

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**“Formulación y caracterización de bandejas
biodegradables con almidón de *Manihota Sculenta*
y fibras de *Cynara Scolymus*”**

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero
Agroindustrial**

Autores:

**Bach. Ponce Ramirez, Juanita Analí
Bach. Horna Menacho, Nilson Ruonaldo**

Asesora:

**Dra. Aguirre Vargas, Elza Berta
DNI. N°. 19096335
Código ORCID: 0000-0003-1659-9874**

**Nuevo Chimbote - Perú
2023**



CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO DE TESIS

Yo, **Dra. Aguirre Vargas, Elza Berta**, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis: **“FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BANDEJAS BIODEGRADABLES CON ALMIDÓN DE *Manihota Sculenta* Y FIBRAS DE *Cynara Scolymus*”**, elaborado por los **Bachilleres Ponce Ramirez, Juanita Analí y Horna Menacho, Nilson Ruonaldo**, para obtener el título profesional de **Ingeniero Agroindustrial** en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa.

.....
Dra. Aguirre Vargas, Elza Berta

Asesor

DNI N°: 19096335

Código ORCID: 0000-0003-1659-9874



CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

**“FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BANDEJAS BIODEGRADABLES
CON ALMIDÓN DE *Manihota Sculenta* Y FIBRAS DE *Cynara Scolymus*”,**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:

.....
Dr. Castro Zavaleta, Víctor Augusto
Presidente
ORCID: 0000-0003-3214-2698
DNI N°: 17859760

.....
Dra. Aguirre Vargas, Elza Berta
Secretario
Código ORCID: 0000-0003-1659-9874
DNI N°: 19096335

.....
Ms. Córdova Chang, Any Berenice
Vocal
Código ORCID: 0000-0002-2179-0641
DNI N°: 43775869

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 10:00 horas del día veintiuno de julio del dos mil veintitres, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 436-2023-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Victor Augusto Castro Zavaleta** (Presidente)
- **Dra. Elza Berta Aguirre Vargas** (Secretario)
- **Ms. Any Berenice Córdova Chang** (Integrante)
- **Dr. Daniel Sánchez Vaca** (Accesitario)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis:

“FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BANDEJAS BIODEGRADABLES CON ALMIDÓN DE *Manihota Sculenta* Y FIBRA DE *Cynara Scolymus L.*”, elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **PONCE RAMIREZ JUANITA ANALÍ**
- **HORNA MENACHO NILSON RUONALDO**

Asimismo, tiene como Asesor a la docente: **Dra. Elza Berta Aguirre Vargas**

Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.

El Jurado después de deliberar sobre aspecto relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
PONCE RAMIREZ JUANITA ANALÍ	19	EXCELENTE

Siendo las 11:00 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 21 de julio del 2023.



Dr. Victor Augusto Castro Zavaleta
Presidente



Dra. Elza Berta Aguirre Vargas
Secretario



Ms. Any Berenice Córdova Chang
Integrante

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 10:00 horas del día veintiuno de julio del dos mil veintitres, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 436-2023-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Victor Augusto Castro Zavaleta** (Presidente)
- **Dra. Elza Berta Aguirre Vargas** (Secretario)
- **Ms. Any Berenice Córdova Chang** (Integrante)
- **Dr. Daniel Sánchez Vaca** (Accesitario)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis:

“FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BANDEJAS BIODEGRADABLES CON ALMIDÓN DE *Manihota Sculenta* Y FIBRA DE *Cynara Scolymus L.*”, elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **PONCE RAMIREZ JUANITA ANALÍ**
- **HORNA MENACHO NILSON RUONALDO**

Asimismo, tiene como Asesor a la docente: **Dra. Elza Berta Aguirre Vargas**

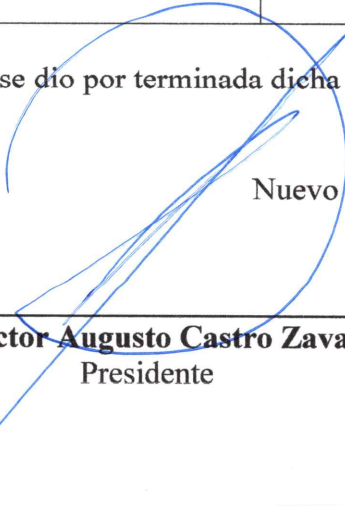
Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.

El Jurado después de deliberar sobre aspecto relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
HORNA MENACHO NILSON RUONALDO	19	EXCELENTE

Siendo las 11:00 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 21 de julio del 2023.



Dr. Victor Augusto Castro Zavaleta
Presidente



Dra. Elza Berta Aguirre Vargas
Secretario



Ms. Any Berenice Córdova Chang
Integrante



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Juanita Analí Ponce Ramirez Nilson Ruonaldo Horna Menacho
Título del ejercicio: informe de tesis
Título de la entrega: "FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BANDEJAS BIODEGR...
Nombre del archivo: INFORME_DE_TESIS-PONCE-HORNA_OK.pdf
Tamaño del archivo: 2.74M
Total páginas: 90
Total de palabras: 20,620
Total de caracteres: 108,456
Fecha de entrega: 26-jul.-2023 09:08a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2137109083

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



"FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BANDEJAS
BIODEGRADABLES CON ALMIDÓN DE *Manihota Sculenta* Y
FIBRAS DE *Cynara Scolymus*"
TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR
Bach. JUANITA ANALÍ PONCE RAMIREZ
Bach. NILSON RUONALDO HORNA MENACHO

ASESOR
Dra. ELZA BERTA AGUIRRE VARGAS

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ
2023

DEDICATORIA

A Dios por darme la sabiduría, las fuerzas necesarias para adquirir conocimientos y guiarme en toda esta trayectoria que será indispensable en mi futuro.

A mi familia que me acompañó en este camino dándome su ejemplo de esfuerzo y dedicación, por inculcarme valores y su apoyo incondicional; en especial a mi madre, Cecilia Ramírez Gutiérrez, y mis hermanos, Isidro Ponce y Jhan Fabian.

A los profesionales que me brindaron su apoyo y aportaron a mi formación como profesional y como persona de bien, a mis amigos por su comprensión y apoyo en todo momento.

JUANITA ANALÍ PONCE RAMÍREZ

Primeramente, a Dios por brindarme la fortaleza necesaria para afrontar las adversidades en cada etapa de mi vida e iluminar mi camino para lograr mis metas.

A mis padres Ana Menacho Sotelo y Severino Horna Tiburcio que son los pilares de mi vida en cada paso que doy, me formaron como persona con valores, me brindaron todo su apoyo, comprensión y amor.

A mi hermano Edwin Horna Menacho, por bríndame su amor fraternal, ser mi soporte y mi compañero de vida.

A los docentes y amigos quienes compartieron sus conocimientos y experiencias en cada etapa de mi formación profesional, además me brindaron su amistad y comprensión para poder seguir adelante.

NILSON RONALDO HORNA MENACHO

AGRADECIMIENTO

Ante todo, a Dios, por brindarnos el valor y la fuerza para concluir esta etapa universitaria con éxito que será de mucha importancia para nuestro futuro.

A nuestros padres por su total apoyo, comprensión y motivación durante todo el periodo universitario.

A nuestra asesora Dra. Elsa Berta Aguirre Vargas por su orientación durante el desarrollo de la tesis, resolviendo interrogantes y brindándonos sus conocimientos y apoyo moral.

Al Ing. Raúl Siche, jefe del laboratorio de Procesos Agroindustriales de la Universidad Nacional de Trujillo, por permitirnos el uso de sus ambientes para el desarrollo de los análisis mecánicos de los envases.

A los analistas de la Universidad Privada Antenor Orrego: Dr. Jose Guillermo Gonzalez Cabeza, Hernado J. De la Cruz Vaca y Henry Eduardo Leon Leon, por el apoyo en la realización de los análisis de Difracción de Rayos X, Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier y Microscopía Electrónica de Barrido.

A la Dra. Delia Rita Tapia Blácido, jefa del Laboratorio de Biopolímeros Agroindustriales de la Escuela de Química, Facultad de Filosofía, Ciencias y Letras de la Universidad de São Paulo en Ribeirão Preto, Brasil, por el apoyo en la realización del análisis de termogravimetría y calorimetría diferencial de barrido.

A los maestros de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial y los responsables de los laboratorios, por apoyarnos en nuestra formación profesional compartiendo sus conocimientos y experiencias.

ÍNDICE

CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO DE TESIS	II
AVAL DEL JURADO EVALUADOR.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
INDICE.....	VI
I. INTRODUCCIÓN	12
II. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Plásticos	14
2.2. Bioplásticos.....	15
2.3. Biodegradabilidad	15
2.4. Envases Biodegradables.....	16
2.5. Yuca	17
2.6. Almidón	18
2.6.1. Amilosa	19
2.6.2. Amilopectina	20
2.6.3. Propiedades Físicas del Almidón	20
2.6.4. Almidón de Yuca	22
2.7. Alcachofa	23
2.8. Fibras Vegetales.....	24
2.9. Agentes Plastificantes	26
2.10. Termoformado	27
2.11. Espectroscopia de Infrarrojos por Transformada de Fourier (FTIR).....	28
2.12. Difracción de Rayos X (DRX).....	29

2.13. Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)	29
2.14. Análisis Termogravimétrico (TGA).....	30
2.15. Diseño Completamente Aleatorio	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS	32
3.1. Lugar De Ejecución	32
3.2. Materiales e Instrumentos	32
3.2.1. Materia Prima.....	32
3.2.2. Insumos	33
3.2.3. Reactivos	33
3.2.4. Equipos e Instrumentos.....	33
3.2.5. Materiales de Vidrio y Otros.....	34
3.3. Métodos de Análisis.....	35
3.3.1. Caracterización de la Materia Prima	35
3.3.2. Caracterización de las Bandejas Biodegradables	35
3.4. Metodología	40
3.4.1. Obtención del Almidón de Yuca.....	40
3.4.2. Obtención de la Harina de Brácteas de Alcachofa (HBA).....	43
3.4.3. Elaboración de las Bandejas	44
3.5. Diseño Estadístico.....	47
3.5.1. Análisis Estadístico	47
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1. Caracterización de la Materia Prima.....	48
4.1.1. Análisis Proximal del Almidón de Yuca.....	48
4.1.2. Análisis Proximal de las Brácteas de Alcachofa.....	48
4.2. Análisis Físicos de las Bandejas Biodegradables	49

4.3. Análisis Mecánicos de las Bandejas Biodegradables	54
4.4. FTIR	58
4.5. Difracción de Rayos X (DRX).....	61
4.6. Microscopia Electrónica de Barrido (MEB)	62
4.7. Análisis Termogravimétrico y Calorimetría de Barrido Diferencial (TGA y DSC).	64
V. CONCLUSIÓN	66
VI. RECOMENDACIONES	67
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
VIII. ANEXOS	80

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Composición media de las partes de la yuca.....	18
Cuadro 2: Formulaciones para la elaboración de las bandejas.	45
Cuadro 3: Parámetros de termoformado para cada tratamiento.....	46
Cuadro 4: Matriz experimental	47
Cuadro 5: Diseño experimental aleatorización	47
Cuadro 6: Composición química proximal por 100g del almidón de yuca blanca.	48
Cuadro 7: Composición química proximal por 100g de harina de brácteas de alcachofa. 49	
Cuadro 8: Parámetros de color (L*, a* y b*) de las bandejas.....	49
Cuadro 9: Valores de densidad, espesor, solubilidad, capacidad de absorción de agua, humedad y sólidos volátiles de las bandejas.	51
Cuadro 10: Valores de dureza, deformación, tensión y elongación.	55
Cuadro 11: Índice de Cristalinidad de las bandejas de bioespuma	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta de Yuca	17
Figura 2. Corte transversal de la raíz de la yuca.....	18
Figura 3. Estructura del gránulo de almidón.	19
Figura 4. Cambios del almidón por efecto de la temperatura.....	22
Figura 5. Sección vertical de la cabeza de una alcachofa.....	24
Figura 6. Estructura de la fibra natural	25
Figura 7. Diagrama de flujo de la obtención del almidón de yuca.....	41
Figura 8. Diagrama de flujo de la obtención de la harina de brácteas de alcachofa.	43
Figura 9. Diagrama de flujo de la elaboración de las bandejas.	45
Figura 10. Espectros de FTIR de bandejas de a) almidón de yuca (T1), b) bandejas de almidón de yuca y 5% HBA (T3) y c) almidón de yuca y 7.5% HBA(T4).....	59
Figura 11. Patrones de difracción de Rayos X de bandejas de almidón de yuca (T1) y bandejas de almidón de yuca y 5% HBA (T3) y 7.5% HBA(T4)	62
Figura 12. Imágenes de MEB de la sección transversal de bandejas de a) almidón de yuca (T1), b) bandejas de almidón de yuca y 5% HBA (T3) y c) almidón de yuca y 7.5% HBA(T4).	64
Figura 13. Termograma TGA y DSC de las bandejas de almidón de yuca y HBA	65

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de Varianza (ANOVA) de los Parámetros de Color L*, a*, b*	80
Anexo 2. Análisis de Varianza (ANOVA) de las propiedades físicas de las bandejas (Espesor, densidad, solubilidad, humedad, capacidad de absorción de agua y sólidos volátiles).	82
Anexo 3. Análisis de Varianza (ANOVA) de las propiedades mecánicas de las bandejas (Dureza, deformación, tensión y elongación).	85
Anexo 4. Obtención de del almidón de yuca	87
Anexo 5. Obtención de la harina de brácteas de alcachofa	88
Anexo 6. Elaboración de las bandejas	89
Anexo 7. Análisis de las propiedades de las bandejas	90

RESUMEN

El objetivo de éste estudio fue formular y caracterizar bandejas biodegradables a base de almidón de *Manihota Sculenta* y harina de brácteas de *Cynara Scolymus*. Se obtuvieron las harinas tamizadas a 125 μ m y se realizó el análisis proximal. Las bandejas formaron mediante el método del termoprensado con temperaturas de 195°C a 200°C y tiempo de 1.67min a 1.75min. Se evaluaron propiedades físicas, químicas, mecánicas y la biodegradabilidad de los envases empleando un diseño de un solo factor categórico, con un procedimiento de un Diseño Completamente al Azar (DCA). La caracterización física de las bandejas mostró que a mayor concentración de harina de brácteas de alcachofa (HBA), se visualizó colores rojizos y amarillo verdosos, menor espesor (2.37 \pm 0.19 a 2.88 \pm 0.09 mm), mayor densidad (0.16 \pm 0.03 a 0.24 \pm 0.01 g/cm³), aumentó la solubilidad (20.85 \pm 0.01 a 22.59 \pm 0.10%), mayor capacidad de absorción de agua (64.16 \pm 0.78 a 99.20 \pm 0.65%), mayor humedad (8.46 \pm 0.02 a 10.43 \pm 0.15%) y los sólidos volátiles (71.05 \pm 0.67 a 76.69 \pm 0.62%) se mantuvieron sobre el límite establecido (>50%). La caracterización mecánica muestra que HBA debilitó la resistencia mecánica de las bandejas obteniendo valores bajos de dureza (13.74 \pm 0.25 a 21.69 \pm 3.91N), deformación (6.43 \pm 0.25 a 8.06 \pm 0.68), tensión (0.01 \pm 0.8 a 0.03 \pm 0.63 Mpa) y elongación (0.48 \pm 0.07 a 1.90 \pm 0.11%). Los análisis de Espectroscopia de Infrarrojos por Transformada de Fourier (FTIR) mostraron que HBA provocó la disminución de intensidad en las bandas de 400⁻¹ a 2000cm⁻¹. El análisis de Difracción de Rayos X (DRX) mostró picos máximos para T1 en 2 θ 19.00°, T3 en 2 θ 20.96° y T4 en 2 θ 20.73°. Las micrografías de la Microscopia Electrónica de Barrido (MEB) mostraron el efecto de HBA formando bolsas de aire grandes y fusiformes. Los análisis de Termogravimetría (TGA) y Calorimetría de Barrido Diferencial (DSC) mostraron una estabilidad térmica de las bandejas favorable, siendo 310.84°C el pico de descomposición. Se concluyó que la bandeja T3 (95% almidón y 5% HBA) presentó las mejores propiedades físicas y mecánicas, favorables para el uso en alimentos sólidos.

Palabras Clave: Bandejas biodegradables, almidón, brácteas de alcachofa.

ABSTRACT

The objective of this study was to formulate and characterize biodegradable trays based on *Manihota Sculenta* starch and *Cynara Scolymus* bract meal. The flours were sieved at 125 μ m and proximate analysis was performed. The trays were formed by the thermo-pressing method with temperatures from 195°C to 200°C and time from 1.67min to 1.75min. Physical, chemical, mechanical properties and the biodegradability of the containers were evaluated using a single categorical factor design, with a completely randomized design (CSD) procedure. The physical characterization of the trays showed that the higher the concentration of artichoke bract meal (ABF), the more reddish and greenish-yellow colors, the lower the thickness (2.37 \pm 0.19 to 2.88 \pm 0.09 mm), the higher the density (0.16 \pm 0.03 to 0.24 \pm 0.01 g/cm³), increased solubility (20.85 \pm 0.01 to 22.59 \pm 0.10%), higher water absorption capacity (64.16 \pm 0.78 to 99.20 \pm 0.65%), higher moisture (8.46 \pm 0.02 to 10.43 \pm 0.15%) and volatile solids (71.05 \pm 0.67 to 76.69 \pm 0.62%) remained above the established limit (>50%). Mechanical characterization shows that HBA weakened the mechanical strength of the trays obtaining low values of hardness (13.74 \pm 0.25 to 21.69 \pm 3.91N), strain (6.43 \pm 0.25 to 8.06 \pm 0.68), tension (0.01 \pm 0.8 to 0.03 \pm 0.63 Mpa) and elongation (0.48 \pm 0.07 to 1.90 \pm 0.11%). Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) analyses showed that HBA caused the intensity decrease in the bands from 400-1 to 2000cm⁻¹. X-Ray Diffraction (XRD) analysis showed maximum peaks for T1 at 2 Θ 19.00°, T3 at 2 Θ 20.96° and T4 at 2 Θ 20.73°. Scanning Electron Microscopy (SEM) micrographs showed the effect of HBA forming large and fusiform air pockets. Thermogravimetry (TGA) and Differential Scanning Calorimetry (DSC) analyses showed favorable thermal stability of the trays, with 310.84°C being the peak decomposition. It was concluded that the T3 tray (95% starch and 5% HBA) presented the best physical and mechanical properties, favorable for use in solid foods.

