almidón actualmente uno de los principales materiales biodegradables con una amplia gama de aplicaciones. El almidón es un termoplástico hidrófilo, barato y fácilmente disponible que puede utilizarse como aditivo biodegradable o sustituto de los plásticos convencionales.
- Polímeros naturales modificados: acetato de celulosa, celulosa que contiene ácidos polialcanoicos.

- Polímeros biodegradables: poliéster, poliésteramida, poliuretano.

Los polímeros naturales, por ejemplo, carbohidratos, proteínas, ácidos nucleicos) contienen átomos de oxígeno y nitrógeno en la cadena principal. Estos materiales también son fotodegradables porque los grupos carbonilo absorben la energía de la luz (Zapata y otros, 2012).

Zanahoria baby

Las zanahorias son plantas con forma de roseta cuyas raíces crecen y acumulan grandes cantidades de azúcar. La zanahoria es una de las verduras que se utiliza de diferentes formas, siendo las más populares cruda, picada, sopa o guiso y dulces, por la cantidad de minerales y vitaminas que contiene este alimento (Vásquez Gallardo et al., 2017). Las nombradas zanahorias baby fueron desarrolladas por un agricultor norteamericano en la década de 1980, las zanahorias de tamaño normal eran limpiadas y cortadas, se cortan para darles forma de tubo. Para utilizar zanahorias que no podían comercializarse debido a su mala apariencia y otros problemas estéticos (Robles, 2023).

Tabla 4. Taxonomía de la zanahoria.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Orden	Apiales
Familia	Apiaceae
Subfamilia	Apioideae
Género	Daucus
Especie	Daucus carota

Fuente: (Vásquez Gallardo et al., 2017)

Brócoli

El brócoli es una planta dioica anual de la familia Brassicaceae, reconocible solo por el nombre *Brassica oleracea* L.var. *Itálica*. Las plantas de brócoli son de naturaleza herbácea, con tallos principales de 2 a 6 centímetros de diámetro y de 20 a 50 centímetros de largo. Este tronco tiene un anillo interior corto con un hábito de crecimiento intermedio entre roseta (coliflor) y tallo (coles de Bruselas). La parte superior de la savia está limitada por el desarrollo de la inflorescencia principal. Las únicas ramas presentes en el tronco son las inflorescencias secundarias en los nudos superiores (Toledo H., 2003).

Tabla 5. Taxonomía de brócoli.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Orden	Brassicales
Familia	Brassicaceae
Género	Brassica
Especie	Brassica oleracea L.
Nombre científico:	Brassica oleracea L

Fuente: (Vélez Duque & Álava Murillo, 2021)

Envases bioactivos

El envase activo se basa en las propiedades intrínsecas del polímero o en la inclusión de determinadas sustancias (aditivos) para conseguir la conservación deseada del producto o crear una barrera inerte frente al medio ambiente (Alberto & Alberto, 2016).

La finalidad del envasado activo es conservar los alimentos en su estado óptimo y protegerlos de los agentes modificadores, biológicos, enzimáticos, químicos y físicos. El envasado convencional tiene el mismo objetivo, pero está diseñado para reducir los efectos nocivos de pocas variables externas como: luz, oxígeno, polvo, microorganismos, calor, etc., mientras que el envasado activo está diseñado para mantener estas variables en un determinado nivel o para prolongar el procesado hasta un determinado punto (Charles, 2014).

Entre los agentes que funcionan como activos que pueden añadirse (aceites esenciales, enzimas, antioxidantes, bactericidas, fungicidas, etc.) varían ampliamente, al igual que las propiedades de los materiales utilizados en el envase, como plástico, papel o una combinación de los mismos. El sistema activo puede estar situado fuera del material del envase primario, entre diferentes partes del material del envase primario o dentro del material del envase primario. En caso de estar dentro del material primario, el sistema puede estar en contacto únicamente con el aire que rodea al producto alimenticio, en contacto con la superficie del producto alimenticio o en el interior del producto alimenticio (Álvarez, 2000).

Bacterias Ácido-Lácticas

Una serie de sustancias antimicrobianas producidas por las bacterias lácticas, como el ácido láctico, el ácido acético, el peróxido de hidrógeno, el dióxido de carbono y las bacteriocinas, pueden inhibir los agentes patógenos y el deterioro, prolongar la vida útil y mejorar la seguridad alimentaria (Londoño y otros, 2015).

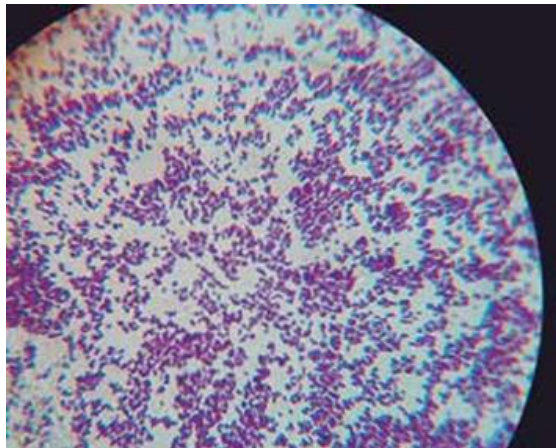
La actual demanda de aditivos alimentarios naturales ha hecho que se preste más atención a las bacteriocinas. Se sabe que las bacteriocinas son degradadas por proteasas en el tracto gastrointestinal y se consideran conservantes biológicos naturales, ya que la mayoría de las bacteriocinas están clasificadas como microorganismos GRAS (generalmente reconocidos como seguros) (Silva y otros, 2002).

Las BAL es probablemente el más extendido y abundante en la naturaleza, ya que puede crecer en diferentes sustratos y en distintas condiciones biológicas. Los siguientes géneros son los más utilizados para prevenir el deterioro y conservar los alimentos de forma natural: *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Pediococcus* y *Carnobacterium*, que se aíslan de cereales, productos lácteos, cárnicos, plantas verdes, enzimas vegetales y del tracto digestivo de animales y humanos (Londoño y otros, 2015).

Leuconostoc mesenteroides

Leuconostoc mesentericus se utiliza para fermentar alimentos como el kimchi, la col encurtida y los pepinillos. Es una bacteria Gram positiva, esférica y anaerobia que utiliza glucosa, fructosa y sacarosa como fuentes de energía (Miyamoto y otros, 2023).

Figura 4. *Leuconostoc mesenteroides*.

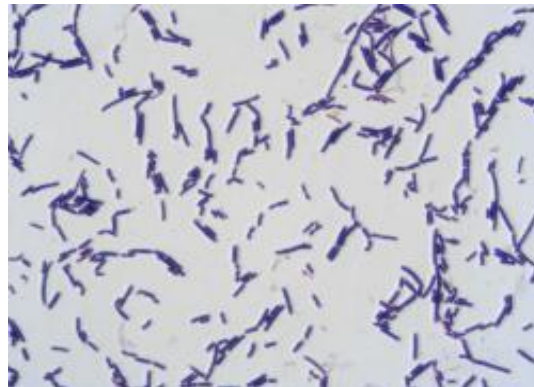


Fuente: (Ramírez y otros, 2012)

Limosilactobacillus reuteri

L. reuteri es una bacteria que produce ácido láctico. Se encuentra de forma natural en la microflora intestinal y en la leche materna. La temperatura óptima de crecimiento es de 35-38 °C y crecen en condiciones anaeróbicas a un pH de 5-7,5. Estas bacterias pueden producir sustancias antimicrobianas como la reutericina 6 una bacteriocina con efecto bactericida y la reuterociclina una tetraciclina con efecto bactericida. La reutericina suele actuar solo sobre las bacterias Gram-positivas y no sobre las Gram-negativas (Castro Crespo, 2020).

Figura 5. *Limosilactobacillus reuteri*

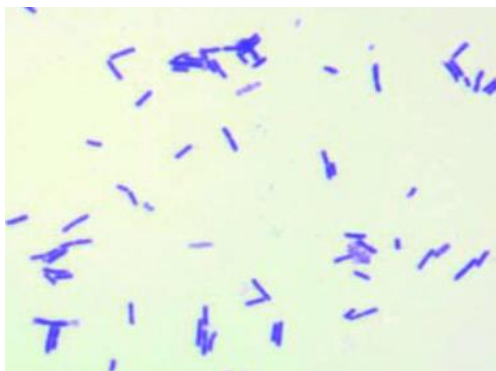


Fuente: (Regnum Prokaryotae, 2021)

Lactiplantibacillus plantarum

Lactobacillus plantarum es la bacteria fermentadora más utilizada comercialmente para fermentar alimentos vegetales. El *Lactobacillus plantarum* es capaz de descomponer muchos compuestos fenólicos de los alimentos, produciendo compuestos que influyen en su sabor y aumentan su actividad antioxidante (Rodríguez y otros, 2009).

Figura 6. *Lactobacillus plantarum*.



Fuente: (Jiang et al., 2022)

3. Metodología/Técnicas/Diseño

Ubicación del Área De Investigación

Ubicación política.

- País: Ecuador
- Provincia: Santo Domingo de los Tsáchilas
- Cantón: Santo Domingo
- Parroquia: Luz de América
- Sector: km 24 Vía Quevedo

Ubicación ecológica.

- Zona de vida: Bosque húmedo tropical
- Altitud: 224 msnm
- Temperatura media: 24.6 °C
- Precipitación: 2860 mm año-1

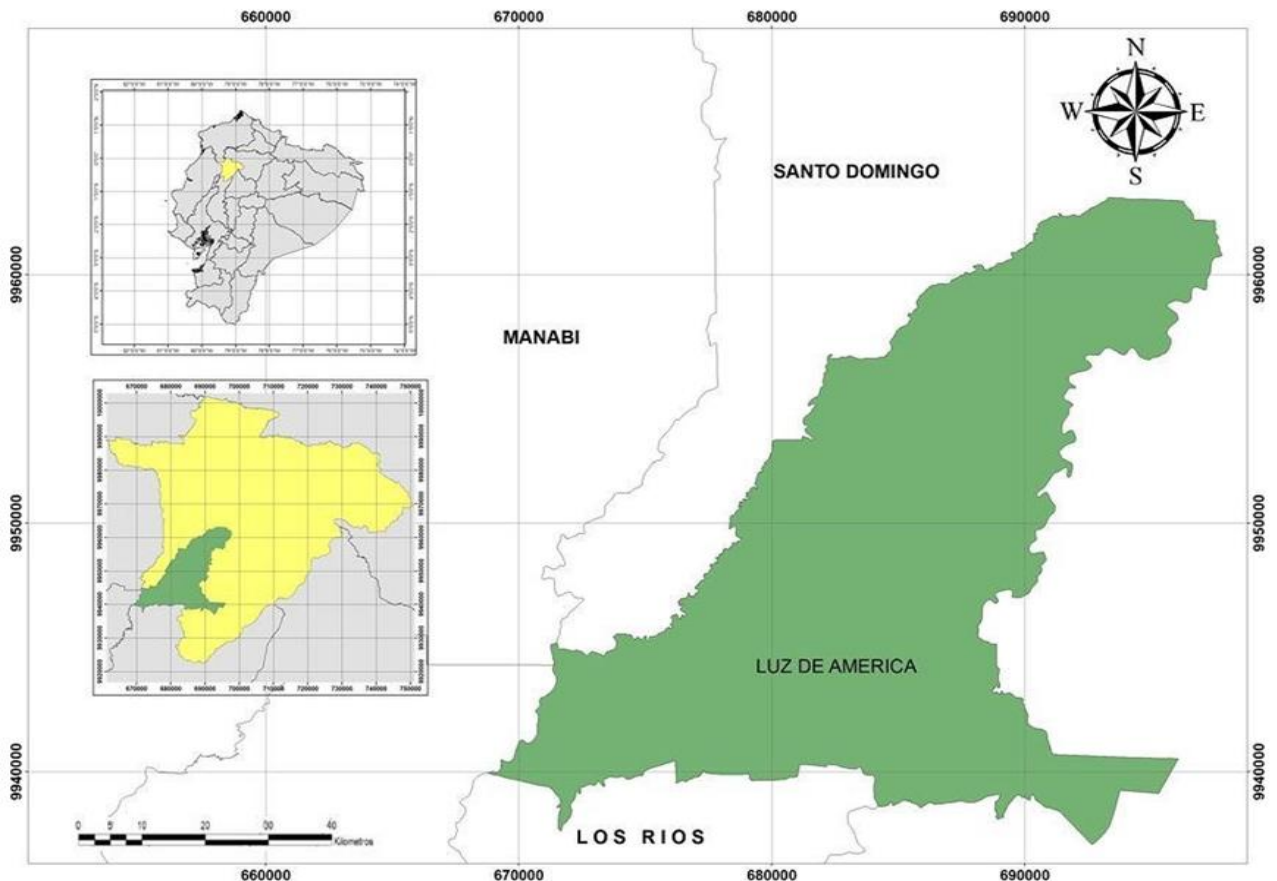
- Humedad relativa: 85%
- Heliofanía: 680 horas luz año-1
- Suelos: Francos Arenoso

Fuente: Estación Agrometeorológica “Puerto Ila” Vía Quevedo Km 34.