Key words: Biodegradable trays, starch, artichoke bracts.

I. INTRODUCCIÓN

Los peruanos hemos sido consumistas de los plásticos derivados del petróleo usados para trasladar, contener y conservar los alimentos, la ONG Vida en su estudio indica que los residuos son arrojados al río y al mar y que el 45% de estos es plástico (Porrás, 2017). El problema radica en que estos componentes no se degradan si no, se descomponen para formar parte de la diversidad de flora y fauna en el mar, formando parte de ellas (Cruz, 2021). El compuesto más usado por su bajo costo para la elaboración de polímeros es el llamado “estireno”, de acuerdo con la Agencia Internacional de Investigación de Cáncer (IARC), Organización Mundial de la Salud (OMS), el estireno, poliestireno, polietileno y polipropileno son cancerígenos (Organización Mundial de la Salud, 2019) y pueden provocar leucemia o linfomas (Barreiro & Coronel, 2021).

En el Perú se establecieron regulaciones sobre el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables de poliestireno expandido para alimentos y bebidas de consumo humano mediante la Ley N° 30884 y el Decreto Supremo N° 006-2019-MINAM.

A consecuencia de la pandemia COVID-19 anunciado el 11 de marzo del 2020 por la Organización Mundial de la Salud, se restringió la circulación de personas, se cerraron locales, escuelas restaurantes, provocando mayor demanda de empaques para alimentos de un solo uso que brinden la seguridad e higiene, se ha calculado un crecimiento del 4,8% anual del poliestireno (EPS) del 2021 al 2028, de allí surge la necesidad de investigar y producir envases biodegradables que sean amigables con el medio ambiente y no generen problemas de reciclaje (Tapia-Blácido *et al.*, 2022).

Las bioespumas termoplásticas de almidón son una opción para sustituir los envases de EPS, pero es frágil e hidrofílico lo que afecta sus características físicas y mecánicas (Tapia-Blácido *et al.*, 2022). Es por ello que se vienen desarrollando investigaciones para mejorar sus propiedades con modificaciones de almidones, adición de insumos, recubrimientos,

compuestos bioactivos y fibras de residuos agroindustriales de diferentes materias primas. Algunas investigaciones en bandejas de bioespumas en Perú se han hecho de: almidón de camote y fibra extraídas de caña de azúcar (Yáñez, 2017), almidón acetilado de oca y fibras de peladilla de esparrago (Díaz, 2017), harina de cascarilla de mango y arroz más almidón de yuca (Ramírez, 2021), almidón de yuca y bagazo de caña (Barreiro & Coronel, 2021), fibra y almidón extraídos del pseudotallo de banano (Cruz, 2021), almidones de las semillas de palta y mango y fibras de semilla de palta. (Matos & Díaz, 2022).

Además de la yuca, en Ancash y la Libertad se cultiva alcachofa, este producto se exporta en gran cantidad a EE. UU, de ese proceso quedan las brácteas que representa el 70% de la alcachofa, no son comestibles y son usados para piensos de animales (Rodríguez, 2006), las eliminaciones de estos residuos generan costos de transporte o si son vendidos como tales no generan buenos ingresos, es por ello que se busca una nueva alternativa para aprovechar estos residuos que representan de 80% a 85% de toda la producción nacional de alcachofa (Mongle *et al*, 2019).

Mediante este trabajo de investigación se busca obtener un modelo ecoeficiente, fomentar la concientización de evitar el uso del plástico y dar valor agregado a los residuos de alcachofa de exportación como parte de la formación de un envase biodegradable.

La investigación tiene como objetivo general: formular y caracterizar bandejas biodegradables a base de almidón de *Manihota Sculenta* y fibras de brácteas *Cynara Scolymus* y como objetivos específicos: obtener almidón de yuca y harina de brácteas de alcachofa, caracterizar las materias primas, elaborar las bandejas biodegradables según el diseño, evaluar sus características físicas, mecánicas y su biodegradabilidad. Para ello se planteó la siguiente hipótesis: la formulación de la bandeja estará dentro de los rangos siguientes: entre (85 – 95%) de almidón de yuca y entre (5 – 15%) de harina de brácteas de alcachofa.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. PLÁSTICOS

El plástico, un material que puede ser moldeado, además se emplea para caracterizar cómo se comporta mecánicamente un material cuando es deformado, este proceso se denomina deformación permanente, son inmensamente importantes por su diversidad de propiedades, el bajo costo y ventajas en la producción de materiales ya que brinda un buen producto final con diversas formas (Hermida, 2011).

Los plásticos o también llamados polímeros, son moléculas grandes formadas por eslabones llamados monómeros formados fundamentalmente por carbono, hidrogeno y oxígeno, teniendo como enlace al covalente. Los polímeros son obtenidos a través de un proceso denominado polimerización y tienen estructuras diferentes según su formación, se clasifican en 3 grandes grupos: los termoplásticos, termoestables y elastómeros (Barreiro & Coronel, 2021).

Los termoplásticos son polímeros de cadena lineal y su comportamiento es de manera plástica a altas temperaturas, pueden recalentarse y nuevamente ser reformados sin alterar sus propiedades y ni tener cambios. Los termoestables también llamados termorrígidos son polímeros reticulados en forma de red, normalmente se fabrican por reacciones químicas, estos no pueden ser reprocesados luego de su formación, por ultimo están los elastómeros también llamados gomas, estas presentan muchas cualidades elásticas haciéndolos muy difícil de romper, recuperan su forma original cuando se le aplica la fuerza, su estructura es reticulada, pero en menor extensión que en los polímeros termoestables (Meira & Gugliotta 2022).

2.2. BIOPLÁSTICOS

Los biopolímeros, que forman a los bioplásticos, tienen origen natural producidos por organismos vivos, de acuerdo a su estructura y naturaleza se identifican tres tipos; polinucleótidos (masas moleculares muy altas), polipéptidos (proteínas) y polisacáridos (carbohidratos). Los biopolímeros más abundantes son la celulosa, el almidón y el glucógeno, además existen otros poliésteres de origen microbiano (Meira & Gugliotta 2022). En comparación de los productos obtenidos del petróleo como el polipropileno y poliestireno, el bioplástico tiene estructuras químicas amigables con el medio ambiente que forman parte del ciclo de la vida (CHON) y que pueden ser biodegradadas por bacterias, hongos y algas (Hermida, 2011).

El término bioplástico difiere del término plásticos biodegradables, este último proviene del petróleo y contiene aditivos que ayudan a poder degradarse, sin embargo, tardan alrededor de 200 años y no cumplen con la norma vigente internacional, mientras que el bioplástico si cumple la norma y el periodo de degradación es menor a un año, obteniendo como subproducto del proceso CO₂, agua y biomasa (Barreiro & Coronel, 2021). Los bioplásticos forman parte de las oportunidades estratégicas para el cuidado medio ambiental y las investigaciones relacionadas con el favorable impacto ambiental.

2.3. BIODEGRADABILIDAD

La NTP 900.080 (2015) indica que la biodegradabilidad es la descomposición de los compuestos químicos y orgánicos por microorganismos aerobios para producir dióxido de carbono, agua, sales minerales a partir de otros elementos existentes (mineralización) y una nueva biomasa, en otros casos los microorganismos anaerobios generan dióxido de carbono, metano, sales minerales y nueva biomasa y puede medirse a través de prácticas y tiempos estandarizados en condiciones de almacenamiento establecidas y controladas.

La Asociación de la Industria Bioplástica (AIB) indica la diferencia entre un material “degradable” y otro “biodegradable”. Los degradables solo se fragmentan en polímeros pequeños o microplásticos, mientras que los biodegradables se convierten en agua y dióxido de carbono por acción de microorganismos y enzimas (Peinado, 2015).

2.4. ENVASES BIODEGRADABLES

Están hechos con materia prima orgánicas provenientes de fuentes renovables, éstas en contacto con el medio ambiente, se degradan y se convierten en materia orgánica y nutrientes para las plantas u otros seres vivos (Matos & Días, 2022).

Las espumas termoplásticas de almidón son una buena opción para sustituir a los plásticos comunes, pero son poco resistentes e hidrofílicas y requieren recubrimientos de contacto directo con los alimentos que tengan una buena adherencia con el producto espumado (Shaikh *et al.*, 2021), además se vienen desarrollando investigaciones en envases moldeados con mezclas de polímeros, adición de aditivos, adición de nanopartículas orgánicas de residuos agroindustriales e inorgánicas como la hidroxiapatita (Callirgos, 2022), modificaciones de almidón y adición de compuestos bioactivos para mejorar las características mecánicas y morfológicas. La mezcla de los almidones con celulosas u otras fibras, las características mecánicas y físicas de los envases, debido a la similitud de las estructuras de sus moléculas, permiten que la matriz polimérica interactúe con la celulosa, sin embargo, se tiene que hacer un estudio de la concentración de estos componentes. (Tapia-Blácido *et al.*, 2021).

La espuma termoplástica se logra al romper los enlaces de hidrógeno que mantienen la forma granular del almidón. La creación de espuma consiste en vacíos gaseosos esféricos en una matriz densa, esta consta de 4 fases; la disolución del gas en el polímero, la nucleación, el crecimiento y la estabilización celular. La espuma polimérica formada depende de la morfología, la matriz y la composición del gas, así también de otros

factores reológicos, la densidad y la dispersión de los componentes (Tapia-Blácido *et al.*, 2021).

2.5. YUCA

La yuca (*Manihota Sculenta*) pertenece a la familia Euphorbiaceae y al género Manihot (Soto, 2012), se cultiva en climas cálidos, en las costas del Perú, ésta planta leñosa (Figura 1) y perenne posee una fuente de carbohidratos, reserva de energía para el consumo de las personas y los animales, en pequeños porcentajes se cultiva para la obtención de almidón, a pesar de que sus raíces tienen varias aplicaciones industriales por su componente principal que es el almidón (Pérez *et al.*, 2018).

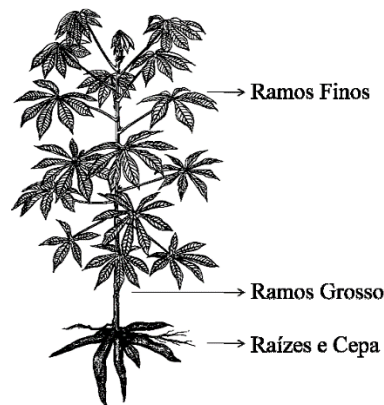


Figura 1. Planta de Yuca

FUENTE: Soto (2012).

La raíz de la yuca está compuesta por el peridermis, cáscara o cascarilla; parénquima cortical y el parénquima interior (pulpa). La película que se desprende con facilidad representa el 1 a 2 % del total, la cáscara representa un 12 a 20 % y la pulpa representa un 78 a 85% de la raíz total (Díaz, 2020). A través de un corte trasversal se aprecia las partes definidas de la yuca la corteza y el núcleo, donde la cáscara contiene menor cantidad de almidón que el núcleo ya que éste es menos fibroso (Figura 2). En general la cantidad de almidón extraído en fresco varía de 18 a 36% de las yucas cosechada (Gallego & García, 2015).

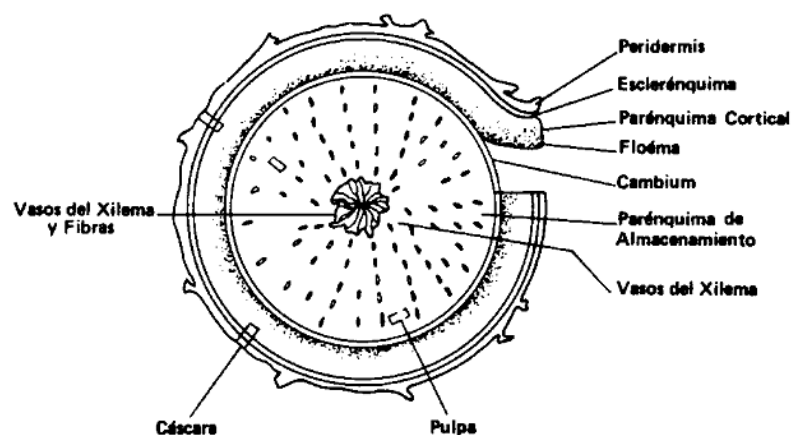


Figura 2. Corte transversal de la raíz de la yuca

FUENTE: Gallego & García (2015).

La yuca comparada con otros alimentos, es una buena fuente energética y contiene pocas cantidades de proteínas, vitaminas y minerales (Cuadro 1).

Cuadro 1: Composición media de las partes de la yuca.

Fracciones	Raíz completa		Corteza		Cilindro central	
	Húmeda	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	Seca
Humedad	61.0	-	72.0	-	59.0	-
Proteínas	1.2	3.1	1.5	5.4	1	2.4
Grasa	0.4	1.1	0.6	2.1	0.4	1.0
Carbohidratos	34.9	89.4	21.7	77.5	37.3	91.0
Fibra	1.2	3.1	2.1	8.9	1.1	2.7
Cenizas	1.3	3.3	1.7	6.1	1.2	2.9

FUENTE: Díaz (2020).

2.6. ALMIDÓN

El almidón está compuesto por macromoléculas de estructuras poliméricas, la amilosa que representa un 20% de los almidones y la amilopectina representa el 80%, ésta última es la responsable de la cristalización de los almidones (Figura 3). Las características comercialmente importantes del almidón (resistencia mecánica, flexibilidad) se diferencian de su región cristalina (relación de amilosa y amilopectina), por ende, también dependen de la variedad de la planta (Barreiro & Coronel, 2021).

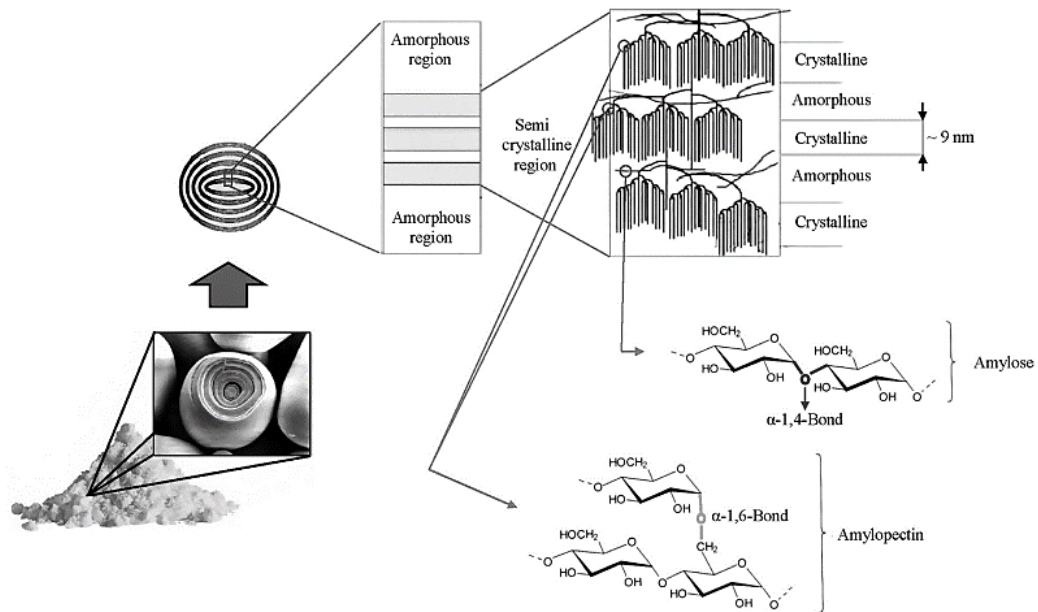


Figura 3. Estructura del gránulo de almidón.

FUENTE: O’neill C.O & Field R.A (2015, citados por Pérez & Agama-Acevedo (2017).

2.6.1. AMILOSA

Este polímero lineal estructurado con moléculas de glucosa, enlazados con α [1→4], la estructura contiene aproximadamente 1000 unidades de glucosa en cada molécula de amilosa con forma espiralada (Figura 3). La parte reductora de la macromolécula de la glucosa tiene el hidroxilo del carbono anomérico libre y la parte no reductora tiene el hidroxilo del carbono anomérico formando parte del enlace glucosídico. La gran cantidad de hidroxilos brindan afinidad por el agua al polímero (Isique & Sing, 2017). No obstante, estos polímeros lineales se agrupan mediante puentes de hidrógeno entre los hidroxilos de los polímeros adyacentes haciéndolos menos hidrofílicos, por lo tanto, su estructura permite formar películas fuertes. La unión intermolecular de las amilosas se le llama retrogradación. La amilosa crea complejos no solubles con otras moléculas entre ellas los alcoholes alifáticos y ácidos grasos lineales, el complejo siempre se cristaliza y se precipita.

2.6.2. AMILOPECTINA

Este polímero ramificado está constituido por eslabones lineales de 15 a 35 moléculas de glucosa unidas por enlaces α -D-(1→4). Las cadenas están unidas entre ellas por enlaces α -D-(1→6) formando puntos de ramificación. Los enlaces α -D-(1→6) ocupan al menos el 6% de la amilopectina que está constituida por más de 100 000 moléculas de glucosa. Su estructura permite formar significativos niveles de enlaces de hidrógeno, los que generan estabilidad ante la gelificación durante el almacenamiento de la amilopectina en soluciones acuosas. En comparación con la amilosa, estas no forman películas fuertes, ni complejos debido a sus partes lineales cortas (Isique & Sing, 2017).

2.6.3. PROPIEDADES FÍSICAS DEL ALMIDÓN

– **Cristalinidad.**

Se refiere al orden en las cadenas de amilosa y amilopectina formando capas alternas de regiones amorfas (Martínez, 2021). La forma de esta estructura afecta en la humedad, el color y las propiedades mecánicas de un producto elaborado, como es el caso de la formación de las bandejas (Matos & Días, 2022). El almidón contiene de 15 a 45% de cristalinidad y se puede ser de tipo A (23-29 unidades de glucosa), B (30-44 unidades de glucosa) y C (mezcla de A más B), en el caso del almidón de yuca puede ser de tipo A y/o C. Para determinar la cristalinidad de un almidón se usa la Difracción de Rayos X (DRX) y la resonancia nuclear (NMR) (Montiel, 2020), ambos métodos físicos.

– **Solubilidad en agua fría.**

El almidón es poco soluble debido a su compleja estructura, la solubilidad está sujeta a la cantidad de polímeros en el medio (Adame, 2019). La agitación mecánica afecta las zonas cristalinas dando lugar a una mayor interacción del

granulo de almidón con el agua, generalmente la solubilidad es mayor en productos con procesos térmicos menor a 80°C (Matos & Días, 2022).

– **Absorción de agua.**

El almidón puede absorber agua hasta quedar en equilibrio con el medio que lo rodea, el granulo de almidón se hincha y ocurre la separación de fases de sus componentes y se produce la lixiviación de amilosa (Martínez, 2021).

– **Poder de hinchamiento.**

Esta propiedad se relaciona con el contenido de amilosa y amilopectina, es así que mientras menos amilosa menor es el poder de hinchamiento y la fuerza del gel (Jane,2006). El poder de hinchamiento es irreversible en aumentos mayores al volumen del 30% en por ello que tiene grandes aplicaciones industriales (Martínez, 2021).

– **Gelatinización**

La composición, las características físicas y el origen del almidón influyen en la gelatinización (Schmiele *et al.*, 2019). A ciertas temperaturas y en presencia de agua se pierde la estructura cristalina, sin embargo, a cantidad mayores de amilosa se logra formar geles más firmes (Martínez, 2021). El almidón de yuca gelatiniza a temperaturas altas cerca de los 70°C (Duarte-Casar, 2022).

– **Viscosidad**

La concentración del almidón y la temperatura de gelificación influyen en la viscosidad, es así que al aumentar la temperatura hay mayor absorción de agua y el gránulo se hincha y aumenta su volumen, primero se hidrata la parte amorfa luego la cristalina (Adame, 2019). El mayor contenido de amilosa forma geles con mayor claridad y los gránulos más grandes generan una viscosidad más alta (Matos & Días, 2022).

– Temperatura de plastificación

Cuando la temperatura sobrepasa la temperatura de gelatinización, provoca que el grano de almidón hinchado se rompa (Adame, 2019), destruyendo los enlaces de hidrógeno entre las moléculas de almidón, en consecuencia, se forman enlaces de hidrógeno con algún plastificante añadido, obteniendo así un almidón termoplástico (Sánchez & Valdez, 2019).

– Retrogradación

Este es un proceso de insolubilización y precipitación principalmente de la amilosa. La retrogradación empieza por la dilatación de las cadenas, pierde el límite de agua y finalmente forma puentes de hidrógenos entre moléculas. Se ve afectada por la concentración, el tipo de enfriamiento, el pH, presencia de algunas sales, lípidos, proteínas y polifenoles (Martínez, 2021).

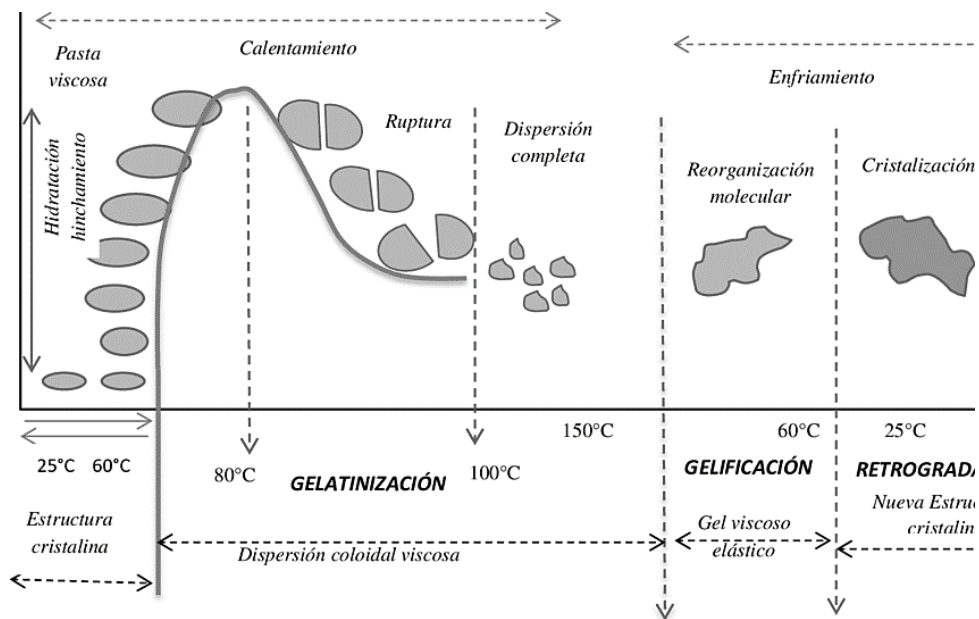


Figura 4. Cambios del almidón por efecto de la temperatura.

FUENTE: Ángeles (2015).

2.6.4. ALMIDÓN DE YUCA

El principal componente de la yuca (almidón), tiene presencia como gránulos y se obtiene por procesos mecánicos. El almidón nativo necesita de calor para su

hidratación, ya que éste es insoluble en agua lo cual presenta una limitante para su industrialización. La hidratación va a depender del pH, la temperatura y el tiempo. La hidratación a temperaturas altas permite observar compuestos de color claro y sabor suave que al enfriarse se forma un gel débil. Las condiciones ácidas pueden afectar sus características espesantes (Barreiro & Coronel, 2021).

El almidón de yuca cuenta con alrededor de 0.32 % de proteína, 0.12% de grasa, 0% de fibra, 0.09% de cenizas, 11.50% de humedad, 87,97% de carbohidratos, un pH de 5, acidez total titulable 1,29% (Júnior *et al.*, 2021) y de 17 al 22% de amilosa (Mendoza *et al.*, 2021). La unión de amilosa y amilopectina se da mediante los enlaces de hidrógeno entre los grupos alcohólicos, moléculas de agua, produce la creación de zonas cristalinas y amorfas (Isique & Sing, 2017).

2.7. ALCACHOFA

Es una planta hortense, familia de las compuestas; su raíz es fusiforme, tallo estriado y ramoso, hojas esponjosas y la flor comestible. Se consume fresca o mínimamente procesada, la parte consumible es la flor que está compuesta por hojas carnosas (brácteas) internas junto con la parte superior denominado pedúnculo. Cada planta produce una cabeza o flor y 2 a 3 subcabezas, dado a que se consume solo el corazón de la cabeza los residuos o desechos ascienden a representar entre el 80 a 85% de la planta (San José Barrero, 2018). Según Altavista *et al.* (2020) estima que la porción consumible de la cabeza floral es del 36% de ésta y un 15% del resto de la planta. Las hojas y el tallo son ricos en fibra, pues casi el 50% de la planta no es aprovechada para la industrialización. La cabeza floral de la alcachofa no tiene espinas, tiene brácteas externas, estáster, corazón y tallo (Figura 5).

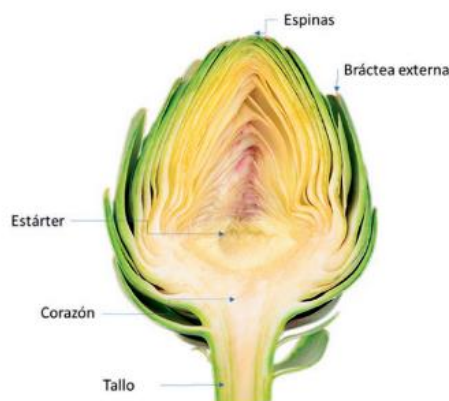


Figura 5. Sección vertical de la cabeza de una alcachofa.

FUENTE: Altavista *et al.* (2020)

Desde el punto de vista nutricional la alcachofa tiene un alto contenido de compuestos fenólicos, fibra dietética (FD) entre otros minerales que hacen posible su beneficio nutricional. Ese producto tiene un 3 % de proteínas y de lípidos (<0,3 %), 1,65 % de cenizas y de carbohidratos 16% y un buen contenido de fibra (5,5 %), además, contiene macrominerales como: 360mg de K y 50 mg de Ca por cada 100 g de muestra (Romani *et al.*, 2006) y microminerales tales como: 1.5 mg de Fe y 26.2 mg de Zn por cada kilogramo (Pandino *et al.* 2011) y 10 mg/100 g de vitamina C (Gil-Izquierdo *et al.*, 2001). Los residuos de la alcachofa tienen compuestos importantes para aprovechar, uno de ellos es la fibra que se puede aprovechar para la alimentación humana como en la fabricación de celulosa. “Las brácteas externas de la alcachofa tienen altos valores de fibra total próximos al 60%, siendo un 52% fibra insoluble y 8% de fibra soluble”. (Monge *et al.*, 2019, pág.7).

2.8. FIBRAS VEGETALES

Las fibras vegetales contienen elementos importantes para la industria textil, papelera y alimentaria, su impacto ambiental es mínimo ya que son biodegradables. Estas fibras se componen de polisacáridos que hacen rígida y flexible a la pared celular (Osorio & Rubiano, 2019). la adición o mezcla con otros polímeros biodegradables refuerza la

matriz polimérica y se obtiene un producto con buenos atributos técnicos, sostenible y enmarcado en la economía circular (Posada & Montes, 2021), sin embargo, se debe estudiar la homogeneización de las propiedades de la fibra, el grado de polimerización y cristalización, la unión entre la fibra y la matriz, la repelencia a la humedad y las propiedades ignífugas (Mukherjee & Kao, 2011).

Las fibras naturales se componen de lignina, celulosa y hemicelulosa, en la celda primaria se sitúan las microfibrillas de celulosa con una determinada dirección. La fibra tiene un diámetro de 10 μm y la microfibrilla de 2 a 20 nm, estas últimas están compuestas de 30 a 100 moléculas de glucosa (Figura 6). En las celdas secundarias la cantidad de celulosa es mayor y la lignina menor, mientras que la hemicelulosa no varía (Pozo Morales, 2019). Existe fibra dietética soluble (FDS) y fibra dietética insoluble (FDI). Dentro de la insoluble tenemos a la celulosa, la hemicelulosa y la lignina, absorben poca agua, brindan rigidez y resistencia. Dentro de las solubles están las pectinas, gomas, mucílagos, ciertas hemicelulosas, polisacáridos de algas y celulosa modificada, éstas absorben mayor cantidad de agua y forman geles (Matos & Díaz, 2022)

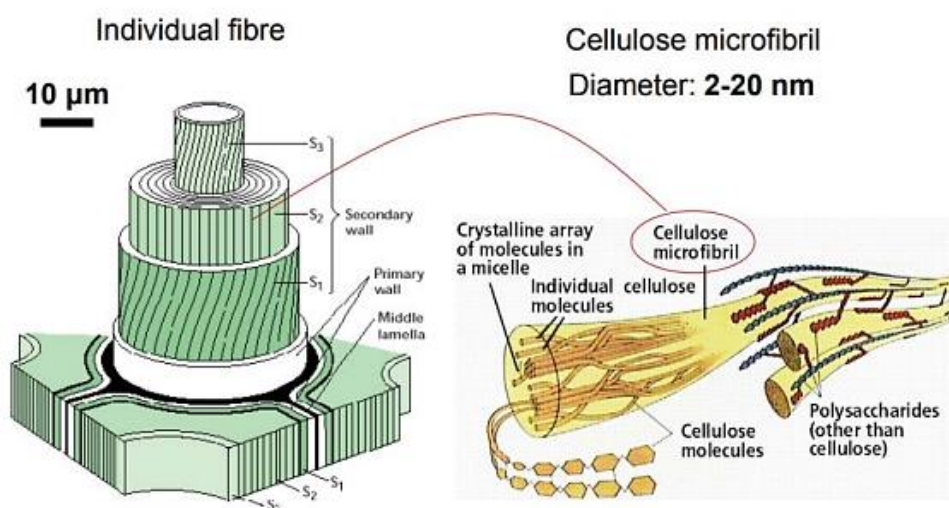


Figura 6. Estructura de la fibra natural

FUENTE: Pozo Morales (2019).

2.9. AGENTES PLASTIFICANTES

La IUPAC define un plastificante como “una sustancia o material incorporado en un plástico o elastómero capaz de aumentar su flexibilidad, trabajabilidad o distensibilidad” (Dalagnol, 2019).

Los biopolímeros solos no tienen buenas propiedades mecánicas, es por ello que se usa plastificantes como aditivos para mejorar estas propiedades de los envases. Los plastificantes son compuestos no volátiles de bajo peso molecular, se interponen entre las cadenas macromoleculares al disminuir sus fuerzas secundarias y aumentan el volumen y el movimiento macromolecular, en consecuencia, disminuyen la interacción entre polímeros y facilitan la creación de enlaces de hidrógeno en las macromoléculas, en efecto hay mejor rendimiento mecánico del polímero (Moeini *et al.*, 2021). Los plastificantes que más se usan en los biopolímeros son: glicerol, sorbitol, polientilengicol, ácidos grasos y aceites esenciales.

Cruz-Tirado *et al.*, (2019) formularon envases de espuma a base de almidón (100g), agua (100g), glicerol (6.25g) de plastificante y estearato de magnesio (7.5g) de intermediario de liberación, desmoldante o emulsionante. Por su lado Versino *et al.* (2021) usaron el glicerol como plastificante, goma guar como estabilizante de la suspensión y el estearato de magnesio como agente desmoldante para a la elaboración de materiales biodegradables expandidos de la industria aceitera. Nandi & Guha (2018, citado por Lara-Gomez *et al.*, 2022) proponen usar goma guar como un endurecedor en proporciones adecuadas con el almidón y el glicerol, la goma guar como insumo mejora la resistencia a la tracción, pero no las propiedades de barrera de vapor de agua. Benlarbi (2022) usó goma guar y estearato magnésico en una razón de 1 g/100 g de harina o almidón para el desarrollo de bandejas tipo espuma.

El glicerol ($C_3H_8O_3$) es un triglicérido de grasa o aceite, consta de glicerol y tres cadenas largas de ácidos grasos unidas a cada grupo funcional hidroxilo del glicerol, se encuentra en la categoría de alcohol polihídrico por su estructura química: por la existencia de tres grupos hidroxilo dentro de una molécula de glicerol, su punto de ebullición es a $290^\circ C$, es semivolátil y actúa como agente plastificante de biopolímeros, principalmente de películas de almidón, reduce la cercanía de las cadenas de almidones, mejora la flexibilidad, reduce la fragilidad y aumenta la resistencia mecánica de la bioespumas (Ben *et al.*, 2022). El uso del plastificantes naturales reducen la ruptura de la pared celular y ayuda a formar células elípticas uniformes (Kahvand & Fasihi, 2020).

La goma guar es un biopolímero no iónico de origen vegetal extraída de la planta de leguminosa *Cyamopsis tetragonolobus*, tiene propiedades estabilizantes, aglutinantes, espesantes, es biocompatible y biodegradable (Khan *et al.*, 2021). El estearato magnésico ($Mg(C_{18}H_{35}O_2)_2$) es un agente desmoldante para evita que la bandeja se pegue en el molde de la termoprensa (Machado *et al.*, 2019).

2.10. TERMOFORMADO

El termoformado se basa en precalentar una termoprensa a una temperatura por encima de la temperatura de ebullición del agua en ambas placas, estas dos placas forman un molde a las que se untan con desmoldante para un correcto moldeado, se coloca en la placa inferior la masa preparada y a través de un sistema con presión hidráulica se sellan las dos placas y se hornea (Meng *et al.*, 2019). En este proceso el agua se evapora rápidamente y genera la formación de espumas que se expanden hasta llenar el molde, finalmente el agua residual se evapora y la bioespumas se seca y toma forma del molde. Las temperaturas más usadas van desde 180 y $250^\circ C$ y el tiempo de 125 a 300 segundos (Días & Acuña, 2022).

El termoformado al vacío es asistido por una bomba de vacío que genera una presión negativa dentro del molde y apega el material de acuerdo a la forma del molde, el aire que circula dentro se libera con la fuerza de vacío, mientras que, en el termoformado a presión, el espacio de presión genera presión positiva, echando la lámina hacia el interior del molde, ésta posee cuatro orificios de ventilación de aire que queda dentro, para así de esa manera evitar formados deficientes. Los moldes opuestos (macho-hembra) con contornos similares opuestos se unen obligando que la lámina tome forma del molde (Mattos & Días, 2022).