Ubicación Geográfica

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la ESPE Extensión Santo Domingo, ubicada en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

Figura 7. Ubicación geográfica donde se desarrollará la investigación



NOMBRE DEL PROYECTO	UBICACION	CADISTA	PLANO	SISTEMA DE COORDENADAS	ESCALA
"OBTENCIÓN DE BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE DOS VARIETADES DE MALANGA (<i>Colocasia esculenta</i>) Y (<i>Xanthosoma sculentum</i>) COMO MATERIA PRIMA PARA LA PRODUCCIÓN DE EMPAQUES BIODEGRADABLES"	PROVINCIA: SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS CANTON: SANTO DOMINGO	KEVIN MEZA	PLANO DE UBICACION	PROYECCION: UTM ZONA : 17 SUR	1/50000 FECHA: AGOSTO 2019

→ Latitud: 687860,9 E

→ Longitud: 9954662,9 N

→ Altitud: 270 msnm

Materiales:

Tabla 6. Materiales usados para la obtención de almidón de malanga

Insumos	Reactivos	Equipos
Vaso de precipitación	Ácido cítrico	Centrífuga
Matraz		Procesador de alimentos
Erlenmeyer		Estufa
Agua destilada		
Cedazo		
Tamiz		
Bandeja plástica		
Tubos de ensayo		

Tabla 7. Materiales usados para pruebas fisicoquímicas de los dos tipos de almidón.

Insumos	Equipos	Reactivos	Muestra
Vaso de precipitación	Estufa	Fenolftaleína	Almidón de malanga lila
Cápsula	Mufla	NaOH	Almidón de malanga blanca
Crisoles	Balanza Analítica		
Matraz Erlenmeyer	Potenciómetro		
Bureta			

Tabla 8. Materiales usados para la elaboración de bioplástico de almidón de malanga.

Insumos	Reactivos	Equipos	Muestra
Vaso de precipitación	Ácido acético	Plancha de calentamiento	Almidón de malanga lila
Barillas de agitación	Glicerina	Estufa	Almidón de malanga blanca
Agua destilada	NaOH	Balanza	
Termómetro Fisher - 10 a 260 °C			

Tabla 9. Materiales usados para la activación de bacterias ácidas lácticas.

Insumos	Reactivos	Equipos	Muestra
Vaso de precipitación	Caldo MRS	Centrifuga. Autoclave	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
Matraz Erlenmeyer		Cámara de flujo laminar	<i>Limosilactobacillus reuteri</i>
Tubos de ensayo		Potenciómetro	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>
Mechero		Balanza	
Pipetas automáticas		Incubadora	
		Vórtex	

Metodología:

Obtención de materia prima (tubérculos de malanga)

Para la obtención de las muestras con las que se elaborará el biopolímero se procederá a escoger la malanga, que no presenten alteraciones en su estructura y que se encuentren en un estado óptimo de maduración

Extracción de almidón

El almidón se obtuvo de dos especies de malanga: blanca y lila, por medio de dos métodos de obtención: decantación y centrifugación. Luego de la selección de las muestras, estas se lavaron, se pelaron, sumergieron en una dilución de ácido acético, seguido se cortaron en trozos de 3 cm aproximadamente, una vez cortada la malanga se colocó en licuadora industrial

por 2 min, el producto resultante de la molienda, se filtró en coladores de tela plástica para eliminar la fibra y otras partículas, el filtrado se sedimentó durante cuatro horas, la lechada del almidón se lavó tres veces con agua destilada, se procedió a secar en la estufa a 55 °C durante 24 horas, se molió y tamizó, se almacenó el almidón en fundas plásticas de cierre hermético (ziploc) .

Análisis Microbiológico de los Vegetales

Se prepararon muestras de vegetal recubierto con el mejor tratamiento previamente establecido, triturándolas en una cámara de flujo laminar y filtrándolas con gasas estériles antes de diluirlas 1:10 en agua de peptona . Posteriormente, se realizaron cultivos en placas Petrifilm™ para recuento de enterobacterias, aerobios, E. coli y coliformes, tomando alícuotas de las muestras diluidas en una micropipeta y distribuyéndolas en el centro de las láminas inferiores de las placas. Tras presionar suavemente con un molde circular de plástico durante un minuto para una distribución uniforme, las placas se incubaron en estufas a diferentes temperaturas durante periodos específicos según el tipo de bacteria a cultivar.

Se realizó el recuento de microorganismos aplicando la siguiente ecuación:

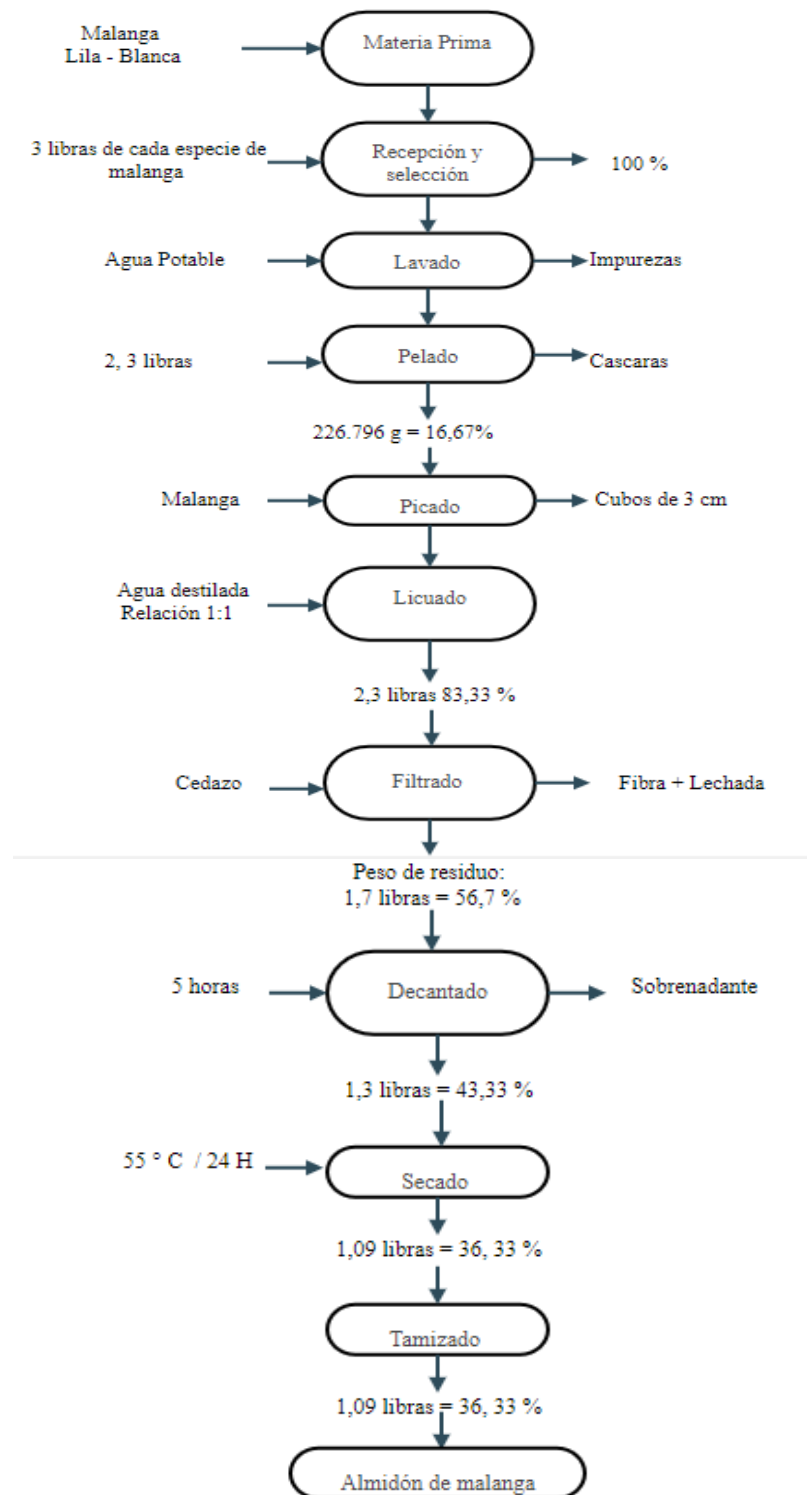
$$\frac{UFC}{mL} = \frac{N \times F}{v}$$

Siendo: N: Número de colonias identificadas.

F: Factor de dilución (10⁻¹).

V: Volumen de la alícuota (1 mL).

Figura 8. Balance de materiales



Fuente:
Elaboración propia

Obtención de envase a partir de almidón de malanga (lila y blanca)

Se fabricaron tres tipos diferentes de bioplásticos teniendo en cuenta la cantidad de glicerol y ácido acético, que determinan las propiedades de elasticidad y resistencia de los bioplásticos. Las cantidades de agua y almidón fueron constantes, al igual que la temperatura de gelatinización. Se consideraron dos réplicas para cada prueba.

Tabla 10. Dosificación de aditivos para potenciar el polímero biodegradable.

Especie	Almidón (g)	Agua destilada (mL)	Glicerina (mL)	Ácido Acético (mL)	Temperatura °C
M.Lila	10	100	5	3	65
M. Lila	10	100	5	5	65
M.Lila	10	100	10	3	65
M. Blanca	10	100	5	3	65
M. Blanca	10	100	5	5	65
M. Blanca	10	100	10	3	65

Fuente: Propia.

Las mezclas obtenidas se colocaron en una superficie de vidrio plana, se introdujo en estufa a 40 °C hasta que alcance una humedad del 10-25%, después se dejó en la estufa apagada durante 3 horas para secado, una vez pasado el tiempo de secado los bioplásticos se colocaron en moldes de aluminio redondos de 10, 12 cm, se colocaron los moldes en estufa a 60 °C durante 3 min, se dejó secar a temperatura ambiente de 2 a 3 días.

Preparación caldo MRS

Se procedió a colocar 55.15 gr de caldo MRS en un litro de agua destilada, preparando solo la mitad de la solución y depositándola en un matraz.

Las bacterias se agregaron a la solución con ayuda del asa bacteriológica, agitando tres veces, luego se tapó el matraz con algodón y Parafilm y se incubó a una temperatura de 37 °C durante un periodo de 24 horas.

Transcurrido dicho período, se midió la absorbancia de la muestra y por último se llevó a cabo una siembra de aerobios en petrifilm, diluyendo la muestra de acuerdo a los valores obtenidos en la medición de la absorbancia.

Solución bacteriana

Se llevó a cabo la centrifugación de la muestra en tubos de ensayo y se descartó el sobrenadante, dejando únicamente el sedimento. Luego, se procedió a realizar tres lavados de los tubos de ensayo y se preparó una solución tampón de ácido cítrico-citrato de sodio con una concentración de 0.1 M y pH 3.8.

El lavado de los tubos se realizó utilizando 5 ml de la solución, y posteriormente, los tubos se centrifugaron a una velocidad de 10.000 rpm por 15 minutos, esperando a que la solución quedará clara. Finalmente, se suspendieron las bacterias lavadas en la misma solución tampón durante el tercer lavado utilizando una proporción de 1:1 v/v.

Aplicación de la solución bacteriana

Se desmoldó los envases, se procedió a rociarlos con las bacterias, se colocaron los vegetales limpios, Los vegetales se conservaron por 10 días, ya sea en temperatura ambiente o en refrigeración, manteniendo la calidad del producto para su uso posterior.

Diseño experimental:

Obtención de bioenvases a partir de almidón de dos especies de malanga:

Colocasia esculenta l. y xanthosoma sagittifolium l

Se empleó un modelo factorial con arreglo AXB (2x3), mediante ANOVA DBCA, con tres replicas, donde el factor A representa las especies de malanga utilizadas, mientras que el factor B corresponde a la relación de espesantes, la misma que es expresada como la suma de glicerina y ácido acético en mililitros.

Factores del estudio.

Tabla 11. Factores y niveles en el estudio para la obtención de un bio envase a partir del almidón de dos especies de malanga (lila y blanca) con diferentes relaciones de espesantes.

Factores	Niveles
Especies de malanga (A)	A0: Malanga lila A1: Malanga blanca
Relación Espesante (B)	Glicerina + Ácido Acético B0: 5+3 (mL) B1: 5+5 (mL) B2: 10+3 (mL)

Fuente: Autoría Propia.

Tratamientos a comparar.

Tabla 12. Unidades experimentales, (Tratamientos) en el estudio para la obtención de un bioenvase a partir del almidón de dos especies de malanga (lila y blanca) con diferentes relaciones de espesantes.

Tratamientos	Unidades experimentales	Niveles
T1	A0+B0	Malanga lila + Glicerina-ácido acético (5/3 mL)
T2	A0+B1	Malanga lila + Glicerina-ácido acético (5/5 mL)
T3	A0+B2	Malanga lila + Glicerina-ácido acético (10/3 mL)
T4	A1+B0	Malanga blanca + Glicerina-ácido acético (5/3 mL)
T5	A1+B1	Malanga blanca + Glicerina-ácido acético (5/5 mL)
T6	A1+B2	Malanga blanca + Glicerina-ácido acético (10/3 mL)

Esquema de análisis de varianza.

Tabla 13. Análisis de varianza, considerando grados de libertad, en el estudio de la obtención de un bio envase a partir del almidón de dos especies de malanga (lila y blanca) con diferentes relaciones de espesantes.

Fuente de variación	Fórmula	Grados de libertad
Factor A: tipo de almidón	(a-1)	1
Factor B: Relación espesante.	(b-1)	2

Fuente de variación	Fórmula	Grados de libertad
Relación AB	$(a-1)(b-1)$	2
Réplicas	$(r-1)$	2
Error Experimental	$(abc)(r-1)$	10
Total	$(abcr - 1)$	17

Análisis funcional

Para las variables, cuyos análisis de varianza presenten una diferencia significativa se realizará la prueba de significancia de Tukey con un nivel de confianza del 95%

Evaluación de la eficacia de los envases activos con actividad antimicrobiana como bioprotección de vegetales frescos (I Gama): brócoli y zanahorias baby

Se empleó un diseño factorial con arreglo $A \times B \times C$ ($2 \times 3 \times 2$) y se aplicó el análisis de varianza ANOVA DBCA con tres réplicas. En este diseño, el factor A representa los tipos de envases elaborados a base de las dos especies de almidón de malanga (lila y blanca). El factor B corresponde a las bacterias ácidas lácticas (*L. mensenteroides*, *L. reuteri*, *L. plantarum*), mientras que el factor C se refiere a los dos vegetales (hortaliza, zanahoria).