2.11. ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJOS POR TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)

Ésta es una técnica rápida y no destructiva (Pallone *et al.*, 2018) para análisis cualitativo y cuantitativo de muestras complejas, sin requerir su separación, mapeo de su composición química y estructural (Dominguez-Perez *et al.*, 2019). A través de un espectrofotómetro se emite una luz infrarroja que pasa a través de la muestra, ésta absorbe algunas longitudes de onda y las restantes son leídas por el detector, se aplica la transformada de Fourier y se obtiene un espectro como resultado (Orsini & Aparicio, 2021).

Se fundamenta en dos principios: el primero se fundamenta en la polaridad de un enlace químico ($+\delta-\delta-$) en una molécula estructurada con enlaces covalentes, en el caso de que μ no es igual a cero, es probable absorber radiación IR” (Mattos & Días, 2022) y el segundo es la frecuencia vibratoria molecular donde se logra evaluar si existen grupos funcionales de una muestra específica (carboxilos, carbonilos e hidroxilos) dado que cada grupo vibra de modo característico y ésta sensibilidad es la base de la espectroscopia IR, las respuestas de las moléculas a la absorción de energía son las vibraciones; estiramiento

y acortamiento de enlaces, apertura y cierre (flexión) de los ángulos de enlace (Orsini & Aparicio, 2021).

La radiación infrarroja es electromagnética con longitudes de onda más amplias que la luz visible (780 a 50 μm) (Marquez, 2022). Según Orsini & Aparicio (2021) las longitudes de onda van desde $12\,500\text{ cm}^{-1}$ a 10 cm^{-1} del espectro electromagnético, a la vez la región se fracciona en zonas: infrarrojo cercano ($12\,500\text{ cm}^{-1}$ a 4000 cm^{-1}), infrarrojo medio (4000 cm^{-1} – 200 cm^{-1}) e infrarrojo lejano (200 cm^{-1} - 10 cm^{-1}), se resalta intervalo de 4000 – 1600 cm^{-1} , porque en esta zona se detectan vibraciones características de grupos funcionales específicos, mientras que la zona de 1500 – 500 cm^{-1} se encuentran huellas digitales, pues aquí es donde el patrón de señales muestra un mayor cambio entre un compuesto y otro.

2.12. DIFRACCIÓN DE RAYOS X (DRX)

Es una técnica para detectar las fases cristalinas que se encuentran en las muestras y otras peculiaridades microestructurales, permite diferenciar los distintos patrones de una estructura cristalina en los gránulos de almidón. La ley de Bragg determina la relación entre la difracción de Rayos X y el medio cristalino, de donde se obtiene un valor único y preciso del ángulo de incidencia para el que tiene lugar la reflexión del haz (Sánchez & Valdez, 2019). La ley de Bragg se representa por la siguiente ecuación (García, 2021):

$$2d\text{Sen}\theta_g = n\lambda$$

En este caso θ_g representa el ángulo de Bragg, n es el orden de la reflexión y $2d$ la distancia que existe entre plano y plano.

2.13. MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (MEB)

Ésta es una metodología empleada para la caracterización morfológica de materiales, tanto estructuras superficiales e internas con imágenes de alta profundidad de enfoque y tridimensionales (Sánchez & Valdez, 2019).

En este método se acelera una nube de electrones en presencia de vacío aplicando el voltaje de aceleración que se centra en la muestra y se escanea a lo largo de un patrón de líneas paralelas, un generador de barrido produce el movimiento del haz y barre la muestra de punto a punto, como parte final, esta interacción genera varias señales que se recogen para formar una imagen según los detectores específicos para cada señal (Condori, 2020).

2.14. ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO (TGA)

Este análisis mide la pérdida de masa de un material con efecto de la temperatura y el tiempo en una atmósfera controlada mediante una termobalanza, la disminución de masa se producirá con la pérdida de disolvente/agua y cuando se formen productos de degradación volátiles (Moseson *et al.*, 2020). Es una técnica rápida y precisa para evaluar la descomposición térmica y su cinética de sólidos. Se evalúa la estabilidad térmica y se puede ver a qué temperatura el material empieza a degradarse, los polímeros se degradan mayormente a los 200°C, pero algunos soportan temperaturas de hasta 300°C al ambiente y hasta 500°C en atmósferas inertes (Ramos, 2021).

2.15. DISEÑO COMPLETAMENTE ALEATORIO

Este diseño se basa en la asignación de los tratamientos a las unidades experimentales de manera completamente aleatoria. Este diseño es sencillo y eficaz, donde se usa k tratamientos, destinándolos cada uno al azar a n unidades experimentales; para cada unidad se selecciona al azar un número entre 1 a k para elegir qué tratamiento debemos emplear en esa unidad experimental. Si no existen obstáculos, con excepción del requerimiento de igual número de unidades (Camani, 2017).

El modelo matemático para este diseño de un solo factor es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = resultado observado con el tratamiento i en la repetición j

μ = media general

τ_i = efecto del tratamiento i ; $i=1,2,3 \dots, t$

ε_{ij} = término del error asociado al tratamiento i la repetición j

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación se desarrolló en los laboratorios de:

- Universidad Nacional del Santa
 - Laboratorio de Microbiología y Toxicología de Alimentos
 - Laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales
 - Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial (IITA)
 - Planta Piloto
- Universidad Nacional de Trujillo
 - Laboratorios de Procesos Agroindustriales.
- Universidad de São Paulo sede- Ribeirão Preto
 - Laboratorio de Biopolímeros Agroindustriales de la Escuela de Química de la Facultad de Filosofía, Ciencias y Letras

3.2. MATERIALES E INSTRUMENTOS

3.2.1. MATERIA PRIMA

En la elaboración de las bandejas biodegradables se usaron dos tipos de materias primas:

- Almidón de yuca blanca (*Manihot Sculenta*): variedad huayro, obtenida en el Mercado Mayorista “La Perla” – Chimbote, de procedencia de los valles de Nepeña – Ancash. Cantidad: 50 Kg.
- Harina de brácteas de alcachofa (*Cynara Scolymus*) (HBA): variedad americana criolla, recolectadas en la empresa Virú S.A.C., de procedencia Virú – La Libertad. Cantidad: 30 Kg.

3.2.2. INSUMOS

- Goma guar: Vida Médica S.R.L, Lima.
- Glicerol ($C_3H_8O_3$): CALBIOCHEM, Canadá
- Estearato de magnesio ($Mg(C_{18}H_{35}O_2)_2$): Lima
- Desmoldante de grado alimentario (PURALIX): Lima.

3.2.3. REACTIVOS

Los reactivos para los análisis de la materia prima fueron: éter etílico ($(C_2H_5)_2O$), sulfato de cobre pentahidratado ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$), sulfato de sodio (Na_2SO_4), ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4), hidróxido de sodio (NaOH 36 %, 0.275 N), ácido clorhídrico (HCl 0.1 N, 0.325 N), anaranjado de metilo ($C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$), carbonato sódico (Na_2CO_3), rojo de metilo ($C_{15}H_{15}N_3O_2$), alcohol etílico de (C_2H_6O 96°, 78°, 50°), buffer fosfato 0.08M pH 6.0 (fosfato di básico de sodio anhidro y fosfato monobásico de sodio monohidratado), celite (CNa_2O_3) y las enzimas: α -amilasa, proteasas y amiloglucosidasa (α -1,4 glucohidrolasa).

3.2.4. EQUIPOS E INSTRUMENTOS.

- Balanza: Marca OHAUS, modelo RANGER 3000.
- Licuadora Industrial: Marca SINCO, modelo Bertex, capacidad 15 litros.
- Horno Rotatorio: Marca NOVA, modelo MAX-1000.
- Molino de Impacto: Marca IKA-WERKE, Modelo M20.
- Balanza de precisión: Marca PRECISA, modelo LX 4200C.
- Secadora de Bandejas: Marca TORRH, modelo SST-10X10.
- Módulo de Molienda: Marca TORRH, modelo MDNT-60XL.
- Tamizador: Marca FRITSCH, modelo ANALYSETTE 3 PRO.
- Batidora mecánica: Marca IMACO, Modelo HM 505.
- Balanza Analítica: Marca PRECISA, Modelo LX 220A.

- Estufa de secado: Marca POL-EKO-APARATURA, modelo SLW 115STD
- Mufla: Marca THERMOLYNE, Serie 347034984, Procedencia Americana.
- Sistema Extractor de Grasas (Soxhlet): Marca FOSS, modelo SOXTEC, procedencia China.
- Equipo Kjeldahl : Marca Foss, modelo Kjelttec 8100, de procedencia Americana
- Analizador de Fibra: Marca Foss, modelo Fibertec TM E, procedencia americana,
- Termoprensa: Marca: RELES, modelo: MS3 Digital.
- Colorímetro: Marca Shenzhen Kingwell Instruments Co, modelo JZ-300, procedencia China.
- Micrómetro manual (Inoxidable, 0-150 mm): Marca Mitutoyo, modelo 1402, procedencia Perú.
- Shaker: Marca SOLAB, model SL222, procedencia Brazil.
- Analizador de textura: Marca Micro System, modelo TA. HD Plus, procedencia: Reyno Unido.
- Microscopio Electrónico de Barrido: Marca Tescan, modelo Vega 3 LMU.
- Equipo modelo Nicolet IS50, marca Thermo Scientific, procedencia EE.UU.
- Difractómetro de rayos X: Marca D8 ADVANCE eco-Brunker, procedencia Trujillo, Perú.
- Termogravimétrico: TGA-Q500 thermogravimetric analyzer, TA 165 Instruments, procedencia USA.

3.2.5. MATERIALES DE VIDRIO Y OTROS

Se utilizó vasos de precipitación (500ml; 250ml), disecador, pipetas de (1ml; 2ml, 5ml; 10ml), matraz erlenmeyer (100 ml, 200ml,250ml), bureta (50ml) placas petri, fiola (1000 ml), crisoles, agua destilada, bolsas herméticas de polietileno, cuchillos, cúter,

recipientes de acero inoxidable, coladores, guantes, pinzas, espátulas, regla (30cm) y papel toalla.

3.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

- Humedad: método estándar 950.46 A.O.A.C. (2005)
- Proteína: método estándar 984.13 A.O.A.C. (2002)
- Grasa: método estándar 2003.05 A.O.A.C. (2005)
- Ceniza: método estándar 942.05 A.O.A.C. (2005)
- Fibra: método enzimático-gravimétrico estándar 985.29 A.O.A.C. (1995), adaptado de (Prosky *et al.*, 1988).
- Los carbohidratos se determinaron restando del 100%, las sumas de los otros componentes con la siguiente ecuación:

$$\%C = 100 - (\%Humedad + \%Proteínas + \%Grasa + \%Cenizas + \%Fibra)$$

3.3.2. CARACTERIZACIÓN DE LAS BANDEJAS BIODEGRADABLES

- **Color**

El color de las bandejas se evaluó con el método CIELAB usado por Salgado *et al.* (2008) donde los parámetros son L* (0-100) de negro a blanco, a* (+a-(-a)) de rojo a verde y b* (+b-(-b)) de amarillo a azul, para ello se usó un colorímetro calibrado, donde las muestras de las bioespumas se colocaron sobre la placa de vidrio con fondo blanco. El análisis se ejecutó tres veces y se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$Color = \sqrt{(L *)^2 + (a *)^2 + (b *)^2}$$

– **Espesor.**

Se cortó tiras de 50 x 50 mm de la muestra para medir el espesor(mm) con un micrómetro manual, en 4 puntos diferentes con un micrómetro manual. El análisis se ejecutó tres veces por cada formulación (Mello & Mali, 2014).

– **Densidad.**

Las muestras fueron cortadas con dimensiones de 100mm x 25 mm, posteriormente se halló el volumen (cm³) multiplicando sus dimensiones y se pesó para hallar su masa (g). La densidad se halló con la siguiente ecuación (Shogren *et al.*, 1998, como se citó en Amaya, 2017):

$$Densidad (g/cm^3) = \frac{masa}{volumen}$$

– **Solubilidad**

Siguiendo el método de Gontard *et al.* (1992), por cada muestra se pesó 1 muestra rectangular de la bandeja de 12.5mm x 50mm y se sumergió en un matraz Erlenmeyer con 100 mL de agua destilada. Luego los matraces se agitaron constantemente a 25°C, 200 rpm por 24 horas en un baño maría con agitación (shaker). Finalmente, las muestras se pasaron por papel filtro para filtrarlas y la materia no solubilizada se puso a secar en una estufa de circulación forzada a 105°C durante 24 horas para luego pesarla. La solubilidad se calculó con la siguiente ecuación:

$$Solubilidad(\%) = \left(\frac{m_o - m_f}{m_o} \right) * 100$$

Dónde: m_o es la masa inicial de la muestra y m_f es la masa de la materia seca no solubilizada

– **Capacidad de Absorción de Agua**

Este análisis se ejecutó siguiendo el método COBB (NBR NM ISO 535, 1999). Se cortaron muestras de 25mm x 50mm para pesarlas antes de sumergirlas en agua

destilada por un tiempo de 60 segundos. Al retirarlas del agua se retiró el exceso de agua con papel y se pesó nuevamente (Callirgos, 2022) La capacidad de absorción de agua se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$\text{Capacidad de Absorción de Agua (WACC, \%)} = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso Inicial}}{\text{Peso Inicial}} \times 100$$

– **Humedad**

Éste análisis se realizó de acuerdo al método estándar 950.46 A.O.A.C. (2005), donde se colocaron 3 g de muestra a 105°C en una estufa por 3 horas, obtener su peso final.

– **Sólidos Volátiles**

Los sólidos volátiles se determinaron de acuerdo a la técnica 2540G (Standard Methods, 1989). Se pesó 1 g de la muestra en una cápsula y se llevó a secar a una estufa a 103 -105°C, hasta tener un peso constante, luego se enfrió en un desecador para luego registrar su peso. La cápsula con el residuo se llevó a una mufla a 550 +- 50°C por 20 min aproximadamente, luego se enfrió en un desecador para registrar nuevamente su peso.

$$\% \text{ sólidos volátiles} = \frac{W_s - W_c}{W_s} \times 100$$

Donde:

W_s: Peso de la muestra seca a 105°C

W_c: Peso de la muestra calcinada a 505°C

– **Propiedades mecánicas**

Los ensayos de tracción: resistencia a la tensión y elongación máxima a la rotura se aplicó el método ASTM D828 descrito por Mello & Mali (2014). Se cortó tiras con dimensiones de 80 mm por 25 mm. Para realizar las pruebas se utilizó el texturómetro TA. HD Plus (Stable Micro System, Surrey, Reino Unido) con una

celda de 100 kg de carga, utilizando una distancia de deformación de 20 mm, con una velocidad de 0,5 m/s. El análisis se realizó por triplicado para cada tratamiento. Los ensayos de perforación: dureza y deformación se desarrollaron en el mismo texturómetro (TA. HD Plus), para ello se cortaron moldes de 50 mm x 50mm y se usó una sonda esférica P/5S, de 15 mm de distancia de deformación y el soporte HDP/FSR con una velocidad de penetración de 1 m/s. El análisis se realizó por triplicado para cada tratamiento.

– **Espectroscopia de Infrarrojos por Transformada de Fourier (FTIR)**

A. Preparación de muestra

Las bandejas biodegradables fueron transportadas en bolsa de polipropileno al vacío. De cada muestra se extrajo un fragmento aproximadamente 5 g, las cuales fueron secadas a una temperatura de 40°C por un espacio de 2 horas y luego fueron pulverizadas. Se colocaron aproximadamente 200mg de la bandeja al equipo FT-IR-ATR. Finalmente se hizo la lectura en el equipo.

B. Condiciones de lectura de la muestra en el FT-IR-ATR

El equipo se encontró en condiciones ambientales de temperatura de 20°C, con una humedad relativa menor a 60%. El laboratorio donde se encuentra el equipo cuenta con pozo tierra donde tiene aproximadamente 5 Ω , dándole de esa manera una estabilidad en la disipación de la corriente eléctrica estática. El equipo cuenta con estabilizadores UPS, que son unidades que sirven para estabilizar la gradiente del voltaje, en caso hubiera en el ambiente.

La evaluación de los grupos funcionales que componen las bioespumas se obtuvo FTIR, utilizando un equipo Nicolet IS50, Thermo Scientific, EE.UU.). El rango del número de onda fue de 400-4000 cm^{-1} , con ayuda de la reflectancia total atenuada (ATR).

– **Difracción de Rayos X (DRX)**

El análisis de difracción se realizó en un difractómetro de rayos X (D8 ADVANCE eco - Bruker, Trujillo, Perú) a temperatura ambiente que funcionaba a 30 kV y 10 mA con radiación de cobre $K\alpha$ a longitud de onda ($\lambda=1.54060 \text{ \AA}$) a través de una ventana de divergencia cuya rendija fue de 0.06 mm colocada en el camino del haz incidente. Los datos se recogieron en un rango angular de 5 a 60° en una escala de 2θ , y tamaño de paso de $0,02^\circ$. El índice de cristalinidad (%) se estimó cuantitativamente como la relación entre el área cristalina y el área total del difractograma; se siguió el método de Nara y Komiya [1993], y se utilizó el software DIFFRAC.SUITE EVA V4.1.1. Para el cálculo del índice de cristalinidad se utilizó la siguiente ecuación:

$$IC = (1 - I_2 \times I_1) \times 100 \quad (11)$$

Donde, I_1 : Intensidad máxima referente al pico cristalino

I_2 : Intensidad referente al pico amorfo.