Factores del estudio.

Tabla 14. Factores y niveles en el estudio para la conservación de vegetales frescos (brócoli y zanahoria baby) a partir del envase activo de dos especies de malanga (lila y blanca) con actividad microbiana mediante la aplicación de bacterias ácido-lácticas (*L. mesenteroides*, *L. reuteri* y *L. plantarum*).

Factores	Simbología	Nivel
Almidón (A)	a0	Malanga Lila
	a1	Malanga Blanca
Bacterias (B)	b0	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
	b1	<i>Limosilactobacillus reuteri</i>
	b2	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>
Vegetales	c0	Zanahoria Baby
	c1	Brócoli

Fuente: Autoría propia.

Tratamientos a comparar.

Tabla 15. Unidades experimentales (Tratamientos) para el estudio para la conservación de vegetales frescos (brócoli y zanahoria baby) a partir del envase activo de dos especies de malanga (lila y blanca) con actividad microbiana mediante la aplicación de bacterias ácido-lácticas (*L. mesenteroides*, *L. reuteri* y *L. plantarum*).

Tratamientos	Interacciones	Niveles
T1	A0+B0+C0	Malanga lila + <i>Leuconostoc mesenteroides</i> + Zanahoria baby
T2	A0+B0+C1	Malanga lila + <i>Leuconostoc mesenteroides</i> + Brócoli

Tratamientos	Interacciones	Niveles
T3	A0+B1+C0	Malanga lila + <i>Limosilactobacillus reuteri</i> + Zanahoria baby
T4	A0+B1+C1	Malanga lila + <i>Limosilactobacillus reuteri</i> + Brócoli
T5	A0+B2+C0	Malanga lila + <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> + Zanahoria baby
T6	A0+B2+C1	Malanga lila + <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> + Brócoli
T7	A1 + B0+CO	Malanga blanca + <i>Leuconostoc mesenteroides</i> + Zanahoria baby
T8	A1 + B0+C1	Malanga blanca + <i>Leuconostoc mesenteroides</i> + Brócoli
T9	A1 + B0+C1	Malanga blanca + <i>Limosilactobacillus reuteri</i> + Zanahoria baby
T10	A1+ B1+C1	Malanga blanca + <i>Limosilactobacillus reuteri</i> + Brócoli
T11	A1 + B2+C0	Malanga blanca + <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> + Zanahoria baby
T12	A1 + B2+C0	Malanga blanca + <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> + Brócoli

Esquema de análisis de varianza.

Tabla 16. Esquema del análisis de varianza en el estudio para la conservación de vegetales frescos (brócoli y zanahoria baby) a partir del envase activo de dos especies de malanga (lila y blanca) con actividad microbiana mediante la aplicación de bacterias ácido-lácticas (*L. mesenteroides*, *L. reuteri* y *L. plantarum*).

Fuente de variación	Fórmula	Grados de libertad
Factor A: tipo de almidón	(a-1)	1
Factor B: Bacterias AC.	(b-1)	2

Fuente de variación	Fórmula	Grados de libertad
Factor C: Vegetal fresco	(c-1)	1
Relación AB	(a-1) (b-1)	2
Relación AC	(a-1) (c-1)	1
Relación BC	(b-1) (c-1)	2
Relación ABC	(a-1) (b-1) (c-1)	2
Réplicas	(r-1)	2
Error Experimental	(abc) (r-1)	24
Total	(abcr - 1)	35

Análisis funcional

Para las variables, cuyos análisis de varianza presenten una diferencia significativa se realizará la prueba de significancia de Tukey con un nivel de confianza del 95%.

Variables a medir

Obtención de bioenvases a partir de almidón de dos especies de malanga: Colocasia esculenta l. y xanthosoma sagittifolium l

Determinación de Humedad

Con base a (INEN, 2013), las cápsulas vacías se pesaron y enfriaron en un desecador durante dos horas en un horno a 80 °C. Se colocó 2 g de almidón en la cápsula, 3 muestras por cada tipo de almidón, se colocó en la estufa durante 24 horas. Luego, las cápsulas con el almidón secado se enfriaron en un desecador hasta que se alcanzó un peso constante, lo cual tomó

aproximadamente 35 minutos. Finalmente, se pesaron las cápsulas, ahora con la muestra de almidón completamente seca.

Cálculo:

$$\text{Donde: \% Humedad} = \frac{(m_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} * 100\%$$

- m_1 = masa de la cápsula vacía
- m_2 = masa de cápsula más la muestra húmeda en (g)
- m_3 = masa de capsula más la muestra seca en (g)

Determinación de Ceniza

Con base a (INEN, 2013), los crisoles vacíos se colocaron en una mufla a 100° C por 30 min, para después colocarlo en desecador y tomar su peso hasta que sea constante. Se colocó 2 g de almidón en crisoles, 3 muestras por cada tipo de almidón, se colocó en una mufla durante 15 min a 800 °C. Los crisoles, con las cenizas, se dejaron enfriar en un desecador hasta que se alcanzó un peso constante, lo cual tomó aproximadamente 40 minutos. Finalmente, se pesaron los crisoles, para el cálculo del porcentaje de ceniza de las muestras.

Cálculo:

$$\text{Donde: \% ceniza} = \frac{(mc_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} * 100\%$$

- m_1 = masa del crisol vacío
- mc_2 = masa del crisol más la muestra húmeda en (g)
- mc_3 = masa del crisol con cenizas en (g)

pH

Con base a la norma NTE INEN 1456:1986 (INEN, 2013), se mezcló 20 g de almidón en base seca con 100 mL de agua destilada, que previamente se hirvió para eliminar el CO₂, durante un lapso de 15 minutos, esto se realizó con los dos tipos de almidón. Se realizaron 8 mediciones de pH para cada tipo de almidón.

Determinación de Acidez

Con base a (INEN, 2013), se colocó 20 g de muestra de almidón en un vaso de precipitados al que se añadió 100 mL de agua destilada. Luego, se calentó la mezcla a ebullición durante 10 minutos y se dejó enfriar a temperatura ambiente, la mezcla se filtró. El filtrado se diluyó a 250 mL con agua destilada y se le añadieron de 2 a 3 gotas del indicador fenolftaleína. Se tituló el filtrado diluido con una solución de hidróxido de sodio 0.1 M.

Figura 9. Acidez titulable de almidón.



Fuente: Propia

Evaluación de la eficacia de los envases activos con actividad antimicrobiana como bioprotección de vegetales frescos (I Gama): brócoli y zanahorias baby

Determinación de pH

Con base a la norma INTE INEN 0389:2013, se mezcló la muestra con una pequeña cantidad de agua destilada para obtener el zumo de zanahoria. Luego, se agitó la muestra para homogeneizar y se realizó una segunda prueba con la misma muestra preparada. Se verificó el correcto funcionamiento del potenciómetro antes de proceder a la siguiente etapa. Seguidamente, se tomaron alrededor de 10 g de la muestra preparada y se colocaron en un vaso de precipitados, al que se añadían 100 ml de agua destilada y se agitó cuidadosamente. Finalmente, se determinó el valor del pH sumergiendo el electrodo del potenciómetro en el vaso que contenía la muestra, cuidando de que el electrodo no tocara las paredes del vaso ni las partículas sólidas.

Determinación de Acidez

Con base a la norma NTE INEN-ISO 750:2013, se colocó de 5 a 10 g de muestra previamente triturada en un vaso de precipitados al que se añadió 100 mL de agua destilada. La mezcla se filtró. Al filtrado se le añadieron de 2 a 3 gotas del indicador fenolftaleína. Se tituló el filtrado diluido con una solución de hidróxido de sodio 0.1 M.

4. Resultados

Del estudio estadístico (Análisis de Varianza) en la obtención de bioenvases a partir de almidón de dos especies de malanga: Colocasia esculenta L. y xanthosoma sagittifolium L

Tabla 17. Análisis de varianza para la variable humedad de los envases.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Especie Malanga	0,000833333	1	0,000833333	2,02	0,2149
B:Relación Espesante	2,01012	2	1,00506	2431,59	0,0000
C:Replicas	0,0000333333	2	0,0000333333	0,08	0,7878
INTERACCIONES					
AB	10,1766	2	5,08831	12310,42	0,0000
RESIDUOS	0,00206667	10	0,000413333		
TOTAL (CORREGIDO)	12,1897	17			

La tabla 17, muestra el análisis de varianza de humedad del almidón de las diferentes especies de malanga con diferentes relaciones de espesantes, en el mismo se identificó diferencia significativa para el Factor B (Relación espesante) y la relación A*B (Especie de

Malanga * Relación espesante). Mientras el Factor A (Especie de malanga), y las repeticiones no mostraron diferencia significativa, esto indica normalidad en la toma de nuestros datos.

Tabla 18. Análisis de varianza para la variable ceniza de los envases.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Especie de Malanga	0	1	0	0,00	1,0000
B: Relación espesante	0,10265	2	0,051325	15,84	0,0069
C: Repeticiones	0,0012	2	0,0012	0,37	0,5694
INTERACCIONES					
AB	0,04655	2	0,023275	7,18	0,0339
RESIDUOS	0,0162	10	0,00324		
TOTAL (CORREGIDO)	0,1666	17			

La tabla 18, muestra el análisis de varianza de ceniza del almidón de las diferentes especies de malanga con diferentes relaciones de espesantes, en el mismo se identificó diferencia significativa para el Factor B (Relación espesante) y la relación A*B (Especie de Malanga* Relación espesante). Mientras que para el Factor A (Especie de malanga), y las repeticiones no mostraron diferencia significativa, lo que nos indica normalidad en la toma de nuestros datos.

Tabla 19. Análisis de varianza para la variable pH de los envases.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Especie Malanga	0,000075	1	0,000075	0,01	0,9074
B:Relación Espesante	0,0129167	2	0,00645833	1,29	0,3539
C:Replicas	0,001875	2	0,001875	0,37	0,5676
INTERACCIONES					
AB	0,03635	2	0,018175	3,62	0,1065
RESIDUOS	0,025075	10	0,005015		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0762917	17			

La tabla 19, muestra el análisis de varianza del pH del almidón de las diferentes especies de malanga con diferentes relaciones de espesantes, en el mismo se identificó que no existe diferencia significativa en ninguno de los factores, ni su interacción. Así mismo las repeticiones no mostraron diferencia significativa, lo que nos indica normalidad en la toma de nuestros datos.

Tabla 20. Análisis de varianza para la variable acidez de los envases.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Especie Malanga	0,00000675	1	0,00000675	6,23	0,0547
B:Relación Espesante	0,0000271667	2	0,0000135833	12,54	0,0113

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
C:Replicas	8,33333E-8	2	8,33333E-8	0,08	0,7926
INTERACCIONES					
AB	0,0000015	2	7,5E-7	0,69	0,5427
RESIDUOS	0,00000541667	10	0,00000108333		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0000409167	17			

La tabla 20, se muestra el análisis de varianza de acidez del almidón de las diferentes especies de malanga con diferentes relaciones de espesantes, en el mismo se identificó diferencia significativa para el Factor B (Relación espesante). Mientras que para el Factor A (Especie de malanga), la relación A*B (Especie de Malanga* Relación espesante), y las repeticiones no mostraron diferencia significativa, lo que nos indica normalidad en la toma de nuestros datos.

Del estudio estadístico (Análisis de Varianza) en la evaluación de la eficacia de los envases activos con actividad antimicrobiana como bioprotección de vegetales frescos (I Gama): brócoli y zanahorias baby.

Tabla 21. Análisis de Varianza para pH de los vegetales frescos conservados en envases activos.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Almidón	0,0729	1	0,0729	2,33	0,1415

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
B:Bacterias	0,576089	2	0,288044	9,19	0,0013
C:Vegetal	0,1849	1	0,1849	5,90	0,0238
D:Replicas	0,184839	2	0,0924194	2,95	0,0734
INTERACCIONES					
AB	0,0820667	2	0,0410333	1,31	0,2904
AC	0,0081	1	0,0081	0,26	0,6163
BC	0,0424667	2	0,0212333	0,68	0,5183
ABC	0,0372667	2	0,0186333	0,59	0,5606
RESIDUOS	0,689761	22	0,0313528		
TOTAL (CORREGIDO)	1,87839	35			

La tabla 21, se muestra el análisis de varianza del pH del producto bioconservado, donde el tipo de almidón (Malanga Lila vs. Malanga Blanca) no tiene un efecto significativo sobre el pH. El tipo de bacteria (L. mesenteroides, L. reuteri, o L. plantarum) tiene un efecto significativo sobre el pH. El tipo de vegetal (Zanahoria Baby vs. Brócoli) tiene un efecto significativo sobre el pH.

Tabla 22. Análisis de Varianza para la variable acidez

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Almidón	0,00340278	1	0,00340278	4,30	0,0501
B:Bacterias	0,0652722	2	0,0326361	41,20	0,0000
C:Vegetales	0,000469444	1	0,000469444	0,59	0,4496
D:Replicas	0,00310556	2	0,00155278	1,96	0,1647
INTERACCIONES					
AB	0,00200556	2	0,00100278	1,27	0,3017

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
AC	0,001225	1	0,001225	1,55	0,2268
BC	0,0352722	2	0,0176361	22,26	0,0000
ABC	0,0175167	2	0,00875833	11,06	0,0005
RESIDUOS	0,0174278	22	0,000792172		
TOTAL (CORREGIDO)	0,145697	35			

La tabla 22, muestra que existe una diferencia significativa en la acidez entre los diferentes tipos de bacterias (L. mesenteroides, L. reuteri, L. plantarum), además una relación significativa entre el tipo de bacteria y el tipo de vegetal en su efecto sobre la acidez.