– **Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)**

Se cortó tiras de manera transversal, luego se pasó a una unidad de vacío que contenía una fibra de carbón, donde a presión de vacío de 10^{-2} atmósferas, se enciende la unidad de carbón, equipo de recubrimiento oro-carbón marca SPI-MODULE Carbón Coater, cuya unidad calienta la fibra de carbón en modo continuo a una corriente de 3 amperios (posición 4 de la manija de voltaje) durante 15 segundos en el que se apaga el modo continuo. Se colocó la perilla de voltaje en la posición 8 y se colocó la unidad de carbón en la posición derecha y se presionó el botón de deposición (PULSE) y finalmente se apagó el equipo. En seguida se ventiló la cámara y la muestra pasó al Microscopio Electrónico e Barrido

(TESCAN, modelo Vega 3 LMU) para su respectivo análisis con una aceleración de voltaje de 20KV con un nivel de aumento de 50x.

– **Análisis Termogravimétrico (TGA) y Calorimetría de Barrido Diferencial (DSC).**

El análisis termogravimétrico se realizó de acuerdo a la norma ASTM E 1131-08. Este análisis termogravimétrico se ejecutó en el analizador térmico simultáneo TGA-Q500 (TA Instruments, USA) mediante una atmósfera nitrogenada (100ml/min). Se depositaron aproximadamente 10 mg de muestra sobre un soporte de platino, y la celeridad de calentamiento fue de 10 °C/min con un intervalo de temperatura de 25 °C hasta llegar a 800 °C. El caudal de gas nitrógeno fue de 100 ml/min. Se determinó la pérdida de masa expresada gráficamente por el software del equipo.

3.4. METODOLOGÍA

3.4.1. OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA

En la Figura 7 se muestran las etapas para la obtención del almidón de yuca.

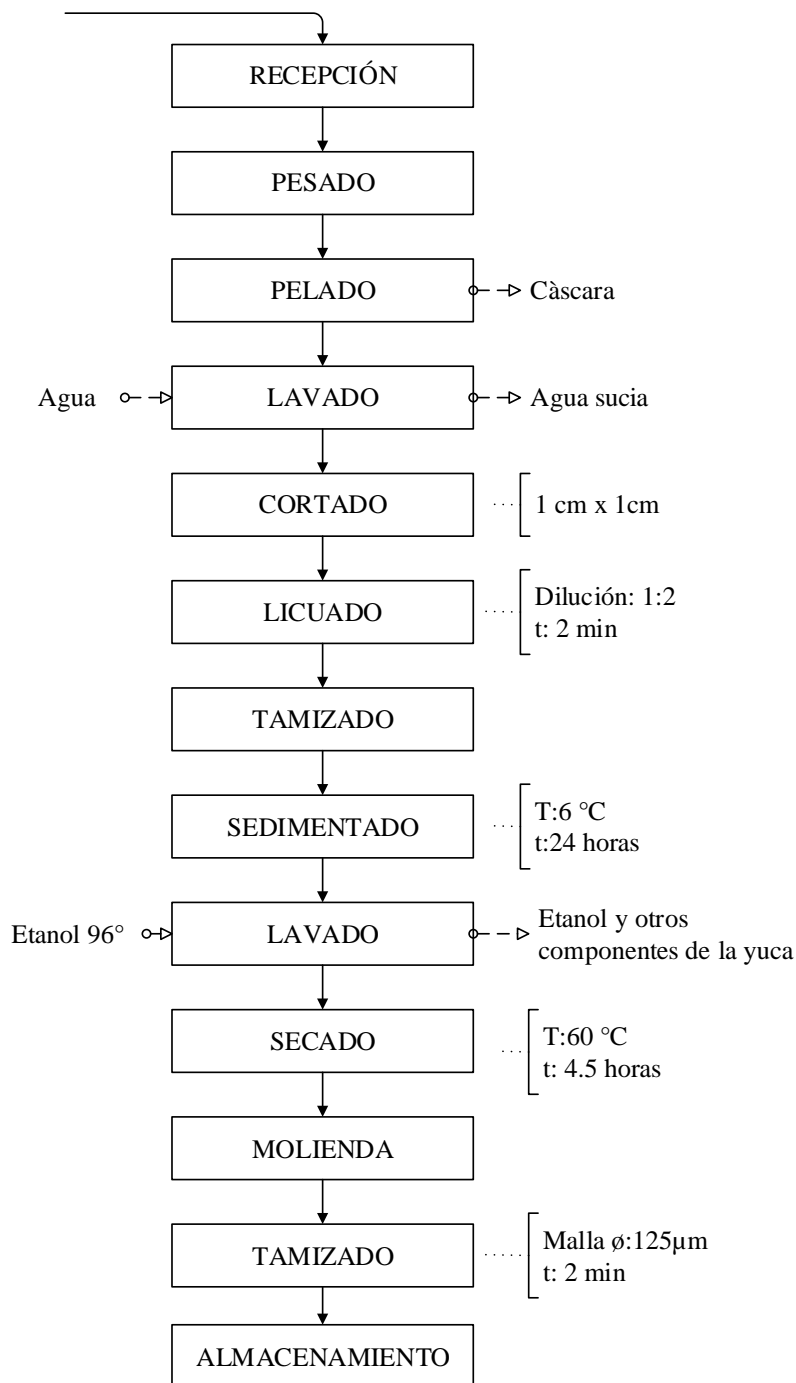


Figura 7. Diagrama de flujo de la obtención del almidón de yuca.

Descripción del diagrama de flujo:

- **Recepción.** Las yucas frescas se recibieron del Mercado Mayorista “La Perla” y fueron trasladadas a la planta de piloto de la UNS.
- **Pesado.** Se pesó las yucas, en una balanza industrial para encontrar, posteriormente, el rendimiento de la materia prima.

- **Pelado.** Se extrajo la cáscara de la yuca con la ayuda de cuchillos, cortando los dos extremos de la yuca para obtener la pulpa limpia y sana. Se obtuvo un rendimiento de 81.55% de pulpa de yuca y 18.45% de cáscara.
- **Lavado.** Las yucas peladas se lavaron con agua potable.
- **Cortado.** Las yucas limpias se cortaron en trozos pequeños de 1cm x 1cm para poder licuarlas.
- **Licuada.** Los trozos pequeños se molieron usando una licuadora industrial (SINCO) por un tiempo de 2 minutos con una dilución en agua de 1:2 para facilitar la molienda.
- **Tamizado.** La torta licuada se tamizó en mallas, separando la torta de la solución líquida.
- **Sedimentado.** La solución líquida se dejó sedimentar en baldes de 20 litros en una cámara frigorífica a una temperatura de 6°C por 24 horas. Luego se eliminó el agua suspendida en los baldes.
- **Lavado.** El almidón que quedó en los baldes se lavó con etanol para eliminar restos de otros componentes que hayan quedado con el almidón.
- **Secado.** El almidón se extendió sobre bandejas de aluminio revestidas con bolsas (polietileno de alta densidad) y se secó en un horno rotativo (NOVA) a una temperatura de 60 °C por un tiempo de 4.5 horas. Se consiguió un rendimiento de 12.55% de almidón seco.
- **Molido.** El almidón seco fue recogido y molido en un molino IKA universal de cuchillas de laboratorio por un tiempo de 50 segundos. Se logró un rendimiento de 12% de almidón molido.
- **Tamizado.** El almidón se pasó por un tamizador en la malla Mesh 120 (125µm) por un tiempo de 2 min. Se logró un rendimiento de 8.2% de almidón molido.

- **Almacenamiento.** El almidón tamizado fue almacenado en bolsas herméticas (polietileno de alta densidad).

3.4.2. OBTENCIÓN DE LA HARINA DE BRÁCTEAS DE ALCACHOFA (HBA)

En la Figura 8 se muestran las etapas de obtención de la harina de brácteas de alcachofa (HBA).

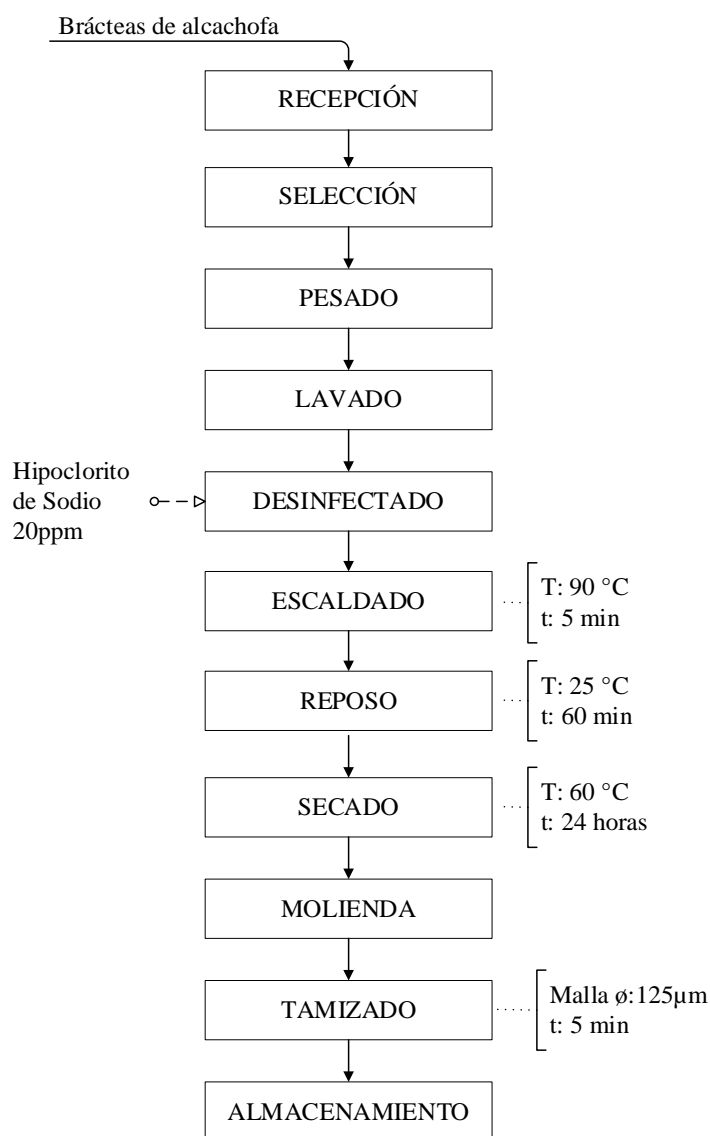


Figura 8. Diagrama de flujo de la obtención de la harina de brácteas de alcachofa.

- **Recepción.** Los residuos de alcachofa fueron adquiridos de la empresa Virú S.A.C. ubicada en Virú – La Libertad y fueron trasladados al Instituto de Investigación Tecnológico Agroindustrial (IITA – UNS).

- **Selección.** Se realizó la selección de las brácteas de alcachofa en buen estado, separando los troncos, hojas, y brácteas malogradas.
- **Pesado.** Las brácteas seleccionadas se pesaron en una balanza industrial para posteriormente evaluar el rendimiento de la materia prima.
- **Lavado.** Se lavaron las brácteas de alacahofa con el fin de eliminar las partículas pequeñas adheridas a las brácteas, producto del proceso en planta de la alcachofa.
- **Desinfectado.** Se desinfectó las brácteas de alcachofa con 5ml de cloro en 10 litros de agua.
- **Escaldado.** Las brácteas de alcachofa se escaldaron a una temperatura de 90°C por 5 min para evitar el su posterior pardeamiento producto de la acción enzimática y las reacciones bioquímicas de las brácteas.
- **Reposo.** Las brácteas escaldadas se dejaron enfriar por un tiempo de 30 min a temperatura ambiente para posteriormente secarlas.
- **Secado.** Para esta operación se usó un secador de bandejas programado a 60°C, se extendiendo las brácteas sobre las bandejas y se puso en el secador por un tiempo de 24 horas.
- **Molienda.** Las brácteas ya secas fueron molidas en un molino de martillos hasta obtener la harina de brácteas de alcachofa.
- **Tamizado.** La harina obtenida fue tamizada en un tamizador, en la malla N°120 (125µm) por un tiempo de 5 min.
- **Almacenamiento.** La harina tamizada obtenida fue almacenada en bolsas herméticas de polietileno.

3.4.3. ELABORACIÓN DE LAS BANDEJAS

En la Figura 9 se muestran las etapas para la elaboración de las bandejas.

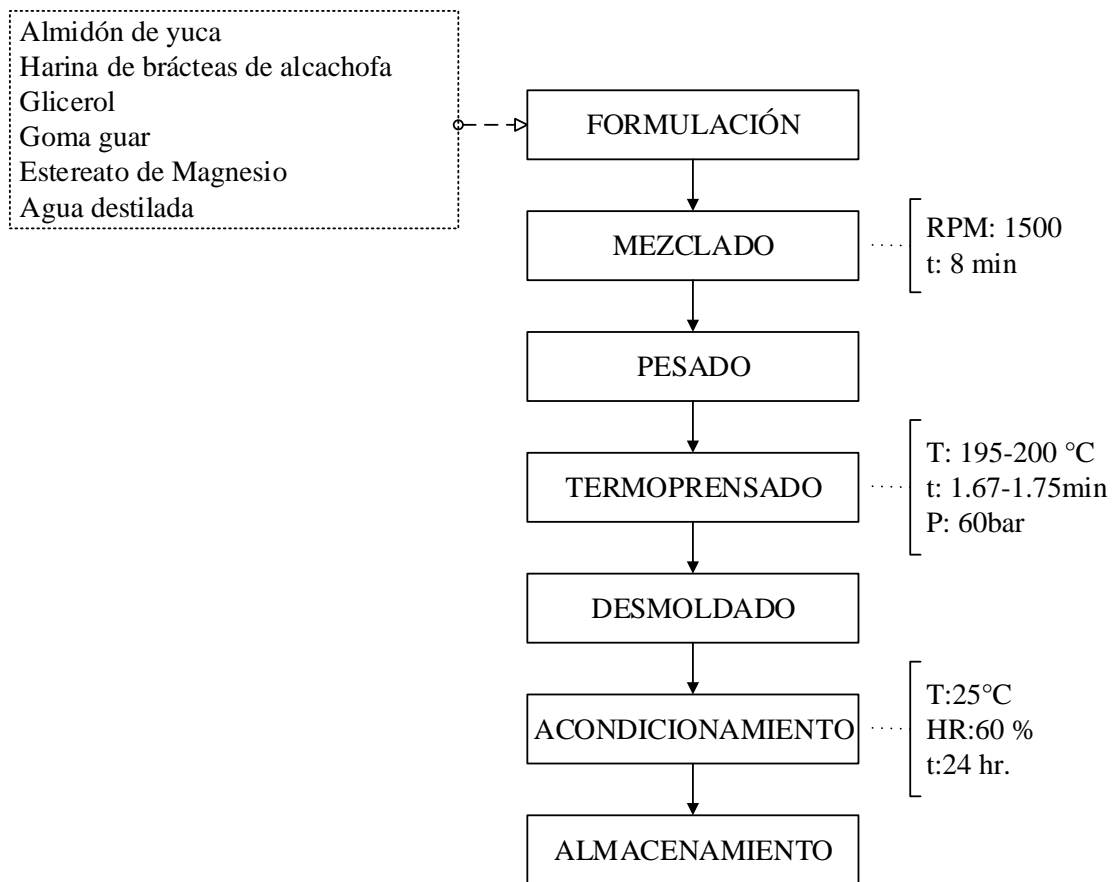


Figura 9. Diagrama de flujo de la elaboración de las bandejas.

- **Formulación.** En esta operación se prepara y se pesa la materia prima de acuerdo a las formulaciones del Cuadro 2.

Cuadro 2: Formulaciones para la elaboración de las bandejas.

Tratamiento	Almidón (A) (%)	HBA(%)
T1	100	0.00
T2	97.50	2.5
T3	95.00	5.00
T4	92.50	7.50
T5	90.00	10.00
T6	87.50	12.50
T7	95.0	15.0

Para cada tratamiento se agregó insumos en base a 100g de materia prima: 7.5g de glicerol, 6g de estearato de magnesio y 1g de goma guar. Cada

tratamiento requirió una cantidad distinta de agua y tubo diferentes parámetros de termoformado como se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Parámetros de termoformado para cada tratamiento.

Formulaciones	Almidón (%)	HBA (%)	Agua (ml)	Peso (g)	T _s (°C)	T _i (°C)	Tiempo (min)
T1	100.00	0.00	95.00	57.00	200.00	195.00	1.67
T2	97.50	2.50	102.50	54.85	200.00	195.00	1.67
T3	95.00	5.00	110.00	57.09	200.00	195.00	1.67
T4	97.50	7.50	117.50	60.54	200.00	200.00	1.67
T5	90.00	10.00	122.50	63.01	200.00	200.00	1.67
T6	87.50	12.50	130.00	66.03	200.00	200.00	1.75
T7	85.00	15.00	137.50	70.82	200.00	200.00	1.75

- **Mezclado.** Habiendo pesado el almidón, la fibra, los insumos y el agua se procede a mezclar con la ayuda de una batidora mecánica a 1500 rpm por un tiempo de 8 minutos (Matos & Días, 2022).
- **Pesado.** Se pesó la masa de acuerdo al Cuadro 3 para el termoformado.
- **Termoprensado.** Se untó con el desmoldante el molde de la termoprensa, previamente calentada, con ayuda de guantes de seguridad, se colocó la masa previamente pesada y se procedió a la cocción.
- **Desmoldado.** Se retiró las bandejas de la termoprensa con pinzas y guantes apropiados.
- **Acondicionamiento.** Las bandejas fueron acondicionadas en un ambiente a 25°C y 60% de humedad relativa por 24 horas.
- **Almacenamiento.** Las bandejas elaboradas fueron almacenadas en bolsas de polipropileno.

3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO

Se utilizó el programa Statgraphics Centurion Version 15.02, aplicando un Diseño de Un Solo Factor Categórico, con un procedimiento de un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 7 tratamientos y tres replicaciones.