Resultados del estudio de dos especies de malanga (esculenta I. y xanthosoma sagittifolium I) en la elaboración de bioenvases.(Tukey $p<0.05$).

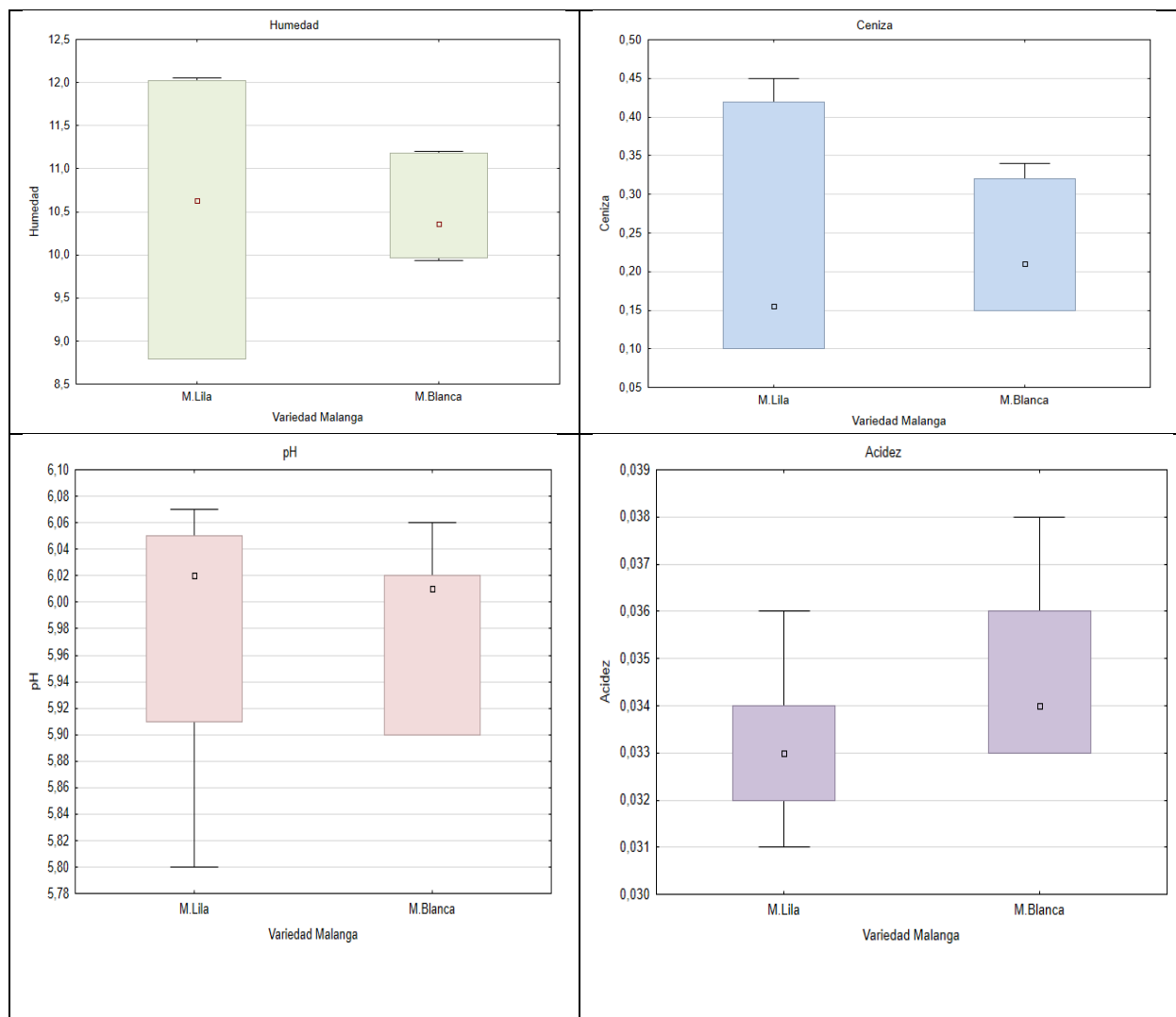
Tabla 23. Resultados del estudio de dos especies de malanga, en la elaboración de un bioenvase . (Tukey $p<0.05$). Factor A.

Factor A (Especie)	Humedad	Ceniza	pH	Acidez
V1*	10,485 ^A	0,23 ^A	5,978 ^A	0,033 ^A
V2*	10,502 ^A	0,23 ^A	5,983 ^A	0,034 ^A

*V1: Malanga Lila

*V2: Malanga Blanca

Figura 10. Estudio del efecto de almidón (Factor A) en las variables de estudio



En la tabla 23, se observan los resultados de la prueba de significación (Tukey<0.05), la misma que compara las dos especies es de malanga estudiadas y se pudo establecer: que no existió diferencia significativa, tanto en humedad, ceniza, pH como en acidez, por lo tanto, la especie no incide en estos parámetros.

En consideración a los resultados obtenidos se establece que: la malanga blanca (10,502%) presento mayor humedad que malanga lila (10,485%); para ceniza, malanga lila y

blanca presentaron el mismo valor (0,23); respecto a pH y acidez se observó que malanga blanca (5,983 – 0,034%) presentaron valores más altos que malanga lila (5,978 – 0,033%).

En consideración, en la investigación Demera Velásquez y Meza Andrade (2021), se presentan los rangos adecuados de las variables de estudio, tanto malanga blanca como lila son aptas para usarse como bioenvase para conservar vegetales con bacterias ácido-lácticas, ya que cumplen con los rangos óptimos de humedad (10-12%), bajo contenido de ceniza (0.23%) y pH ligeramente ácido (5.9-6.0).

Tabla 24. Resultados del estudio de dos especies de malanga, en la elaboración de un bioenvases . (Tukey $p < 0.05$). Factor B.

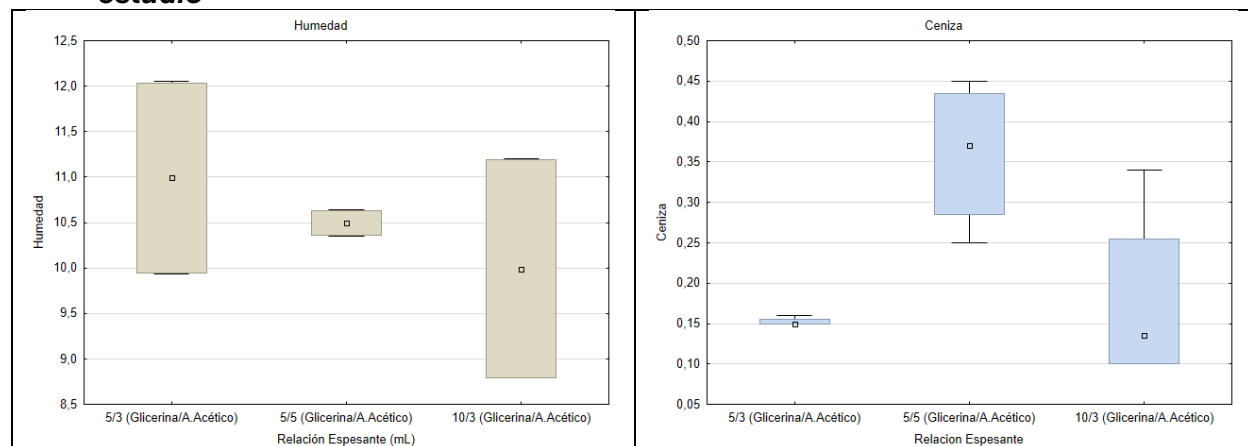
Factor B (Espesante)	Humedad	Ceniza	pH	Acidez
B1	10,992 ^C	0,152 ^A	6,01 ^A	0,0325 ^A
B2	10,497 ^B	0,36 ^B	5,997 ^A	0,036 ^B
B3	9,99 ^A	0,177 ^A	5,935 ^A	0,033 ^A

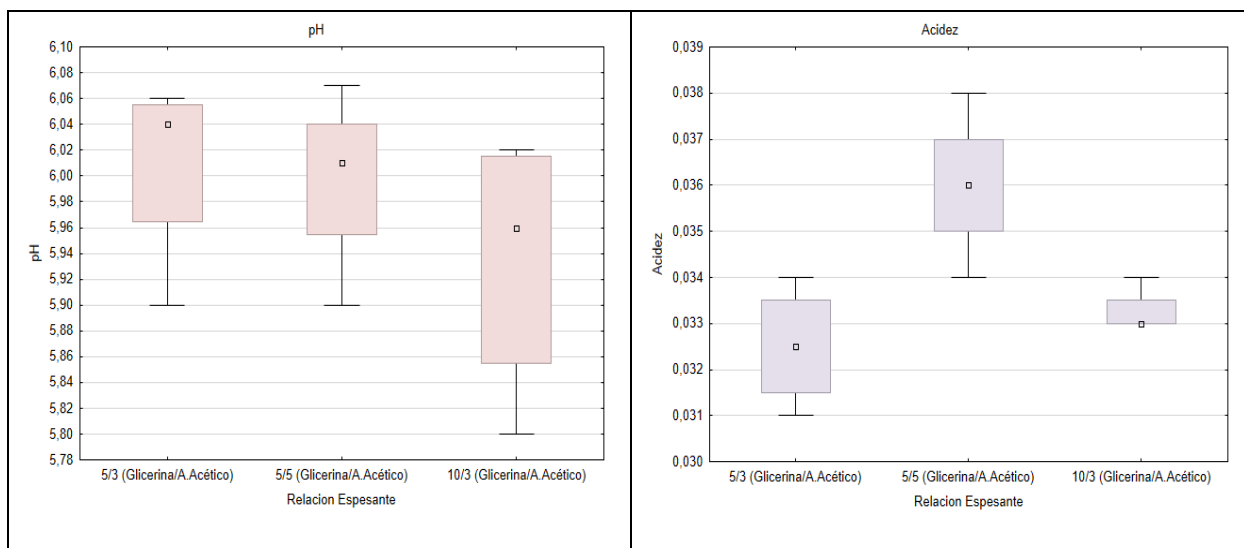
B1: 5+3 (mL)

B2: 5+5 (mL)

B3: 10+3 (mL)

Figura 11. Estudio del efecto de la relación espesante (Factor B) en las variables de estudio





En la tabla 24, se observan los resultados de la prueba de significación (Tukey<0.05), la misma que compara las tres relaciones de espesante estudiadas y se pudo establecer: que no existió diferencia significativa en pH; por otra parte, tanto para humedad, ceniza como acidez, existió diferencia significativa, por lo tanto, la relación espesante incide en estos parámetros.

En consideración a los resultados obtenidos se establece que: existen tres grupos independientes para la humedad: el grupo C con la media más baja (9,99%), el grupo B con un valor intermedio (10,4975%) y el grupo A con el valor más alto (10,99%). Para ceniza, se observan dos grupos: el grupo A con las medias más bajas (0,1525% y 0,1175%) y grupo B con la media más alta (0,36%). En cuanto pH, se observa un grupo homogéneo. Y para acidez, se observan dos grupos: el grupo A con medias más bajas (0,0325 y 0,0332) y grupo B con la media más alta (0,036).

La figura 11, denota que la relación espesante de 5 mL de glicerina + 5 mL de ácido acético presenta un mejor balance en las propiedades de los envases de almidón de malanga en comparación con los otros grupos. Esta relación permite obtener envases con una humedad dentro del rango óptimo (10%-12%) para su fabricación, un contenido de ceniza dentro del rango

ideal (0,3%-1%) para envases biopoliméricos, un pH aceptable (5,5-6,5) para envases biodegradables y una acidez dentro del rango tolerable (0,0335-0,066) para este tipo de envases (Sánchez Hidalgo, 2021).

Las ventajas de esta relación espesante son: mejora la resistencia mecánica de los envases, reduce la permeabilidad a gases y líquidos, aumenta la biodegradabilidad de los envases y disminuye el costo de producción (Torres Rapelo & Montero Castillo, 2014). Consideramos, la relación espesante de 5 mL de glicerina + 5 mL de ácido acético es la adecuada para la fabricación de envases de almidón de malanga, ya que permite obtener envases con las propiedades óptimas para su uso en diferentes aplicaciones.

Tabla 25. Resultados del estudio de dos especies de malanga al interactuar con tres relaciones espesantes, en la elaboración de un bioenvase . (Tukey $p < 0.05$). Factor A * Factor B.

Tratamiento	Interacción	Descripción	Humedad	Ceniza	Acidez	pH
T1	a0b0	M. lila + Glicerina-ácido acético (5/3 mL)	12,035 ^F	0,155 ^A	0,0315 ^A	6,04 ^A
T2	a0b1	M. lila + Glicerina-ácido acético (5/5 mL)	10,63 ^D	0,435 ^B	0,033 ^A	6,04 ^A
T3	a0b2	M. lila + Glicerina-ácido acético (10/3 mL)	8,79 ^A	0,1 ^A	0,033 ^{AB}	5,855 ^A

Tratamiento	Interacción	Descripción	Humedad	Ceniza	Acidez	pH
T4	a1b0	M. blanca + Glicerina-ácido acético (5/3 mL)	9,95 ^B	0,15 ^A	0,0335 ^{AB}	5,98 ^A
T5	a1b1	M. blanca + Glicerina-ácido acético (5/5 mL)	10,365 ^C	0,285 ^{AB}	0,037 ^{AB}	5,955 ^A
T6	a1b2	M. blanca + Glicerina-ácido acético (10/3 mL)	11.1953 ^E	0,255 ^{AB}	0,0335 ^{AB}	6,015 ^A

La tabla 25, se observan los resultados de la prueba de significación (Tukey<0.05), la misma que compara el efecto de dos especie es de malanga al interactuar con tres relaciones de espesante estudiadas y se pudo establecer: que no existió diferencia significativa, tanto en pH como en acidez; por otra parte, existió diferencia significativa, tanto en humedad como en ceniza, por lo tanto la interacción de la especie de especie con la relación de especie incide en los parámetros de humedad y ceniza.