Cuadro 4: Matriz experimental

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Y ₁₁	Y ₂₁	Y ₃₁	Y ₄₁	Y ₅₁	Y ₆₁	Y ₇₁
Y ₁₂	Y ₂₂	Y ₃₂	Y ₄₂	Y ₅₂	Y ₆₂	Y ₇₂
Y ₁₃	Y ₂₃	Y ₃₃	Y ₄₃	Y ₅₃	Y ₆₃	Y ₇₃

Base del Diseño

- Número de factores experimentales: 1
- Número de bloques: 1
- Número de respuestas: 1
- Número de tratamientos: 7
- Grado de Libertad: 14
- Aleatorio: Sí.

Cuadro 5: Diseño experimental aleatorización

¹ T5	² T6	³ T7	⁴ T2	⁵ T5	⁶ T6	⁷ T7
⁸ T3	⁹ T5	¹⁰ T3	¹¹ T4	¹² T1	¹³ T2	¹⁴ T4
¹⁵ T1	¹⁶ T3	¹⁷ T7	¹⁸ T5	¹⁹ T4	²⁰ T2	²¹ T1

3.5.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se usó el Software Statgraphics para la evaluación y análisis de las propiedades físicas de las bandejas: color, espesor (mm), densidad (g/cm³), humedad (%), solubilidad (%), capacidad de absorción de agua (%) y sólidos volátiles (%), así también las propiedades mecánicas: tensión (MPa), elongación (%), resistencia a la perforación (N) y deformación (mm); (ANOVA-un solo factor) con un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0.05$) para los resultados.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

4.1.1. ANÁLISIS PROXIMAL DEL ALMIDÓN DE YUCA

En el Cuadro 6 se detalla la composición proximal del almidón de yuca, estos resultados son similares a los reportados por Júnior *et al.* (2021); humedad 87,97%, proteína 0.32 %, grasa 0.12%, carbohidratos 87,97%, fibra 0% y cenizas 0.09%, la poca diferencia puede deberse a la variedad de la yuca, al tipo de cultivo y el proceso de extracción. Estos valores están dentro del rango que establece la FAO para la producción y análisis de almidón de yuca (Aristizábal & Sánchez 2007). El almidón de yuca en promedio se compone de 82% de amilopectina y 18% de amilosa (Lemos, 2018; Mendoza *et al.*, 2021).

Cuadro 6: Composición química proximal por 100g del almidón de yuca blanca.

	Húmeda (% ± σ)	Seca (% ± σ)
Humedad	12,19 ± 0,07	-
Proteínas	0,40 ± 0,10	0,45 ± 0,10
Grasa	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,01
Carbohidratos	86,95 ± 0,01	99,02 ± 0,01
Cenizas	0.42 ± 0,02	0,48 ± 0,02

4.1.2. ANÁLISIS PROXIMAL DE LAS BRÁCTEAS DE ALCACHOFA

En el Cuadro 7 se detalla la composición proximal de la harina de brácteas de alcachofa es similar a los reportados por Zavala & Zevallos (2016) de humedad 11.71%, cenizas 6.3% y 60.5% de fibra cruda. Mientras que Cárdenas (2016) reportó que las brácteas de alcachofa secas cuentan con 4,82% de cenizas, 1,57% de grasas, 13,75% de proteínas y 34,06% de fibra cruda.

Cuadro 7: Composición química proximal por 100g de harina de brácteas de alcachofa.

	Húmeda (% ± σ)	Seca (% ± σ)
Humedad	7.63 ± 0,07	-
Proteínas	12,87 ± 0,12	13,94 ± 0,12
Grasa	1,46 ± 0,01	1,58 ± 0,01
Carbohidratos	20,38 ± 0,18	22,06 ± 0,18
FDT	50,31 ± 0,22	54,46 ± 0,22
Cenizas	7,35 ± 0,10	7,96 ± 0,10

Teniendo en cuenta que la determinación de fibra cruda genera pérdidas de 70%-80% de la hemicelulosa, de 30%-50% de la celulosa y hasta 90% de lignina (Pimentel, 2015), se realizó el análisis FDT los cuales fueron cercanos a los reportados por Monge *et al.* (2019) del 60% FDT, 52% FDI y 8% FDS.

4.2. ANÁLISIS FÍSICOS DE LAS BANDEJAS BIODEGRADABLES

En el Cuadro 8 se visualizan los valores del color y los parámetros de color para las bandejas, en cada uno de ellos se puede notar las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos de acuerdo a los análisis de varianza (ANOVA) con valor $p < 0.05$ con un valor de significancia del 95.0% de confianza (Anexo 1).

Cuadro 8: Parámetros de color (L^* , a^* y b^*) de las bandejas.

Tratamiento	L^*	a^*	b^*	COLOR
T1	78.86 ± 0.84 ^a	-0.10 ± 0.24 ^e	15.51 ± 0.48 ^b	80.38 ± 0.80 ^a
T2	65.58 ± 0.96 ^b	3.02 ± 0.26 ^d	20.50 ± 3.75 ^a	69.04 ± 1.44 ^b
T3	62.94 ± 1.12 ^{cd}	3.83 ± 0.21 ^{bc}	21.28 ± 3.51 ^a	66.85 ± 1.22 ^c
T4	63.15 ± 1.21 ^c	3.32 ± 0.23 ^{cd}	21.62 ± 0.59 ^a	66.84 ± 1.01 ^c
T5	61.04 ± 1.44 ^{de}	3.90 ± 0.70 ^{bc}	22.44 ± 1.18 ^a	65.18 ± 0.95 ^{cd}
T6	59.61 ± 1.35 ^e	4.11 ± 0.33 ^{ab}	20.32 ± 2.24 ^a	63.35 ± 1.30 ^d
T7	55.33 ± 0.35 ^f	4.67 ± 0.34 ^a	23.93 ± 0.59 ^a	60.47 ± 0.22 ^e

Nota. Se muestra las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos de acuerdo a la Prueba de Fisher ($p < 0.05$) con las letras ^{a-b-c-d-e-f}.

Como se observa en el Cuadro 8 las medias de los tratamientos del color de la superficie de las bandejas disminuye al aumentar la concentración de HBA tornándose a un color verde amarillento oscuro, esto puede ocurrir por varias razones: la clorofila propia de las brácteas de alcachofa, el contenido de lignina de las materias primas ya que a

temperaturas elevadas las cadenas laterales alifáticas pueden separarse del anillo aromático con la ruptura de los enlaces C-C entre las unidades estructurales de lignina , a partir del hidrólisis de la hemicelulosa, a temperatura y presión altas, se libera xilosa y ésta se descompone en furfural quien da el color marrón a las bandejas (Cruz-Tirado *et al.*, 2019). Sin embargo, según Chiarathanakrit *et al.* (2019) es una alternativa para la variedad de colores en la producción de bandejas biodegradables que tienen el desafío de romper el hábito del consumidor que asocia las bandejas de espuma con el color blanco de las que son elaboradas a base de poliestireno.

El parámetro L* del color muestra que la luminosidad de las bandejas disminuye al aumentar la concentración de HBA, siendo el mayor valor de luminosidad en el tratamiento T1 (0% HBA) y el menor valor el tratamiento T7 (15% HBA) con un valor de 55.33 mayor a los reportados por Mattos & Días (2022) en las bandejas elaboradas de almidón y fibra de la semilla de mango y palta con un valor máximo de 53.9 y son cercanos a reportados por Cruz-Tirado *et al.* (2019) en las bandejas de almidón de boniato con bagazo de caña y cáscara de esparrago con un valor de 60 y 50.4 respectivamente.

Las medias del parámetro a* del color varían en un rango de 3.02 a 4.67 los cuales muestran que éstos varían de un tono verde bajo a un tono más oscuro, tal como lo comprobó Cruz-Tirado *et al.* (2019) al aumentar la concentración de la materia prima con alto contenido de fibra, en tanto todos los tratamientos difieren del tratamiento control T1 (0% HBA) que muestra un valor negativo, por su parte Mattos & Días (2022) reportan valores superiores a 4.6 para éste parámetro.

Las medias del parámetro b* que están dentro 20.50 a 23.93 muestran que a mayor concentración de HBA se obtiene un tono amarillento oscuro, todos los tratamientos difieren del tratamiento T1 (100% almidón) con un valor de 15.51. sin embargo, estos

valores son cercanos a los reportados por Cruz-Tirado *et al.* (2019) con valores en un rango de 16.5 a 22 en las bandejas con cáscara de espárrago y son un tanto mayores a los reportados por Amaya-Quiroz (2017) en las bandejas elaboradas con de almidón de oca (95%) y de fibra de peladilla de espárrago (5%) con un valor de 15.53 para el parámetro b*.

En el Cuadro 9 se muestran los valores de las propiedades físicas de las bandejas, en cada uno de ellos se puede notar las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos de acuerdo a los análisis de varianza (ANOVA) con valor $p < 0.05$ con un valor de significancia del 95.0% de confianza (Anexo 2).

Cuadro 9: Valores de densidad, espesor, solubilidad, capacidad de absorción de agua, humedad y sólidos volátiles de las bandejas.

Tratamiento	Espesor (mm)	Densidad (g/cm ³)	Solubilidad (%)	Cap. Absorción de agua (%)	Humedad (%)	Sólidos Volátiles (%)
T1	2.88 ± 0.09 ^b	0.21 ± 0.01 ^{bc}	20.85 ± 0.01 ^d	64.16 ± 0.78 ^e	8.46 ± 0.02 ^d	71.05 ± 0.67 ^f
T2	2.75 ± 0.12 ^{bc}	0.20 ± 0.01 ^{bc}	21.73 ± 0.55 ^c	64.43 ± 0.54 ^e	9.53 ± 0.29 ^c	75.37 ± 0.88 ^b
T3	3.39 ± 0.67 ^a	0.16 ± 0.03 ^d	22.08 ± 0.38 ^{cb}	80.01 ± 0.28 ^d	9.60 ± 0.04 ^c	74.64 ± 0.57 ^{bc}
T4	2.85 ± 0.12 ^b	0.21 ± 0.01 ^{bc}	22.33 ± 0.32 ^{ba}	99.20 ± 0.65 ^a	9.97 ± 0.16 ^b	73.44 ± 0.31 ^{de}
T5	2.68 ± 0.11 ^{bc}	0.22 ± 0.01 ^{ab}	22.59 ± 0.10 ^a	88.88 ± 0.81 ^c	10.00 ± 0.19 ^b	76.69 ± 0.62 ^a
T6	2.54 ± 0.07 ^{bc}	0.24 ± 0.01 ^a	22.57 ± 0.45 ^a	80.07 ± 0.55 ^d	10.43 ± 0.15 ^a	72.61 ± 0.75 ^e
T7	2.37 ± 0.19 ^c	0.19 ± 0.00 ^c	21.79 ± 0.03 ^{cb}	91.58 ± 0.58 ^b	9.40 ± 0.03 ^c	74.12 ± 0.63 ^{cd}

Nota. Se muestra las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos de acuerdo a la Prueba de Fisher ($p < 0.05$) con las letras ^{a-b-c-d-f}.

El espesor de las bandejas muestra tres grupos homogéneos siendo el T3 el de mayor espesor y el T7 el de menor espesor como se aprecia en el Cuadro 9, sin embargo el tratamiento T3 es similar al tratamiento control (T1). La expansión o moldeado no se dio de manera uniforme en todos los tratamientos y a medida que se aumentó la concentración de HBA el espesor disminuyó, esto pudo darse por la interacción de los insumos y la HBA con el almidón haciendo la masa más viscosa e impidiendo la expansión de la masa. Los datos fueron mayores a los reportados por Aguilar & Tapia – Blácido (2023) de 2.19 a 2.33 mm en las bandejas de almidón de yuca y residuos de palta,

fueron similares a los reportados por Mattos & Días (2022) y los reportados por Cruz-Tirado *et al.* (2019) con valores cercanos a 2.53mm.

La densidad estuvo dentro del rango de 0.16 a 0.24 g/cm³, siendo el valor más bajo del tratamiento T3 (7.5% HBA), éstos valores son superiores a los envases de poliestireno que su densidad varía de 0,041 a 0,06 g/cm³ (Cabanillas *et al.*, 2019), pero fueron menores a los reportados por Cruz-Tirado *et al.* (2019) con valores superiores a 0.3 g/cm³, menores a los de Diaz-Diaz *et al.* (2023) en las bandejas de almidón de papa y fibra de tación de espárrago (0,4789 - 0,7083 g/cm³) y menores a la densidad promedio reportada por Mattos & Días (2022) de 0.26 g/cm³, por su parte Aguilar & Tapia – Blácido (2023) indicaron que la densidad de las bandejas de almidón de yuca y residuos de palta varió de 0.70 a 0.86 g/cm³. La densidad aumenta mientras al aumentar la concentración de harina de brácteas de alcachofa y resulta ser inversamente proporcional a la expansión de la masa, sin embargo, la densidad es importante porque reduce los costos en la fabricación de las bandejas.

Las solubilidades de las bandejas en todos los tratamientos difieren y son mayores al tratamiento T1 (100% de almidón de yuca) con un valor de 20.85%, la solubilidad está relacionada con la estructura irregular de la bioespumas que favorece la penetración del agua, además, la composición de los residuos de la alcachofa y la técnica del termoprensado afectan directamente la solubilidad de las bioespumas. Los valores son menores a los reportados por Salmerón (2019) en las bandejas de residuos de lechuga y almidón de maíz (31.3%), sin embargo, están dentro del rango reportado por Stoffel *et al.*, (2019) que variaron entre 16.4 a 31% en bandejas de almidón reforzadas con plastificantes (Glicerol, sorbitol, PVA) y fueron mayores a los valores reportados por Aguilar & Tapia-Blácido (2023) que variaron de 13.1 a 16% en las bandejas de almidón de yuca y residuos de aguacate.

La capacidad de absorción de agua de las bandejas aumentó al disminuir la concentración de almidón de yuca, los valores variaron de 64.16% a 91%, lo que indica que se puede aplicar como envases para productos sólidos y secos con poca exudación (alimentos fritos, granos, harinas, postres, etc). Los tratamientos con HBA obtuvieron valores mayores al T1 (100% almidón), esto indica que la gran cantidad de fibras solubles, que contiene HBA influyen en la absorción de agua, mientras mayor sea la cantidad de HBA afecta la interacción de la matriz polimérica formando espacios vacíos más grandes. Cruz-Tirado *et al.*, (2019) reporta valores similares de absorción de agua en las bandejas de almidones nativos andinos con valores de 72.23% a 75.57%, mientras que en otras investigaciones los mismos autores reportan valores de 30% a 70% en bandejas de almidón de boniato con fibras de bagazo de caña y valores de 80% a 130% con fibras de cáscara de espárrago, en estos casos, mientras mayor cantidad de fibra insoluble (celulosa) existe los valores de absorción de agua son menores. Mattos & Días (2022) reportan valores mayores al 100% en bandejas de almidón de semilla de palta y valores más bajos (57 y 56%) en las elaboradas con almidón de semilla de mango. Sin embargo, los valores son muy elevados comparados con el poliestireno expandido que tiene valores mínimos de 1 a 3% (ANAP, 2023).

La humedad de las bandejas está en un rango 8.46% a 10.43%, siendo el menor valor correspondiente al T1(100% almidón), esto debido a su naturaleza y la gran cantidad de grupos hidroxilo hidrofílicos del almidón como lo mencionan Khanoonkon *et al.* (2022) y quienes reportan una humedad del 8.14 a 8.79 % en las bandejas de almidón de yuca, almidón modificado con ácido cítrico y fibras de celulosa de bazo de caña de azúcar. Mattos y Días (2022) reportan valores de humedad mayores a 11% y menores 12.5%.

Los sólidos volátiles obtenidos se encuentran entre 71.05% y 76.69% superando y cumpliendo con el valor mínimo del 50% de sólidos volátiles que establece la NTP

900.080 para los envases o embalajes, materiales de envase o embalaje y los componentes de envase o embalaje biodegradables, el contenido de sólidos volátiles es un indicativo de la cantidad de materia orgánica que tiene la bandeja. Los valores obtenidos son mayores al reportado por Mattos & Días (2022) de 67.1% de sólidos volátiles en la bandeja de 90% de almidón de almendra de mango y 10% de fibra de semilla de palta.

De acuerdo con el Cuadro 9 las bandejas que presentaron valores más favorables de espesor y densidad fueron T3 y T4, en caso del % de solubilidad es más favorable contar con valores bajos (T2, T7, T3 y T4) sin embargo, el T7 no tuvo un termoformado uniforme. Es favorable para las bandejas absorber porcentajes mínimos de agua y los resultados muestran que T2 y el T3 tienen los valores más bajos. Es conveniente tener un porcentaje de humedad intermedio, debido a que en valores muy bajos la bandeja es muy frágil y en porcentajes de humedad altos la bandeja se vuelve muy flexible y elástica, siendo así el T3 y T4 son los más favorables. Según los resultados del porcentaje de sólidos volátiles todos los tratamientos cumplen con la NTP 900.080. Por lo tanto, se eligió al T3(5% de HBA) y T4 (7.5% de HBA), como las bandejas con características físicas más favorables.

4.3. ANÁLISIS MECÁNICOS DE LAS BANDEJAS BIODEGRADABLES

En el Cuadro 10 se muestran los valores de las propiedades mecánicas de las bandejas, en donde se precisa que cada uno de ellos tiene diferencias significativas entre las medias de los tratamientos de acuerdo a los análisis de varianza (ANOVA) con un valor $p < 0.05$ con un valor de significancia del 95% de confianza (Anexo 3).

Cuadro 10: Valores de dureza, deformación, tensión y elongación.