En consideración a los resultados obtenidos se establece que: respecto acidez, se observan dos grupos homogéneos. El grupo A presenta las medias más bajas (0,0315 y 0,033) y el grupo B (0,037) presenta la media más alta de acidez; para humedad se observan seis grupos independientes, el grupo F presentó el mayor valor de humedad (12,035), por otra parte, el grupo A presentó el menor valor de humedad (8,79); en cuanto pH, se presenta un solo grupo homogéneo con T3 con menor pH (5,855) y T1, T2 con el mayor pH (6,04); para acidez T1 presento el valor más bajo (0,0315) y T5 el valor más alto (0,037) de acidez.

Resultados del estudio, de la eficacia de envases activos con actividad antimicrobiana como bioprotección de vegetales frescos (I Gama): brócoli y zanahorias baby (Tukey $p < 0.05$).

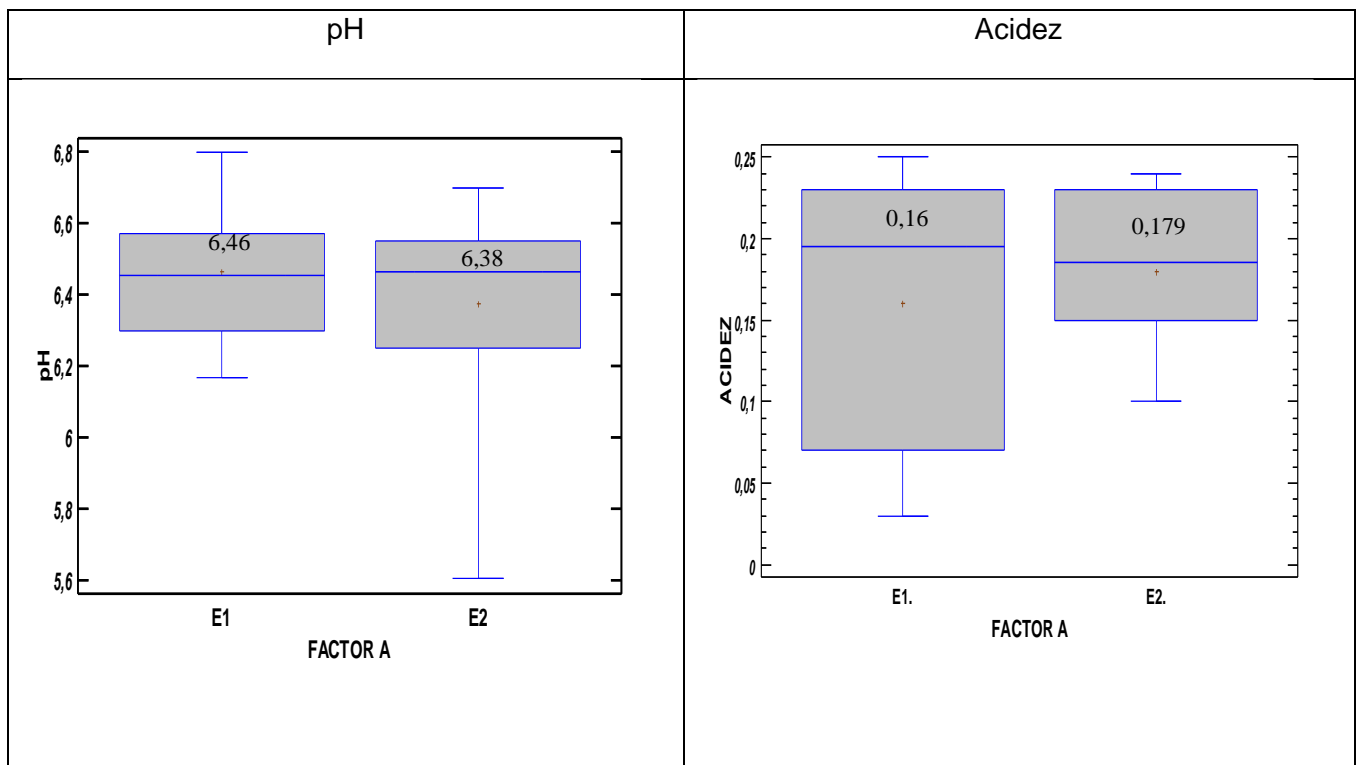
Tabla 26. Resultados del estudio, de la eficacia de envases activos con actividad antimicrobiana de como bioprotección de vegetales frescos (I Gama): brócoli y zanahorias baby (Tukey $p < 0.05$) Factor A.

Factor A (Especie)	pH	Acidez
E1*	6,46 ^a	0,160 ^a
E2*	6,38 ^a	0,179 ^a

*E1: Malanga Lila

*E2: Malanga Blanca

Figura 12. Estudio del efecto de especie de malanga (Factor A) en las variables de estudio



En la tabla 26, se presentan los resultados de la prueba de significación (tukey<0.05), la misma que compara las dos especies es de malanga estudiadas y se pudo establecer: que no existió diferencia significativa, tanto en acidez como en pH por lo tanto la especie no incide en estos parámetros, lo que se infiere que los tratamientos el almidón no influyen con el tipo de producto aplicado. Dado que los valores tanto de pH (6.46 – 6.38) como de acidez (0.160% - 0.179%) se encuentran dentro del rango óptimo según la bibliografía; el envase elaborado a partir de las dos especies es de malanga presenta los mismos efectos de bioconservación para los vegetales aplicados.

En consideración, (Dussán-Sarria et al., 2015) en su investigación reportan valores de acidez titulable de (0,23 % a 0,01 %) y de pH (5,8 a 6,5) siendo estos datos relativamente cercanos a los de nuestra investigación. Además, en el estudio de (Mora Campaña, 2021) menciona que el uso de bioplástico elaborado a partir de almidón no contribuye a la preservación, ya que, se evidencia un notable deterioro del producto en comparación con la variante sin recubrimiento, en nuestro estudio queda en evidencia que el pH y acidez del producto no se ve afectado por el tipo de almidón usado (Malanga Lila - Malanga Blanca).

Tabla 27. Resultados del estudio, de la eficacia de envases activos con actividad antimicrobiana de como bioprotección de vegetales frescos (I Gama): brócoli y zanahorias baby (Tukey $p<0.05$) Factor B.

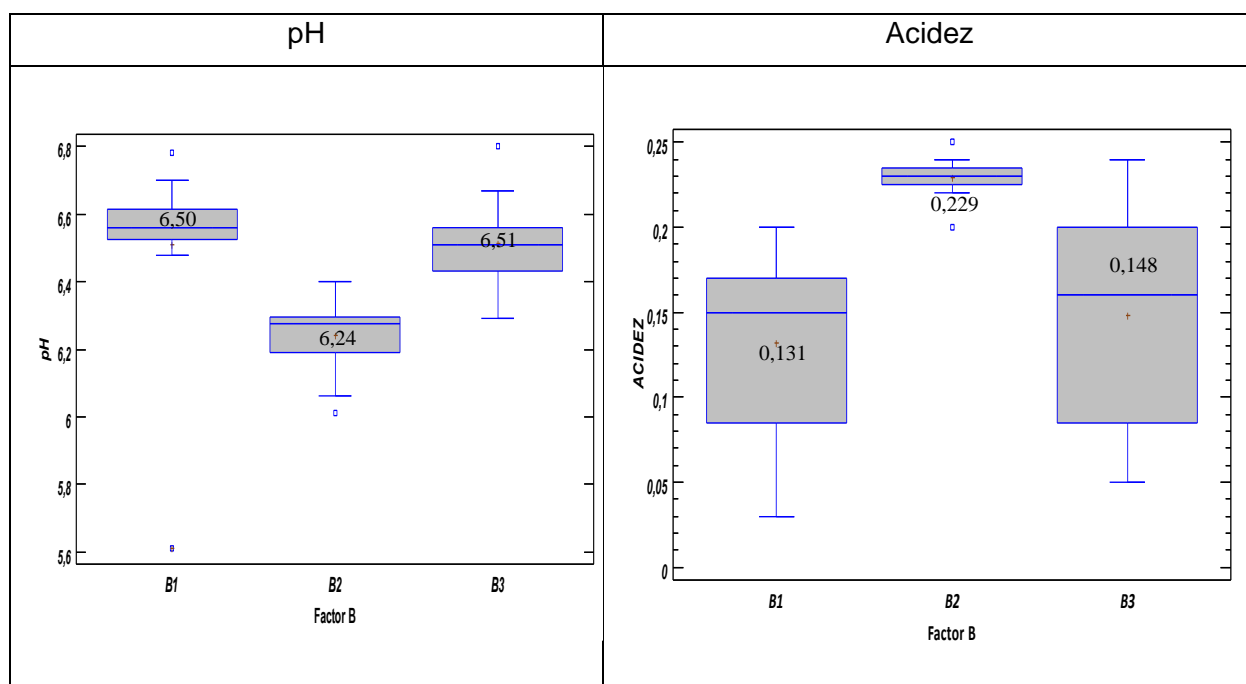
Factor B (Bacterias)	pH	Acidez
B1*	6,50 ^b	0,131 ^a
B2*	6,24 ^a	0,229 ^b
B3*	6,51 ^b	0,148 ^a

*B1: L.menseteroide

*B2: L. reuteri

*B3: L.plantarum

Figura 13. Estudio del efecto de bacterias ácido lácticas (Factor B) en las variables de estudio



En la tabla 27, presenta resultados de la prueba de significación (tukey<0.05), la misma que compara las tres bacterias ácido lácticas estudiadas y se pudo establecer: se encontraron tres grupos significativos, el grupo A presentaron los valores porcentajes de acidez más bajos (0,131% y 0,148 %) respectivamente, a su vez en los valores de pH el grupo A presento el valor más bajo (6,24). El grupo B presentaron los valores más altos en pH y acidez.

(Alexandra & Natalia, 2007; Gianna Leonor, 2019) menciona que el pH de la zanahoria debe estar cercano a 6,2 y del brócoli 6.5, en cuanto acidez oscila entre 0,23 %, lo que se infiere que la especie de bacteria empleada influye con el tipo de producto aplicado, las *L. reuteris* (6,24) siendo esta la más baja; para la acidez *L. reuteris* (0,229 %) se encuentran dentro de los parámetros.

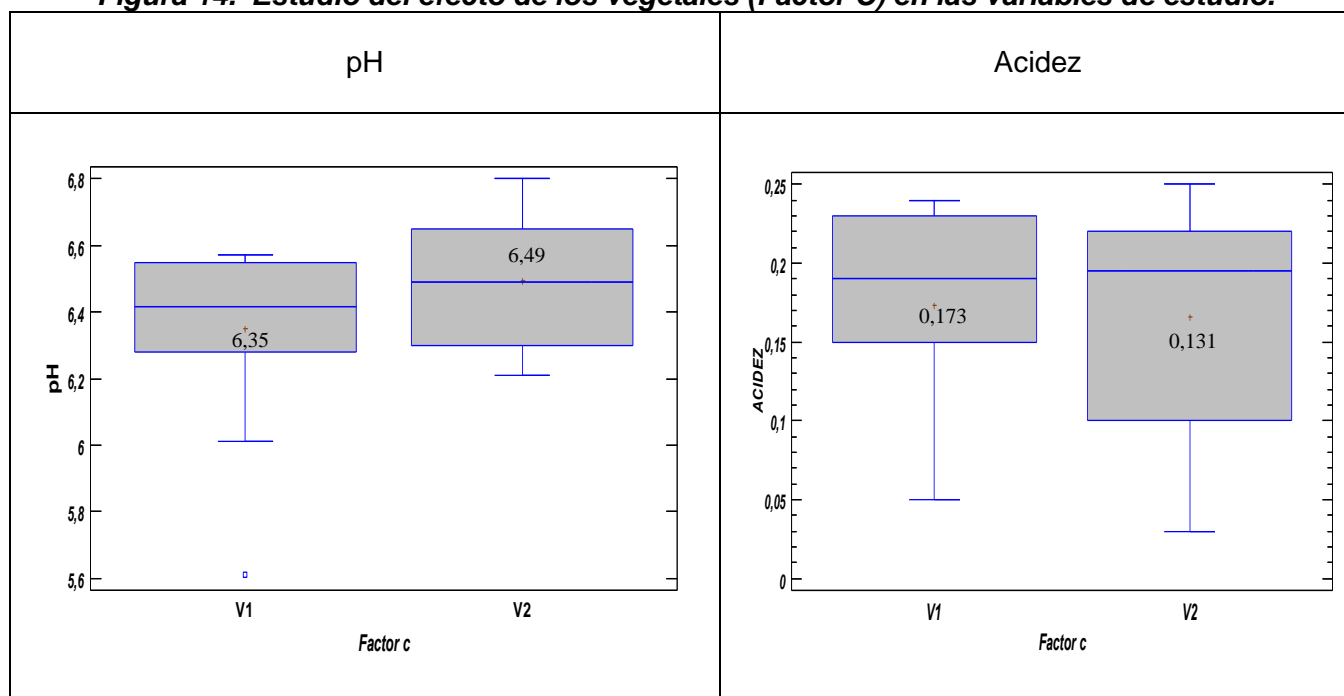
Tabla 28. Resultados del estudio, de la eficacia de envases activos con actividad antimicrobiana de como bioprotección de vegetales frescos (I Gama): brócoli y zanahorias baby (Tukey $p < 0.05$) Factor C.