Tratamiento	Dureza (N)	Deformación (mm)	Tensión (MPa)	Elongación (%)
T1	21.69 ± 3.91 ^a	8.06 ± 0.68 ^a	0.02 ± 0.07 ^{bc}	1.25 ± 0.06 ^b
T2	16.58 ± 0.21 ^{bc}	7.76 ± 0.10 ^{ab}	0.03 ± 0.63 ^b	1.82 ± 0.19 ^a
T3	17.17 ± 0.14 ^{bc}	7.19 ± 0.09 ^{bc}	0.03 ± 0.35 ^a	1.90 ± 0.11 ^a
T4	17.27 ± 0.11 ^b	6.85 ± 0.41 ^{cd}	0.02 ± 0.22 ^c	1.32 ± 0.09 ^b
T5	16.68 ± 0.07 ^{bc}	6.62 ± 0.43 ^{cd}	0.01 ± 0.08 ^{de}	0.77 ± 0.05 ^c
T6	16.58 ± 0.02 ^{bc}	6.43 ± 0.25 ^d	0.01 ± 0.72 ^d	0.75 ± 0.14 ^c
T7	13.74 ± 0.25 ^c	6.69 ± 0.58 ^{cd}	0.01 ± 0.43 ^e	0.48 ± 0.07 ^c

Nota. Se muestra las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos de acuerdo a la Prueba de Fisher ($p < 0.05$) con las letras ^{a-b-c-d-e-f}

Los valores de la dureza disminuyeron al aumentar la concentración de HBA, teniendo el valor más alto el tratamiento T1 (21.69 N) y el mínimo valor el tratamiento T7 (13.74 N), los valores obtenidos muestran que la adición de fibra debilita las interacciones de las cadenas de almidón, esto indica que a mayores concentraciones de fibra puede producir discontinuidad en la matriz polimérica disminuyendo la resistencia mecánica de las bandejas. Este fenómeno podría ocurrir también por la baja cantidad de celulosa presente en la fibra ya que esta es insoluble en agua. Cruz-Tirado *et al.* (2019) obtuvieron valores similares de dureza en las bandejas de almidón de boniato y fibra de cascara de esparrago (18-22N) mientras que en las de almidón de boniato y fibras de bagazo de caña obtuvieron valores superiores (26N). Rodrigues *et al.* (2020) indican que las bandejas elaboradas con almidón de subproductos de papa tuvieron una dureza de 5.88N. Mattos & Días (2022) reportaron valores de resistencia a la perforación (dureza) de 19.71 a 34N en su investigación.

La deformación de la bandeja disminuyó con la adición de HBA desde 8.06 mm hasta 6.43 mm, la presencia de proteínas influye en la estructura de la matriz polimérica en la etapa de la gelificación afectando en la humedad y la deformación de los biomateriales. Es importante considerar la cantidad de almidón a adicionar, a mayor cantidad que se caliente con agua, la región amorfa se empieza a gelatinizar y los puentes de hidrogeno

se vuelven más débiles por lo cual son más rígidos y no tan numerosos como las regiones cristalinas. Los valores obtenidos son mayores a los de Cabanillas *et al.*, (2019) en las bandejas de almidón de yuca y fibra de cascara de piña, así mismo mayor que el valor indicado para el poliestireno expandido (5.54 mm), por otro lado, Cruz-Tirado *et al.*, (2019) encontró valores y una tendencia similar en los valores de deformación en las bandejas de almidón de boniato y fibra de cascara de esparrago; sin embargo, Diaz-Diaz *et al* (2023) encontró un mayor valor en la bandeja de almidón de papa (85%), fibra de tacones (6.89%) de esparrago y glicerina (13.11%) con un valor de 9.509 mm de deformación.

La resistencia a la tracción o tensión de las bandejas están en un rango de 0.03 a 0.01 MPa, siendo T2 y T3 los tratamientos con mayor valor de tensión, superando al T1 (100% almidón de yuca). La resistencia a la tracción disminuyó a medida que se aumenta el porcentaje de fibra, esto pudo darse por varios factores: la presencia de la fibra provoca aglomeración y discontinuidad en las cadenas de almidón y afecta la expansibilidad durante el termoformado, esto sumado al efecto de la alta temperatura de la termoprensa, aumentan el tamaño de las capsulas de aire y al ser muy grandes disminuyen la resistencia de la bioespuma. Las altas temperaturas y las fuerzas de cizallamiento afectan las propiedades de las proteínas, debilitando los enlaces de hidrogeno y el reordenamiento de la matriz polimérica, este reordenamiento de los enlaces proteicos pueden ser la causa de la baja densidad y fragilidad de las bandejas (Cruz-Tirado *et al.*, 2019). Los resultados obtenidos son bajos en comparación con otros estudios, esto debido al grado de pureza, composición de amilosa y amilopectina del almidón y la cantidad de celulosa y hemicelulosa en las fibras de reforzamiento, a mayor contenido de amilosa, mayor es el poder de hinchamiento de los gránulos de almidón los que forman geles mucho más

firmes al momento de la gelatinización difíciles de separar, esto ayuda a que en la etapa de dispersión no se produzcan células de aire relativamente grandes.

Díaz (2017) obtuvo valores similares (0.03 – 0.12 MPa) en las bandejas de maíz, papa, soya y glicerol, mientras que Cabanillas *et al.*, (2019) indica que el EPS (poliestireno expandido) tiene una resistencia a la tensión de 0.83 MPa y las bandejas elaboradas con almidón de yuca y fibra de cascara de piña estuvieron en un rango de 0.63 a 0.83 MPa. Algunas investigaciones han optado por usar materiales de recubrimiento para mejorar las propiedades mecánicas de las bandejas como las ceras y resinas, es el caso de Reis *et al.* (2018) quienes usaron la cera de abeja, obteniendo valores de 7.6 a 11.5 MPa en las bandejas de almidones termoplásticos.

Respecto a la elongación los valores de todos los tratamientos difieren del T1 (100% almidón) siendo T2 (2.5% de HBA), T3 (5% de HBA) y T4 (7.5% de HBA) los tratamientos con mayor porcentaje, 1.82, 1.90 Y 1.32%% respectivamente. La mayor incorporación de fibra produjo la disminución del porcentaje de elongación. Estos resultados muestran la buena interacción intermolecular entre almidón y fibra a bajas concentraciones, la elongación también depende del tamaño de las partículas de la fibra, de ello depende su interacción con la matriz del biopolímero. El mayor contenido de amilosa genera mayor viscosidad en la masa de almidón, esta característica permite obtener bioespumas con buenas resistencias mecánicas mas no una buena flexibilidad (Mattos & Días, 2022). La elongación está relacionada con la deformación del material antes que este se rompiese, estos materiales tienen en su estructura interior grandes o pequeñas células de aire de diferentes formas en comparación del EPS lo que indica que este biomaterial se puede usar el transporte o almacenamiento de alimentos livianos.

Los valores obtenidos son menores a los del EPS (2.82%) según Cabanillas *et al.*, (2019) y similares a los que muestra en las bandejas de almidón de yuca y cascara de piña (1.16

– 1.38%), y mayores a los encontrados por Aguilar & Tapia – Blácido (2023) que van desde de 0.7 a 1.3% de elongación en las bandejas de almidón de yuca y residuos de palta. En los resultados de Cruz (2021) muestra un mayor valor de elongación (1.26%) en la formulación de 90/10 de almidón/fibra de pseudotallo de banano y Ferreira *et al* (2020) muestran valores menores al 1% de elongación en las bandejas de almidón de yuca reforzadas con cascara de maíz y bagazo de malta, indicando que estas bandejas son rígidas.

Las bandejas con características mecánicas más favorables son las que cuentan con valores más altos de dureza, deformación, tensión y elongación. De acuerdo con el Cuadro 10 las bandejas que presentaron los valores más altos de dureza fueron T3 y T4 a diferencia de T1 (Control), los mayores valores de deformación fueron los tratamientos T2, T3 y T4, los valores más altos de tensión tuvieron los tratamientos T2, T3 y T4, los porcentajes de elongación más altos tienen el T3, T2 y T4. Por lo tanto, se aprecia que los tratamientos T3 (5% de HBA) y T4 (7.5% de HBA) son los que cuentan con características mecánicas más favorables, teniendo en cuenta solo las formulaciones con almidón de yuca y HBA y comparándolas con el T1 (100% almidón).

4.4. FTIR

Los análisis FTIR de las bandejas ayudaron a identificar las posibles interacciones del almidón de yuca con la HBA y los insumos (glicerol, goma guar y estearato de magnesio). La Figura 10 muestra las principales bandas espectrales de T1, T3 y T4; a diferencia de T1, T3 y T4 muestran grupos funcionales similares, lo que dio lugar a bandas ubicadas en posiciones similares y, en consecuencia, a espectros similares.

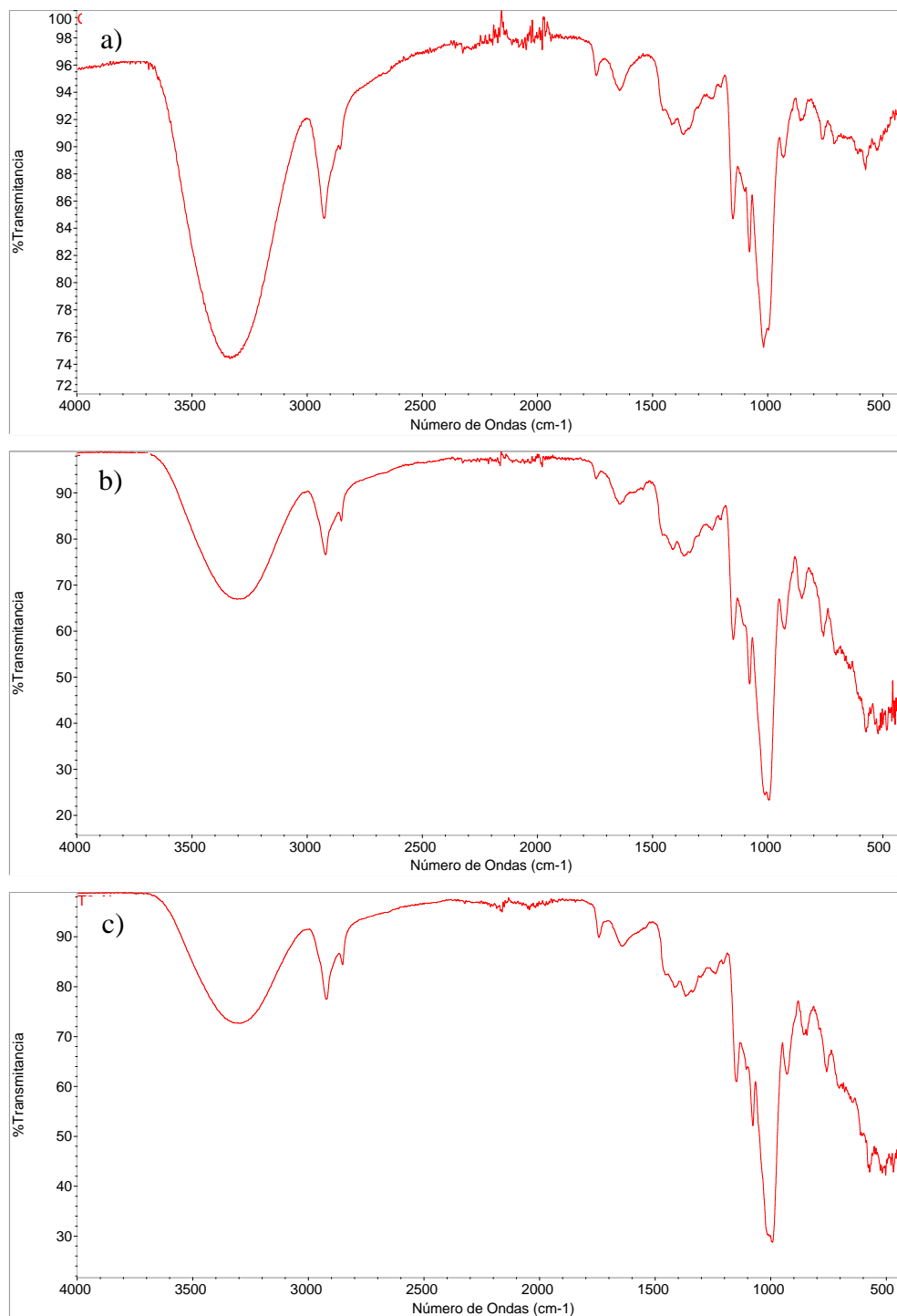


Figura 10. Espectros de FTIR de bandejas de a) almidón de yuca (T1), b) bandejas de almidón de yuca y 5% HBA (T3) y c) almidón de yuca y 7.5% HBA(T4).

En el grafico correspondiente al T1(a) se encontraron coincidencias con cis-2-methylcyclohexanol (98%), pululano P800 y enfamil nutramigen hipoalergénico, además se puede visualizar que la banda ancha situada a 3200 cm^{-1} a 3600 cm^{-1} generó una transmitancia significativa en el gráfico FTIR, ésta banda se debía al estiramiento O-H

característico de los puentes de hidrógeno del agua presente en las materias primas utilizadas; las bandas en 760 cm^{-1} y 2928 cm^{-1} se atribuyen a los movimientos vibratorios del estiramiento asimétrico del enlace C-H de las cadenas hidrocarbonadas de lípidos, carbohidratos y quizás los radicales proteicos; en la región de 1740 cm^{-1} a 1744 cm^{-1} se puede ver una vibración pequeña de estiramiento del enlace carbonilo C=O, que se encuentra en el grupo ácido de las proteínas (glutenina) y los lípidos; el pico en el número de onda de 1014 cm^{-1} muestra una vibración de estiramiento del enlace C-O, producto de la gran cantidad de almidón, amilosa y amilopectina que contiene el almidón de yuca (Orsini, & Aparicio, 2021). Además, el pico en 928 cm^{-1} que muestra notoriamente la vibración de C-O-C del puente de anhidrogalactosa y enlaces glicosídicos del almidón (Mattos & Días, 2022).

Los cambios moleculares antes y después del termoformado podrían estar dominados de enlaces glicosídicos y los enlaces de hidrógeno que cambian las estructuras moleculares de la bioespuma durante la fusión en el termoformado y en la reasociación de las cadenas después de salir de la matriz, es por ello que la celulosa puede interferir en la reasociación de las cadenas de almidón para formar nuevas estructuras ordenadas en la matriz del material, la interacción del almidón y fibra es principalmente del enlace de hidrógeno (EK *et al*, 2021).

En la gráfica (b) correspondiente a T3 se encontraron efamil sin lactosa, resina de fenol, sodio, poliacrilato, ácido poliacrílico y agua, así también en la gráfica (c) perteneciente a T4 se encontraron pululano P800, enfamil nutramigen hipoalergénico, hidrato de alfa-ciclodextrina. Además, se puede visualizar una disminución de intensidad en algunos picos de los espectros entre 400 cm^{-1} y 2000 cm^{-1} a comparación del espectro a), los picos dentro de la banda 1510 cm^{-1} y 1668 cm^{-1} están relacionados con la vibración de estiramiento de los enlaces C=C del anillo aromático de la lignina y xilano en la

hemicelulosa (Parra-Campos *et al.*, 2022). La disminución de las intensidades pudo darse por la absorbancia de las moléculas de celulosa, a la menor cantidad de almidón en la matriz y a la destrucción de los enlaces covalentes en el termoprensado. Hubo cambios en los picos 1048 y 1015 cm^{-1} debido a que se consideran sensibles a los cambios moleculares en la estructura del almidón (Warren *et al.*, 2016).

4.5. DIFRACCIÓN DE RAYOS X (DRX)

En la Figura 11 se muestra la identificación de la estructura cristalina en las muestras de las bandejas de los tratamientos T1 (0% de HBA), T3 (5% de HBA) y T4 (7.5% de HBA). Se aprecia un pico amplio en 2Θ 19.00° para T1 que es similar al encontrado por Aguilar & Tapia-Blácido (2023) en las bandejas elaboradas con 100% almidón de yuca (2Θ 19.9°), mientras que se aprecia un pico máximo pronunciado en T3 y T4 (2Θ 20.96° y 2Θ 20.73° respectivamente) mayores al T1, estos patrones de Rayos X se le atribuye a la cristalinidad de la amilosa VH, lo que indica gelatinización incompleta del almidón en la bioespumas. Se puede notar que la temperatura y la presión aplicadas durante el termoprensado no fueron suficientes para expandir los gránulos de almidón de yuca y la HBA, además el orden de la cristalinidad explicaría el patrón de hinchamiento de los almidones que se vería afectado por la rotura de los enlaces intermoleculares dentro de los componentes cristalinos de los gránulos (Cruz-Tirado *et al.*, 2019).

Los picos de las bioespumas con HBA son pronunciados y mayores al T1 (100% almidón) probablemente debido a la interferencia de HBA que contiene celulosa. Los resultados similares a los que reporta Cabanillas *et al.*, (2019) en las bandejas de almidón de yuca y cáscara de piña con picos pronunciados en 2Θ 21°. La cristalinidad residual ocurre cuando el procesamiento no es suficiente para destruir la estructura del gránulo de almidón (Reis *et al.*, 2018).

Los gránulos de almidón con índice de cristalinidad (IC) baja tendrían un poder de hinchamiento bajo lo que sería favorable para las bandejas ya que los poros pequeños en su estructura podrían tener un efecto positivo en su resistencia. Reis *et al.*, (2018) reportó 17 % de índice de cristalinidad en bandejas de almidón TPS/PLA., mientras que Cabanillas *et al.*, (2019) reportó 36.5% en las bandejas de almidón de yuca y Aguilar & Tapia – Blácido (2023) indican que no encontraron diferencias significativas en el IC de las bandejas de almidón de yuca y residuos de palta (0%, 5%,10%,15%) mostrando un rango de IC entre 18.7% a 20.3%.