Factor C (Vegetales)	pH	Acidez
V1*	6,35 ^b	0,173 ^a
V2*	6,49 ^a	0,131 ^b

*V1: Zanahoria Baby

*V2: Brócoli

Figura 14. Estudio del efecto de los vegetales (Factor C) en las variables de estudio.



En la tabla 28, se observan los resultados de la prueba de significación (Tukey<0.05), la misma que compara los dos vegetales aplicados en el estudio y se pudo establecer: que existió diferencia significativa, tanto en acidez como para pH, por lo tanto, el tipo de vegetal incide en estos parámetros.

En consideración a los resultados obtenidos se establece que: se hallaron dos grupos significativos A y B. El (grupo A) Brócoli (6,49) muestra un valor de pH mayor que el de zanahoria baby (6,35) grupo B; para la acidez el (grupo B) brócoli (0,131) presentando una acidez menor

que el (grupo A) zanahoria baby (0,173) , esto nos demuestra que el tipo de vegetal si afecta el pH y acidez.

(Vásquez M. et al., 2009) menciona que las bacterias ácido lácticas, emplean los carbohidratos disponibles como fuente de energía y, al mismo tiempo, generan ácidos orgánicos que reducen el pH del entorno, en el caso del brócoli, con bajos carbohidratos, la actividad de las bacterias lácticas es diferente en comparación con la zanahoria, que tiene una mayor cantidad de carbohidratos. Además, la tasa de producción de ácidos depende del tipo de microorganismo (Consuelo, 2022) indica que esto lleva a una disminución del pH, reducción de indicadores microbiológicos y aumento de la acidez.

Tabla 29. Resultados del estudio, de la eficacia de envases activos con actividad antimicrobiana de como bioprotección de vegetales frescos (I Gama): brócoli y zanahorias baby (Tukey $p < 0.05$) para la relación: especie de malanga * bacteria * vegetales (AxBxC).

Tratamiento	Factor A (Almidón)	Factor B (Bacterias)	Factor C (Vegetales)	pH	Acidez
T1	M. lila	<i>L. mesenteroides</i>	zanahoria baby	6.53 ^{ab}	0.176 ^{ab}
T2	M. lila	<i>L. mesenteroides</i>	brócoli	6.67 ^b	0.056 ^c
T3	M. lila	<i>L. reuteri</i>	zanahoria baby	6.24 ^{ab}	0.233 ^a
T4	M. lila	<i>L. reuteri</i>	brócoli	6.32 ^{ab}	0.226 ^a
T5	M. lila	<i>L. plantarum</i>	zanahoria baby	6.41 ^{ab}	0.063 ^c
T6	M. lila	<i>L. plantarum</i>	brócoli	6.57 ^{ab}	0.203 ^{ab}
T7	M. blanca	<i>L. mesenteroides</i>	zanahoria baby	6.28 ^{ab}	0.170 ^{ab}
T8	M. blanca	<i>L. mesenteroides</i>	brócoli	6.58 ^{ab}	0.123 ^{bc}

Tratamiento	Factor A (Almidón)	Factor B (Bacterias)	Factor C (Vegetales)	pH	Acidez
T9	M. blanca	<i>L. reuteri</i>	zanahoria baby	6.11 ^a	0.233 ^a
T10	M. blanca	<i>L. reuteri</i>	brócoli	6.24 ^{ab}	0.223 ^a
T11	M. blanca	<i>L. plantarum</i>	zanahoria baby	6.50 ^{ab}	0.163 ^{ab}
T12	M. blanca	<i>L. plantarum</i>	brócoli	6.55 ^{ab}	0.163 ^{ab}

La tabla 29, presenta tres grupos significativos en la interacción ABC en la variable acidez, mientras que se hallaron dos grupos significativos en la variable pH. Los tratamientos T2 y T5 pertenecientes al grupo C mostraron menor porcentaje de acidez 0.056% y 0.063% respectivamente. Por otro lado, el tratamiento T9 perteneciente al grupo A presentó el valor más bajo de pH (6.11) mientras que el tratamiento T2 del grupo B presentó el valor más alto de pH (6.67).

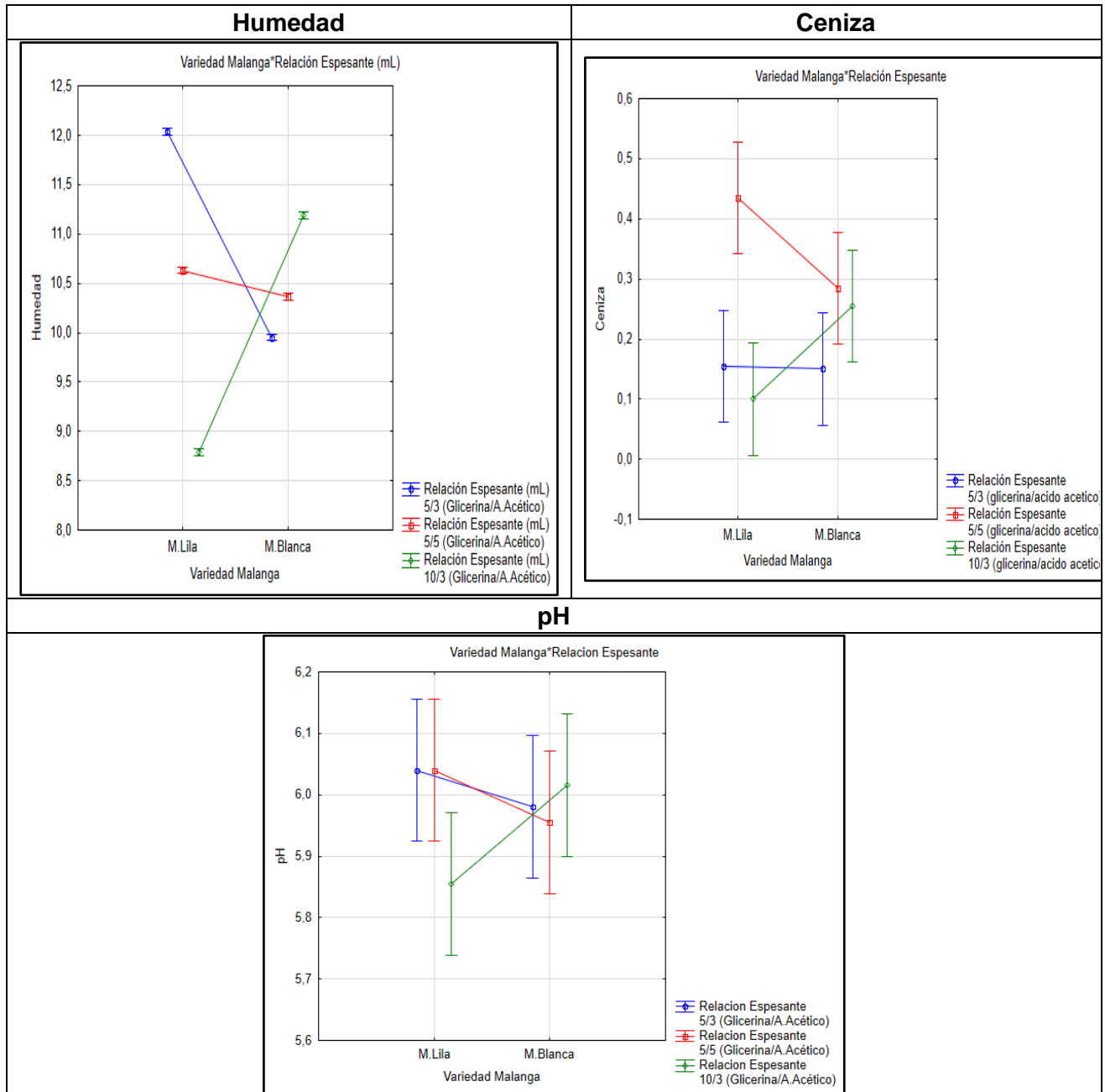
Con respecto al pH, se observó que algunos valores eran superiores a otros, al usar la solución probiótica de *L. reuteri* mostraron valores de pH más bajos T9 y T3 (6,11 ; 6,24) , según (Martínez et al., 2020) para que exista mayor efecto de conservación, se debe disminuir el pH, lo que limita la sobrevivencia de microorganismos competidores de las BAL , además (Bautista Gallego et al., 2020) mencionan que el pH elevado puede fomentar crecimiento de microorganismos dañinos o patógenos, lo que representa un riesgo para la seguridad del producto, lo que produce que la acidez del vegetal aumente indicando que las bacterias ácido lácticas están presentes.

En cuanto a la acidez, se observó valores altos en todos los tratamientos que se usaron la solución bacteriana de *L.reuteris* T3, T4, T9, T10 (0,223 a 0,226), según (Höltzel et al., 2017) en su estudio demostraron que una de las características de la bioconservación mediante BAL es la acidificación del producto mediante la síntesis de compuestos orgánicos (ácido láctico),

dióxido de carbono, etanol, etc. Lo que realiza el ácido láctico es que acidifica el medio ambiente e inhibe ciertos agentes patógenos, (Ramos–Izquierdo et al., 2009) mencionan que el ácido láctico producido por las BAL, aumenta la vida útil del producto, imparte un sabor ácido, suave y agradable, y no enmascara otros sabores.

Resultados de medias marginales para interacciones

Figura 15. Resultado de medias marginales en la interacción A*B (Especie de Malanga vs. Relación espesante) para las variables humedad, ceniza y pH.



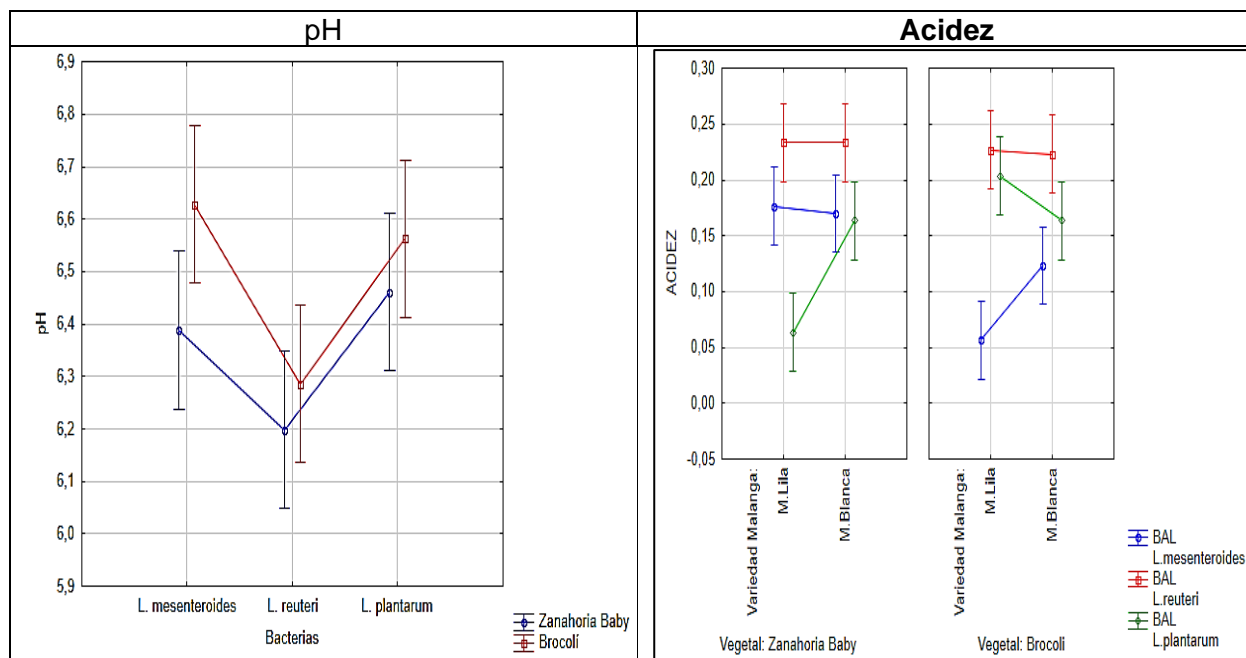
La figura 15, presenta la interacción entre nuestros dos factores (Especie de malanga * Relación de espesante) para humedad, ceniza y pH. Donde los mejores resultados se obtienen con las dos especies de malanga respecto con la relación de espesante 5 mL de glicerina + 5 mL de ácido acético, con una humedad mínima del 10,365% y máxima del 10,63% y valores más altos de ceniza en comparación con el efecto de las especies de malanga con las otras dos relaciones de espesante; para pH, no existió un efecto significativo en cuanto la relación de especie de malanga frente a diferentes relaciones de espesantes usadas.

El pH obtenido de los envases se encontró dentro del rango adecuado (5,00 – 7,00) establecido por las normas INEN (2013). Se calificaron como envases de calidad para ser aplicados en la conservación de vegetales frescos.

La figura 15, denota que cualquier especie de malanga con la relación espesante 5 mL de glicerina + 5 mL de ácido acético presenta los valores óptimos para la obtención de un bioenvase para la conservación de vegetales frescos. Considerando, Chariguamán (2015), menciona que la presencia de glicerina y ácido acético en los envases de almidón de malanga puede tener impactos tanto en la absorción como en la reducción de humedad, así como en diversas propiedades mecánicas del material. Por otra parte, Rodríguez (2021), menciona que en el caso de ceniza no se busca el mayor o menor valor, se requiere que se encuentre dentro del límite (0,3% a 1%), esto ya que valores elevados vuelven menos biodegradables y valores muy bajos pueden hacer a los envases susceptibles a la rotura, dicho rango se cumple en nuestro estudio al usar cualquier especie de malanga con la relación espesante 5 mL de glicerina + 5 mL a. acético.

Evaluación de la eficacia de los envases activos con actividad antimicrobiana como bioprotección de vegetales frescos (I Gama): brócoli y zanahorias baby.

Figura 16. Resultado de medias marginales en la : Evaluación de la eficacia de los envases activos con actividad antimicrobiana como bioprotección de vegetales frescos (I Gama): brócoli y zanahorias baby.



La figura 16, presenta la media del pH para cada combinación de bacteria y vegetal, con barras de error que representan el intervalo de confianza del 95%. Efecto principal de las bacterias: Se observa una diferencia significativa en el pH entre las diferentes bacterias. *L. mesenteroides* (b0) tiene un pH significativamente mayor que *L. reuteri* (b1) y *L. plantarum* (b2). Efecto principal de los vegetales: Se observa una diferencia significativa en el pH entre los diferentes vegetales. La Zanahoria Baby (c0) tiene un pH significativamente mayor que el Brócoli (c1). Además, se observa un mayor efecto en la acidez al combinar brócoli y zanahoria con la solución probiótica de *L. Reuteri*. Los valores de acidez más altos fueron 0,233 (a0b1c0) y 0,226 (a0b1c1).

Además, se presenta la media de la acidez para la combinación de todos nuestros factores de estudio con barras de error que representan el intervalo de confianza del 95%. Un mayor efecto en la acidez al combinar brócoli y zanahoria con la solución probiótica de *L. Reuteri*. Los valores de acidez más altos fueron 0,233 (a0b1c0) y 0,226 (a0b1c1).

Análisis de componentes principales.

Obtención de bioenvases a partir de almidón de dos especies de malanga: Colocasia esculenta L. y xanthosoma sagittifolium L

Tabla 30. Matriz de correlación de componentes principales

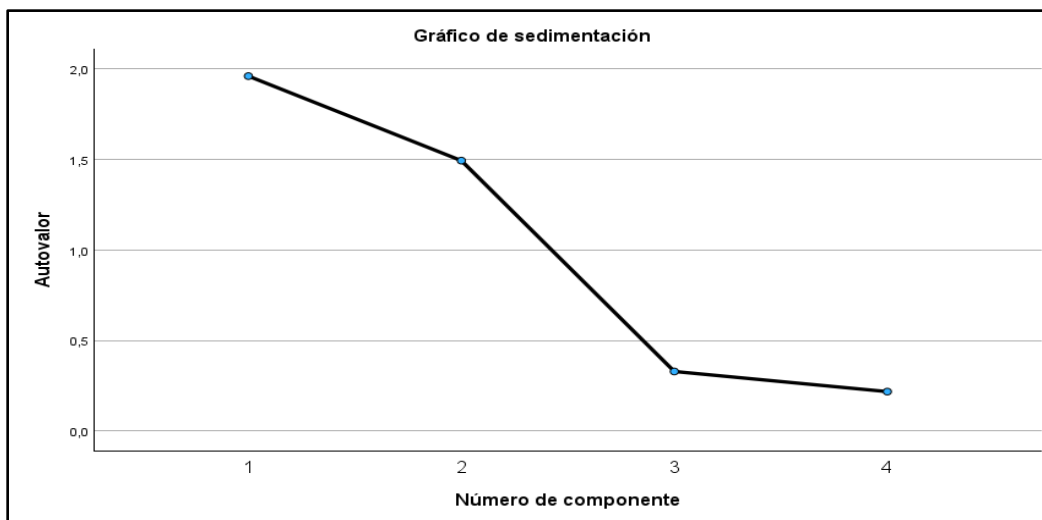
		<i>Ceniza</i>	<i>Humedad</i>	<i>pH</i>	<i>Acidez</i>
<i>Correlación</i>	<i>Ceniza</i>	1,000	0,261	0,437	0,540
	<i>Humedad</i>	0,261	1,000	0,703	-0,218
	<i>pH</i>	0,437	0,703	1,000	-0,147
	<i>Acidez</i>	0,540	-0,218	-0,147	1,000

Se observa que la variable ceniza tiene correlación con la variable ceniza y la variable humedad tiene correlación con la variable pH.

Tabla 31. Tabla de varianza total explicada.

	<i>Total</i>	<i>% de varianza</i>	<i>% acumulado</i>
1	1,960	49,009	49,009
2	1,494	37,338	86,348

Figura 17. Gráfico de sedimentación del análisis de componentes principales.



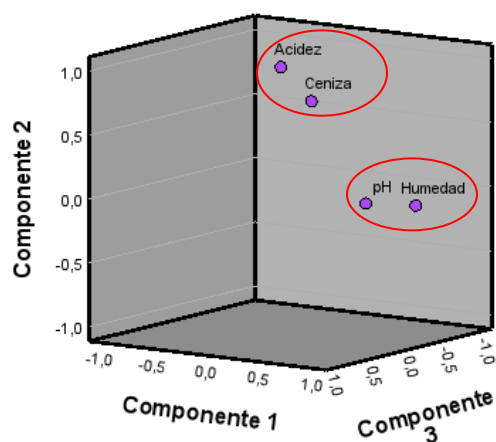
En la figura 17, se evaluaron 4 variables, donde de acuerdo a la varianza total explicada, donde la humedad obtuvo el mayor porcentaje de varianza, siendo este del 49,01%, respecto los otros componentes los porcentajes fueron 37,34%, 8,21% y 5,45% (véase tabla 32). Esto significa que los componentes 1 y 2 son suficientes para asumir la mayor parte de la información de las variables originales.

Tabla 32. Matriz de componentes.

	<i>Componente</i>		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Ceniza</i>	0,421	0,803	0,322
<i>Humedad</i>	0,926	-0,058	-0,354
<i>pH</i>	0,909	0,051	0,289
<i>Acidez</i>	-0,222	0,934	-0,186

Figura 18. Gráfico de componente en espacio rotado del análisis de componentes principales

Gráfico de componente en espacio rotado



La figura 18, muestra el grafico de componentes principales en espacio rotado se observan dos grupos principales de variables, los cuales son: Acidez y Ceniza, y pH y Humedad. En relación al componente uno (eje x) este es el que presenta la principal diferencia,

en este caso se observa que la acidez y ceniza se asocian con valores positivos y el pH y humedad con valores negativos. Por otra parte, en el componente dos se observa la relación que tienen las variables de pH y humedad. Finalmente, en el tercer componente no existe una diferencia significativa en ninguna de las variables de estudio.

Velásquez et al. (2021), mencionan que un pH bajo (ácido) y un contenido de humedad adecuado favorecen la gelatinización del almidón de malanga y la formación de envases con buenas propiedades, lo cual tiene relación en base a nuestro estudio, donde al evaluar los componentes vemos la relación existente entre estas dos variables. Por otra parte, Ruiz (2022), al elaborar un bioplástico a partir de otro tubérculo (papa), determinó que un alto contenido de acidez o ceniza puede afectar negativamente las propiedades de los envases, dicha relación se observa en las variables de nuestro componente dos.

Análisis Microbiológicos de los vegetales.

Tabla 33. Resultados de análisis microbiológicos de los vegetales.

Pruebas Microbiológicas	UFC/ mL	
	Brócoli	Zanahoria Baby
Petrifilm™ para Recuento Rápido de Aerobios (RAC)	15	14
Petrifilm™ para Recuento de Enterobacterias (EB)	Ausencia	Ausencia
Petrifilm™ para Recuento de Coliformes (CC)	Ausencia	Ausencia
Petrifilm™ para Recuento de Salmonela	Ausencia	Ausencia

La Tabla 33, presenta un recuento estimado de colonias bacterianas, con 14 UFC/mL para las zanahorias y 15 UFC/mL para el brócoli con la solución bacteriana L. Reuteri. Se observó

una distribución de las colonias no homogénea. En cuanto a la salmonela, las enterobacterias y los coliformes totales, no se detectaron colonias. La ausencia de crecimiento de salmonella, enterobacterias y coliformes puede indicar que la solución bacteriana de *L. Reuteri* podría tener un efecto positivo en el control del crecimiento de estos patógenos potenciales, (Cueva Tipán, 2022) menciona que el ácido láctico de las BAL pueden llegar a reducir el pH, lo que puede inhibir el crecimiento de diversos microorganismos, además la disminución del pH aumenta la actividad antifúngica de diversos ácidos, esto concuerda con los resultados obtenidos en nuestro estudio, además el crecimiento de colonias en el petrifilm de aerobios nos indica la presencia de las bacterias ácida lácticas en los vegetales (Ramos-Izquierdo et al., 2009).

5. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- No se observó diferencia significativa en el pH ni la acidez entre las dos especies de malanga estudiadas (Malanga Lila y Malanga Blanca). Esto indica que la especie de malanga no influye en estos parámetros, por lo tanto, el tipo de almidón utilizado no afecta las propiedades de bioconservación del envase para los vegetales. Los valores de pH (6.46 - 6.38) y acidez (0.160% - 0.179%) se encuentran dentro del rango óptimo reportado en la literatura (Dussán-Sarria et al., 2015).

- Se observó diferencia significativa en el pH y acidez entre las tres bacterias ácido-lácticas estudiadas (*L. reuteri*, *L. mesenteroides* y *L. plantarum*). Esto indica que la bacteria ácido láctica usada influye en los parámetros, por lo tanto, la bacteria utilizada afecta las propiedades de bioconservación del envase para los vegetales. *L. reuteri* presentó un pH (6.24) y acidez (0.229%), valores dentro de los rangos óptimos para la conservación de la zanahoria y el brócoli.

- El tipo de vegetal empleado influyen en el pH y la acidez del producto final. En este estudio, se encontraron diferencias significativas en pH y acidez entre la zanahoria y el brócoli. Además, se observó que el brócoli (pH 6.49, acidez 0.229%) tenía un pH mayor y acidez menor que la zanahoria baby (pH 6.35, acidez 0.131%). Estas diferencias se pueden explicar por la composición de los vegetales y la actividad de las bacterias ácido lácticas.

- Los resultados del estudio sugieren que la interacción entre el tipo de vegetal, bacteria ácido láctica (BAL) y el tipo de almidón utilizado, influye en el pH y la acidez del producto final, impactando su calidad y vida útil. *L. reuteri* mostró la mayor eficacia para la conservación de vegetales, con los tratamientos T2 y T5 (*L. reuteri* y almidón M. lila) presentando la menor acidez (0.056% y 0.063% respectivamente) y el tratamiento T9 (*L. reuteri* y almidón M. blanca) el menor pH (6.11).

Recomendaciones

- Las dos especies de malanga (blanca y lila) son idóneas para la elaboración de bioenvases destinados a la conservación de vegetales con bacterias ácido-lácticas, ya que ambas cumplen con los rangos óptimos de humedad, ceniza y pH. La selección de la especie más adecuada dependerá de diversos factores, como el tipo de vegetal a conservar, las condiciones de almacenamiento y las preferencias del usuario. Considerando que no hay una diferencia significativa entre el almidón de las dos especies de malanga estudiadas, se recomienda utilizar la especie con mayor producción y accesibilidad en la zona donde se realice el estudio. Esta elección permitirá optimizar la producción de bioenvases, al facilitar la obtención de la materia prima y reducir los costos.

- Para obtener envases con mejores propiedades, se recomienda priorizar un pH bajo y una humedad adecuada, a la vez que se reduce el contenido de acidez y ceniza. Es importante considerar la relación entre pH y humedad, y evaluar el impacto de otras variables.

- Se recomienda utilizar *Lactobacillus reuteri* para la bioconservación del brócoli y la zanahoria, monitoreando el pH y la acidez durante el proceso. La bioconservación con *Lactobacillus reuteri* tiene el potencial de ser una alternativa viable y efectiva a los conservantes químicos, prolongando la vida útil de los productos frescos y contribuyendo a la seguridad alimentaria y la sostenibilidad.

- Para optimizar bioenvases con bacterias ácido-lácticas, se debe considerar el tipo de vegetal, ajustando la cantidad de bacterias según sus carbohidratos. El brócoli, con un pH más alto y menor acidez que la zanahoria baby, requiere más bacterias para compensar sus bajos carbohidratos. La zanahoria baby, con mayor contenido de carbohidratos, necesita menos bacterias para evitar una reducción excesiva del pH.

6. Referencias bibliográficas.

- Alarcón Moyano, J. K. (2013). *Repositorio Digital Universidad De Las Américas: Industrialización de productos derivados de Malanga (Xanthosoma sagittifolium) como alternativa de consumo de carbohidratos para el mercado de la ciudad de Quito, provincia de Pichincha*. Repositorio Digital Universidad De Las Américas. Retrieved February 25, 2024, from <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/715>
- Alberto, C. M., & Alberto, L. F. (2016). *Modificación superficial de papeles para la elaboración de envases bioactivos*. Bachelor's thesis, Universidad Nacional de Córdoba Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales: <http://hdl.handle.net/11086/4738>
- Álvarez, M. F. (2000). Revisión: Envasado activo de los alimentos / Review: Active food packaging. *Food Science and Technology International*, 6(2), 97-108. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/108201320000600203>

- Bautista Gallego, J., Medina, E., Sánchez, B., & Benítez Cabello, A. (2020, June 30). *Role of lactic acid bacteria in fermented vegetables* | *Grasas y Aceites*. *Grasas y Aceites*. Retrieved March 2, 2024, from <https://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/1822>.
- Castro Crespo, A. (2020). *Cultivo de lactobacillus reuteri en solitario y en cocultivo con escherichia coli a 37°C*. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/42163>
- Charles, G. (2014). *Desarrollo de envases flexibles bioactivos para alimentos*. Master's thesis: <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/15391>
- Chariguamán, J. A. (2015, Noviembre). *Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (Passiflora edulis spp.)*. Biblioteca Digital – Zamorano. Retrieved February 27, 2024, from <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/06a5dc04-9bc7-4253-a0ad-30c4c6c160be/content>
- Coma, V. (2007). *Bioactive packaging technologies for extended shelf life of meat-based products*. PubMed. Retrieved February 25, 2024, from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22062099/>.
- Consuelo, A. (2022). *Evaluación de un proceso para elaboración de una bebida láctea utilizando un medio de cultivo vegetal fuente de probióticos, antioxidantes y fibra*. Repositorio Universidad Nacional. Retrieved March 2, 2024, from <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/83538>
- Cueva Tipán, J. R. (2022). *Aislamiento y caracterización de bacterias ácido-lácticas en dos especies de café (Mucílago), Coffea arábica y Coffea canephora, para la bioconservación de col (Brassica oleracea) y lechuga (Lactuca sativa)*. rraae. Retrieved

March 3, 2024, from

https://rraae.cedia.edu.ec/Record/ESPE_2349f4f37c9b1ffe082efd075e4a9f78.

de Souza, L. (2022). *Starch as a Matrix for Incorporation and Release of Bioactive Compounds:*

Fundamentals and Applications. MDPI. Retrieved February 25, 2024, from

<https://www.mdpi.com/2073-4360/14/12/2361>.

Diaz, E., & Jessenia, E. (2022). *Manejo agronómico del cultivo de la malanga (Xanthosoma*

sagittifolium Schott) en el Ecuador. DSpace Principal. Retrieved February 27, 2024, from

<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13165>

Demera Velásquez, L. F., & Meza Andrade, K. R. (2021, 21 marzo). "Obtención de biopolímero

evaluando el almidón de dos especies de malanga, blanca (*Colocasia esculenta* (L.)

Schoot) y morada (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schoot & Endl), dos espesantes y

relación agua-almidón para la producción de empaques biodegradables. Recuperado 11

de enero de 2024, de

[https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/24113/T-ESPESD-](https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/24113/T-ESPESD-003110.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[003110.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/24113/T-ESPESD-003110.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

ENRÍQUEZ C., M., VELASCO M., R., & ORTIZ G., V. (2012). *PELÍCULAS BIODEGRADABLES*

BASADAS EN ALMIDÓN. SciELO Colombia. Retrieved March 3, 2024, from

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612012000100021&script=sci_arttext

Gladys, R. A. (2005). *Polímeros biodegradables a partir del almidón de yuca*.

<http://hdl.handle.net/10784/7364>

Hidalgo, S., & Monserrath, K. (16 de Septiembre de 2021). *Identificación de la concentración*

óptima de almidón de malanga (Colocasia esculenta) en la producción de un

biopolímero. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.:

<http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/16821>

Höltzel, A., Gänzle, M., Nicholson, G., Hammes, W., & Jung, G. (2017, November 9). *The First Low Molecular Weight Antibiotic from Lactic Acid Bacteria: Reutericyclin, a New Tetramic Acid*. PubMed. Retrieved March 7, 2024, from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10934421/>

Hasselbach, H. (2014). *Estructura y función del almidón, el glucógeno y la celulosa*. LIBRO ELECTRÓNICO DE BIOQUÍMICA. Retrieved February 26, 2024, from <https://libroelectronico.uaa.mx/capitulo-12-otras-vias/estructura-y-funcion-del.html>

INEN. (2013, January 4). *NTE INEN 0389: Conservas vegetales. Determinación de la concentración del ión hidrógeno (pH) : Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) : Free Download, Borrow, and Streaming*. Internet Archive. Retrieved March 1, 2024, from <https://archive.org/details/ec.nte.0389.1986>

INEN. (2013, January 5). *NTE INEN 1456: Reactivos para análisis. Almidón soluble (para iodometría). Métodos de ensayo : Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) : Free Download, Borrow, and Streaming*. Internet Archive. Retrieved March 1, 2024, from <https://archive.org/details/ec.nte.1456.1986>

Jiang, Y.-H., Xin, W.-G., Zhang, Q.-L., Lin, L.-B., & Deng, X.-Y. (2022, January 5). *A Novel Bacteriocin Against Shigella flexneri From Lactiplantibacillus plantarum Isolated From Tilapia Intestine: Purification, Antibacterial Properties and Antibiofilm Activity*. NCBI. Retrieved February 27, 2024, from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8769287/>

Jiménez, J. (2023). *Xanthosoma SP – Jardín Botánico Prof. Eugenio de Js. Marcano*. Jardín Botánico de Santiago. Retrieved March 3, 2024, from <https://botanicodesantiago.com/xanthosoma-sp/>

- Kelly, J. (2023, July 4). *Obtención de almidón de malanga: Colocasia esculenta L. y Xanthosoma sagittifolium L, mediante la aplicación de tres métodos químicos | Revista InGenio*. Revistas - UTEQ. Retrieved February 25, 2024, from <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/ingenio/article/view/677>
- Londoño, N. A., Taborda, M. T., López, C. A., & Acosta, L. V. (2015). BACTERIOCINAS PRODUCIDAS POR BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS Y SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS. *Alimentos Hoy*, 23(36), 186-205.
<https://doi.org/https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/356>
- Miyamoto, J., Shimizu, H., Hisa, K., Matsuzaki, C., Inuki, S., Ando, Y., Nishida, A., Izumi, A., Yamano, M., Ushiroda, C., Irie, J., Katayama, T., Ohno, H., Itoh, H., Yamamoto, K., & Kimura, I. (2023). Host metabolic benefits of prebiotic exopolysaccharides produced by *Leuconostoc mesenteroides*. *Gut Microbes*, 15(1).
<https://doi.org/10.1080/19490976.2022.2161271>
- Murillo, C. R., Pazmiño, M. E., & López, A. V. (2021). La Malanga (*Colocasia Esculenta*) y su efecto en la colesterolemia. Propuesta de galletas hipocolesterolemicas. *RECIAMUC*, 3-5. [https://doi.org/https://doi.org/10.26820/reciamuc/5.\(2\).abril.2021.327-335](https://doi.org/https://doi.org/10.26820/reciamuc/5.(2).abril.2021.327-335)
- Mora Campaña, D. M. (2021). *Obtención de una biopelícula a partir de almidón de melloco rosado (Ullucus tuberosus) para el embalaje de alimentos*. DSpace ESPOCH. Retrieved March 5, 2024, from <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/16933>
- Martínez, M. D., Ruvalcaba-Gómez, J. M., Arteaga-Garibay, R. I., & Domínguez-Araujo, G. (2020). USO DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS PARA DESCONTAMINACIÓN DE ESTIÉRCOL PORCINO MEDIANTE ENSILAJE EXPERIMENTAL. *SciELO México*. Retrieved March 2, 2024, from

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992019000100247.

Muñoz Guzmán, J. P. (2017, November 9). *Aislamiento y caracterización de bacterias ácido-lácticas de la fermentación discontinua de quinua blanca y roja (Chenopodium quinoa) para la bioconservación de brócoli (Brassica oleracea var. italica) y calabacín (Cucurbita pepo)*. repositorio.espe.edu.ec. Retrieved March 3, 2024, from <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/32556/1/T-ESPESD-003240.pdf>

Ramos–Izquierdo, B., Bucio–Galindo, A. ..., & Bautista–Muñoz, C. (2009). *Aislamiento, identificación y caracterización de bacterias ácido lácticas para la elaboración de queso crema tropical*. SciELO México. Retrieved March 2, 2024, from https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792009000200006

Ramírez, L. C., Ariza, M. M., & Pérez, L. M. (2012). Estudio descriptivo de las prácticas de manufactura en la industria panelera de los trapiches San Francisco y La Esmeralda en Boyacá y Caldas. *Nova*, 10(18), 165-179. <https://doi.org/https://doi.org/10.22490/24629448.1005>

Rodríguez, H., Curiel, J. A., Landete, J. M., Rivas, B. d., Felipe, F. L., Gómez-Cordovés, C., Mancheño, J. M., & Muñoz, R. (2009). Food phenolics and lactic acid bacteria. *Int J Food Microbiol*, 132(2-3), 79-90. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.03.025>

Regnum Prokaryotae. (2021). *ABIS Encyclopedia*. ABIS Encyclopedia. Retrieved February 27, 2024, from https://tgw1916.net/Lactobacillus/reuteri.html#google_vignette

Robles, B. (2023, May 8). *¿Cuál es el origen de las zanahorias baby?* Consumer Eroski. Retrieved March 3, 2024, from <https://www.consumer.es/alimentacion/consultorio-nutricional-zanahorias-baby-carne-jugosa-colorantes-hiperactividad>

- Rodriguez, F. (2021, September 16). *SÍNTESIS Y ANÁLISIS DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE UN BIOPLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE CHIRIVÍA (Pastinaca Sativa) PARA EL USO EN EL EMBALAJE DE ALIMENTOS*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Retrieved March 3, 2024, from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16821/1/96T00726.pdf>
- Rosa, I. (2020). *Obtención de Almidón de dos Especies de Malanga: Colocasia esculenta L. y xanthosoma sagittifolium L, Mediante la Aplicación de tres Métodos Químicos, en la Zona de Santo Domingo de los Tsáchilas*. Repositorio ESPE. Retrieved February 28, 2024, from <https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/22323>
- Ruiz, C. (2022, February 21). *OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE LOS RESIDUOS DE PAPA CAPIRO CAMILA DE LOS ANGELES RUIZ GALE*. Lumieres - Repositorio institucional Universidad de América. Retrieved March 3, 2024, from <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/9059/4/6171130-2022-2-IQ.pdf>
- Ruiz Avilés, G. (2005). *Polímeros biodegradables a partir del almidón de yuca*. Universidad EAFIT. Retrieved February 26, 2024, from <https://repository.eafit.edu.co/items/3ab3bcfd-1e39-4df3-a07a-19b3d2f0d487>
- Salcedo Mendoza, J., García Mogollón, C., & Salcedo Hernández, D. (2018). *Propiedades funcionales de almidones de ñame (Dioscorea alata) | Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. revistas unicauca. Retrieved February 25, 2024, from <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/1170>
- Sánchez Hidalgo, K. M. (2021, September 16). *Identificación de la concentración óptima de almidón de malanga (Colocasia esculenta) en la producción de un biopolímero*. DSpace ESPOCH. Retrieved February 26, 2024, from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16821>

- Silva, J., Carvalho, A., Teixeira, P., & Gibbs, P. (2002). Bacteriocin production by spray-dried lactic acid bacteria. *Letters in Applied Microbiology*, 34(2, 1), 77-81.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1472-765x.2002.01055.x>
- Sánchez Llaguno, S. N., Narvaez, R. I., Neira Mosquera, J. A., & Plua Montiel, J. A. (2023, July 4). *Obtención de almidón de malanga: Colocasia esculenta L. y Xanthosoma sagittifolium L, mediante la aplicación de tres métodos químicos | Revista InGenio*. Revistas - UTEQ. Retrieved February 28, 2024, from <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/ingenio/article/view/677>
- Sharma, S. (2020). *Characterization and Antimicrobial Activity of Biodegradable Active Packaging Enriched with Clove and Thyme Essential Oil for Food Packaging Application*. MDPI. Retrieved February 25, 2024, from <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/8/1117>
- Toledo H., J. (2003). *Repositorio Institucional INIA: Cultivo del brócoli*. Repositorio INIA. Retrieved March 3, 2024, from <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/895>
- Torres Rapelo, A., & Montero Castillo, P. M. (2014). *Utilización de almidón de malanga (colocasia esculenta l.) en la elaboración de salchichas tipo frankfurt*. Dialnet. Retrieved February 25, 2024, from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6117735>
- Vásquez Gallardo, C. G., Arias-Ramos, H. A., & Villalta Vejar, C. E. (2017, November 9). *Elaboración de snacks deshidratados a base de tubérculos y hortalizas (camote, yuca, papa, remolacha, zanahoria) y sus análisis sensorial y bromatológico*. REDICCES. Retrieved March 3, 2024, from <http://redicces.org.sv/jspui/handle/10972/5108>
- Velásquez, D., Fernando, L., Andrade, M., & Ricardo, K. (2021, Marzo 21). *Obtención de biopolímero evaluando el almidón de dos especies de malanga, blanca (Colocasia esculenta (L.) Schoot) y morada (Xanthosoma sagittifolium (L.) Schoot & Endl), dos espesantes y relación agua-almidón para la producción de empaques ...* Repositorio

ESPE. Retrieved March 1, 2024, from

<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/24113>

Vélez Duque, P., & Álava Murillo, A. (2021, December 30). *Análisis de los canales de comercialización del brócoli en Ecuador*. Revista Tecnológica - ESPOL. Retrieved March 3, 2024, from <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/857>

Vásquez M., S. M., Suárez M., H., & Zapata B., S. (2009). *UTILIZACIÓN DE SUSTANCIAS ANTIMICROBIANAS PRODUCIDAS POR BACTERIAS ACIDO LÁCTICAS EN LA CONSERVACIÓN DE LA CARNE*. SciELO Chile. Retrieved March 5, 2024, from https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182009000100007

Zapata, D. A., Pujol, R. O., & Coda, F. E. (2012). Polímeros biodegradables: una alternativa de futuro a la sostenibilidad del medio ambiente. . *Técnica industrial*, 297(1), 76-80. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3892595>