Cuadro 11: Índice de Cristalinidad de las bandejas de bioespuma

Muestra	Área Cristalina	Área Total	Índice de Cristalinidad (%)
T1(Control)	14.83	84.46	17.60
T3	17.45	75.47	23.10
T4	18.03	81.53	22.10

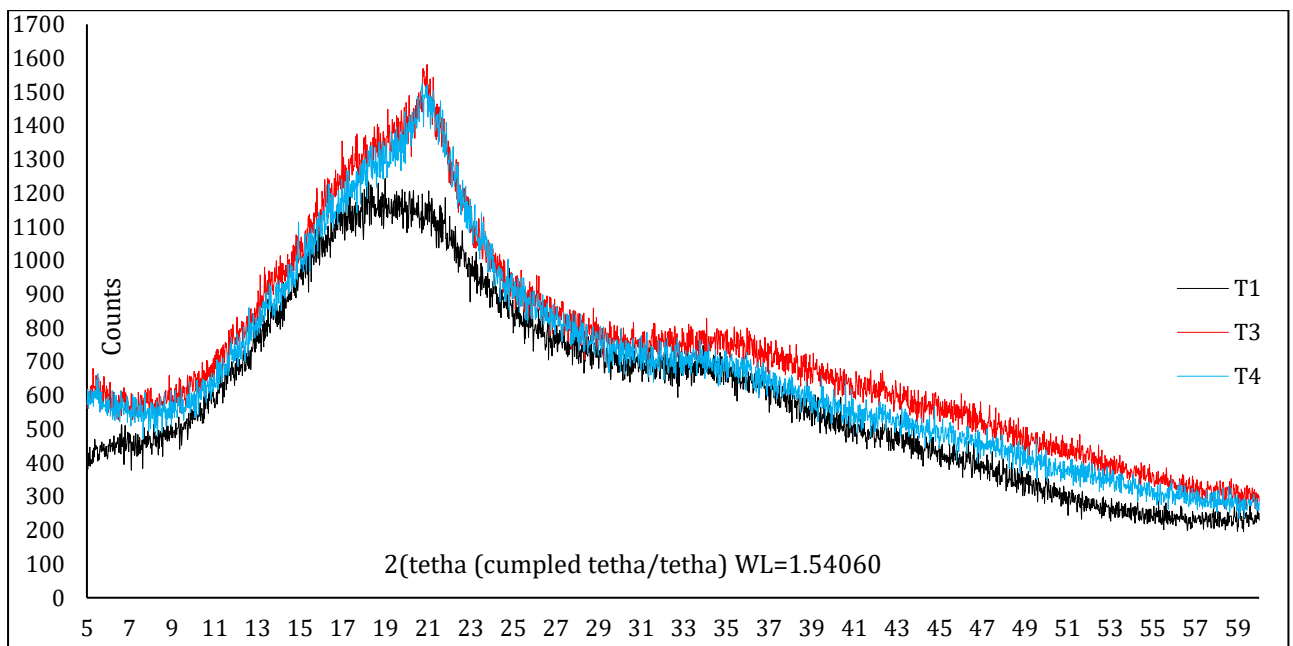


Figura 11. Patrones de difracción de Rayos X de bandejas de almidón de yuca (T1) y bandejas de almidón de yuca y 5% HBA (T3) y 7.5% HBA(T4)

4.6. MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (MEB)

En la Figura 12 se muestran las micrografías MEB de las secciones transversales de las bandejas, donde se puede diferenciar las formas y tamaños de las células de aire presentes

en la matriz polimérica. Las células de aire se forman cuando la masa contenida en el molde se sobresatura con vapor de agua por efecto de las altas temperatura y la presión que, éstas células crecen hasta que el almidón expandido se solidifica y la estructura se estabiliza. La figura 13a) muestra la microestructura del T1(100% almidón), donde se aprecia células de aire numerosas, pequeñas, apiladas, homogéneas y una estructura más densa en comparación con las figuras 13b) y 13c) (5% de HBA y 7.5% de HBA respectivamente). Este tipo de estructura también reportó Aguilar & Tapia – Blácido (2023). La capacidad de expansión de las espumas está relacionada con la cristalinidad del almidón, ya que los gránulos de almidón con índice de cristalinidad alto generan poros más grandes en la estructura de la bandeja, Cruz-Tirado *et al.* (2019) indica que el almidón de yuca forma espumas más compactas en comparación con almidones de arracacha y oca, debido a su contenido de amilosa.

En la micrografía b) se puede apreciar una mayor densidad y grosor en las paredes de las estructuras, las bolsas de aire son pocas, grandes y fusiformes, esto puede deberse a la presencia de fibras, proteínas, lípidos o material lignocelulósico que está presente en HBA e impide la gelatinización de los gránulos de almidón dando lugar a una estructura irregular en la bioespuma, lo que afecta directamente a la resistencia de la bandeja. Ek *et al.* (2021) indica que la celulosa puede actuar como relleno dentro de las paredes celulares de los extruidos o dispersarse e interactuar con el almidón para crear burbujas en la matriz de la bioespuma. Machado *et al.* (2019) mostró que la piel de maní apoya el crecimiento de las células de aire durante la nucleación de la espuma con almidón de yuca, obteniendo células resistentes al colapso en el termoprensado.

Por otro lado, se muestra que proporciones mayores a 7.5 % de HBA (micrografía c)) las bolsas de aire son más grandes, las paredes de la estructura de adelgazan y se tiene una distribución irregular en comparación con el control, siendo similares a las espumas de

almidón de boniato y fibra de cáscara de piña (Cabanillas *et al.*, 2019), espumas de fibras de cáscara de espárrago, fibras de bagazo de caña de azúcar y almidón de boniato Cruz-Tirado *et al.* (2019).

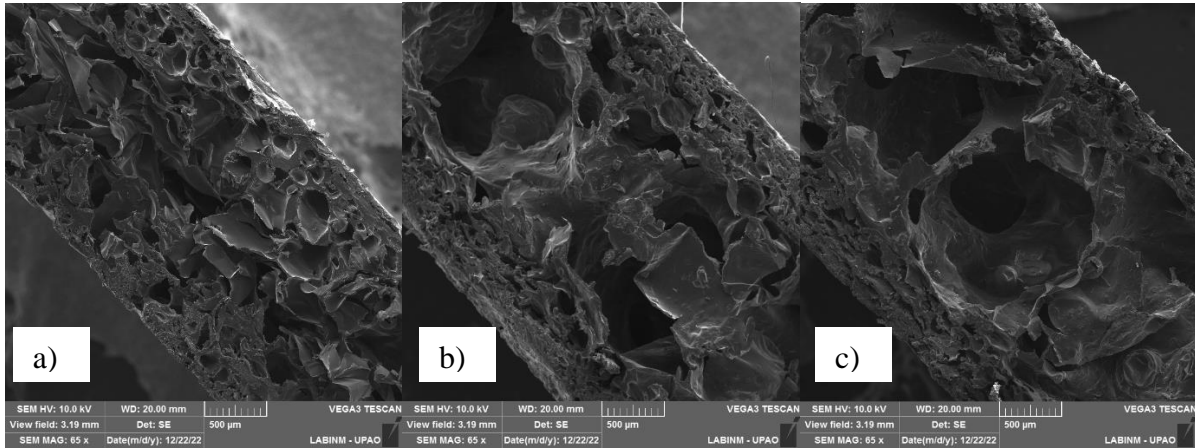


Figura 12. Imágenes de MEB de la sección transversal de bandejas de a) almidón de yuca (T1), b) bandejas de almidón de yuca y 5% HBA (T3) y c) almidón de yuca y 7.5% HBA(T4).

4.7. ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO Y CALORIMETRÍA DE BARRIDO DIFERENCIAL (TGA Y DSC).

Se valuó la estabilidad térmica de la bandeja (T3) a través de las curvas de TGA y DSC que se muestran en la Figura 13 para evaluar si la interacción de los componentes de HBA afectaba su degradación. Se tuvo una pérdida de masa del 11,61% en un rango de temperatura de 0 a 200°C donde se daría la evaporación del agua y los compuestos volátiles. De 200 a 550°C se perdió un 68.87% de la masa atribuida a la degradación de los lípidos (150 -220°C), almidón, proteínas, hemicelulosa (230-320°C) y degradación de celulosa (350 a 450°C) (Aguilar & Tapia-Blácido, 2023), quedando un residuo de 17,86% de la masa que serían las cenizas carbonizadas, siendo este valor menor al 20% (de la masa inicial) de materiales inorgánicos que indica Cruz Tirado *et al.*, (2019). La bandeja de espuma de almidón se degrada con mayor rapidez a diferencia de las que son compuestas con materiales como los que contienen fibras (Chiarathanakrit *et al.*, 2019).

La HBA aumentó la estabilidad térmica de la bandeja de bioespuma, como resultado de la presencia de fibras en la matriz actuando como una barrera a compuestos volátiles que se generan en la descomposición del polímero. Además, HBA aumentó el porcentaje de masa residual debido a las fibras presentes en la matriz de la espuma. Estos efectos de las fibras también fueron observados por Aguilar & Tapia – Blácido (2023), Chiarathanakrit *et al.*, (2019), y Cruz Tirado *et al.*, (2019).

El pico de descomposición (310.84°C) es mayor al reportado por Aguilar & Tapia – Blácido (2023), en la bioespuma de almidón de yuca, sin embargo, es similar a las bandejas compuestas con residuos de palta ($310\text{-}303^{\circ}\text{C}$), además se puede notar que la interacción de la HBA disminuye ligeramente la temperatura máxima.

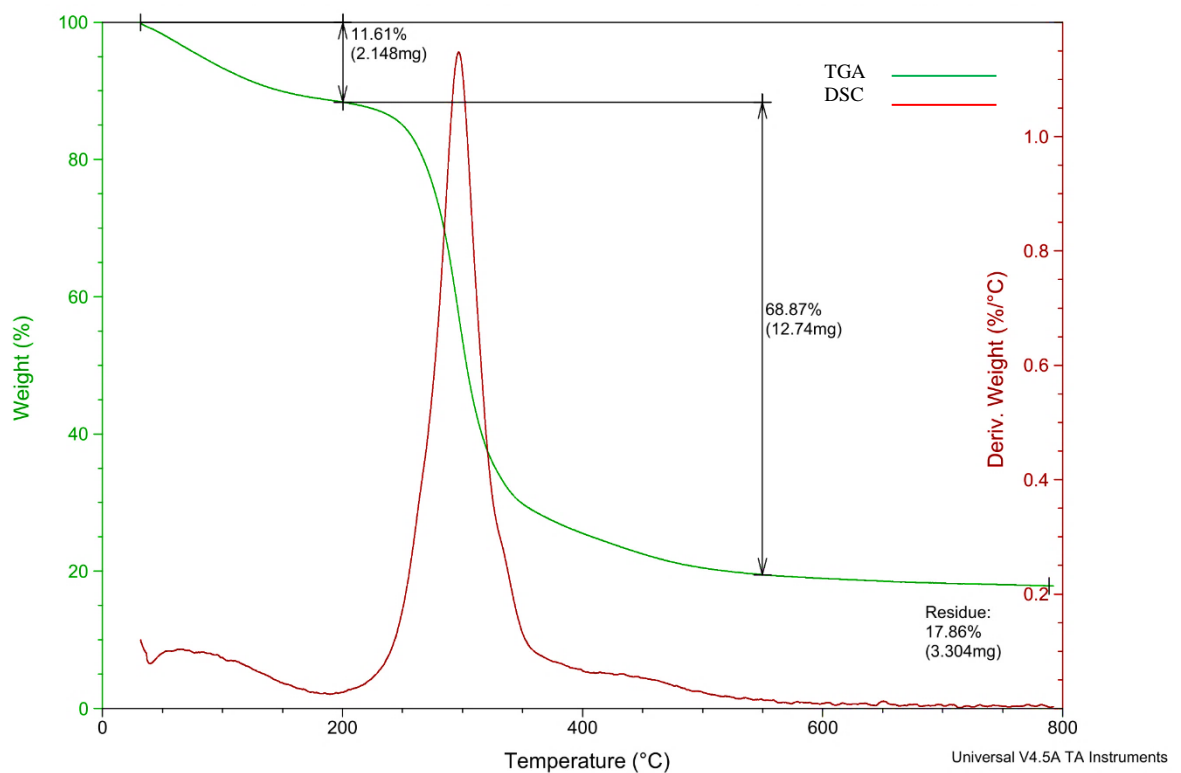


Figura 13. Termograma TGA y DSC de las bandejas de almidón de yuca y HBA

V. CONCLUSIÓN

- Es posible formar bandejas biodegradables a base de almidón de yuca y harina de brácteas de alcachofa utilizando aditivos como glicerol, estearato de potasio y goma guar.
- Se demostró que la cantidad usada de harina de brácteas de alcachofa influye en la formación y las características físicas y mecánicas de las bandejas biodegradables.
- Los estudios físicos, mecánicos, FTIR, SEM, DRX, TGA y DSC demuestran que la formulación de 95% de almidón de yuca con 5% de harina de brácteas de alcachofa presenta propiedades físicas y mecánicas esperanzadoras.
- El análisis de sólidos volátiles confirma la biodegradabilidad de las bandejas.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio formulando envases con almidón de diferentes fuentes con residuos de alcachofa para comparar la interacción entre las materias primas y las propiedades de las bandejas.
- Investigar el desarrollo de bandejas con almidón y partículas o nanopartículas de celulosa de los residuos de alcachofa evaluando la posible toxicidad que se genera en su elaboración.
- Evaluar la composición química y nutricional de las bandejas para ver la viabilidad de ser bandejas comestibles.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adame, B. S. (2019). *Obtención De Almidones De Papa (Solanum Tuberosum) Pregelatinizados Usando Calentamiento Óhmico*. [Tesis de grado], Universidad Autónoma de Querétaro.
- Aguilar, G. J., & Tapia-Blácido, D. R. (2023). Evaluating how avocado residue addition affects the properties of cassava starch-based foam trays. *International Journal of Biological Macromolecules*, 124348.
- Amaya Quiroz, L. (2017). *Influencia de la concentración de nanofibras de peladilla de espárrago en las propiedades físico-mecánicas de bandejas biodegradables*. [Tesis de grado], Universidad Nacional de Trujillo.
- ANAPE. (2023). *Propiedades del poliestireno*. Asociación Nacional del Poliestireno Expandido.
- Angeles Chero, Pedro. (2015). *Diseño De Un Proceso Industrial Para Obtener Plástico Biodegradable A Partir De Almidón De Yuca Manihot Sculenta*. DOI:10.13140/RG.2.2.28512.51200.
- Altavista, C., Moya, M. S. P., & Soledad, M. (2020). *Composición química de la alcachofa y evidencias sobre sus efectos beneficiosos para la salud*. [PDF]. Universidad de alicante.
- Aristizábal, J., & Sánchez, T. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Servicio de tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria. Boletín de Servicios Agrícolas de la F AO - Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma: Boletín de servicios agrícolas de la FAO 163.
- AOAC (2005) Official methods of analysis of Association the Official Agricultural Chemists. 18th ed. Vol:1-2
- Barreiro F; & Coronel A. (2021). *Bagazo de caña de azúcar (Saccharum officinarum) y almidón de yuca (Manihot esculenta) como sustituto de poliestireno en la elaboración*

- de platos biodegradables* [Tesis de grado]. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Feliz López.
- Benlarbi Delai Diaz, O. (2022). *Desarrollo de bandejas tipo espuma a partir de desechos para su uso como envase para alimentos*. [Tesis de grado], Universidad Europea de Madrid.
- Ben, Z. Y., Samsudin, H., & Yhaya, M. F. (2022). Glycerol: Its properties, polymer synthesis, and applications in starch based films. *European Polymer Journal*, 111377.
- Cabanillas, A., Nuñez, J., Cruz-Tirado, J., Vejarano, R., Tapia-Blácido, D. R., Arteaga, H., & Siche, R. (2019). Pineapple shell fiber as reinforcement in cassava starch foam trays. *Polymers and Polymer Composites*, 27(8), 496–506. <https://doi.org/10.1177/0967391119848187>
- Callirgos Romero, D. A. (2022). *Efecto de la hidroxiapatita en las propiedades físicas, mecánicas y térmicas en bandejas biodegradables a partir de residuos de arroz*. [Tesis de Grado], Universidad Nacional de Trujillo.
- Camani, C. (2017). *Diseño Completamente al Azar*. [Trabajo de suficiencia profesional], Universidad José Carlos Mariátegui.
- Cárdenas Toribio, K. R. (2016). *Estudio químico-bromatológico, compuestos bioactivos, y evaluación de la capacidad antioxidante de Cynara scolymus “alcachofa” procedente de Huaral*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional de San Marcos.
- Chiarathanakrit, C., Mayakun, J., Prathep, A., & Kaewtatip, K. (2019). Comparison of the effects of calcified green macroalga (*Halimeda macroloba* Decaisne) and commercial CaCO₃ on the properties of composite starch foam trays. *International journal of biological macromolecules*, 121, 71-76.
- Condori Quispe, M. D. (2020). *Efecto del uso de un líquido iónico en la preparación de muestras biológicas para su observación en el microscopio electrónico de barrido (MEB)*. [Tesis de grado], Universidad Católica de Santa María.

- Congreso de la Republica (2018, 19 de Diciembre). *Ley N° 30884 que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables*. El Peruano.
- Cruz G. (2021). *Efecto de la proporción de fibra y almidon obtenidos del pseudotallo de banano (Musa acuminata) en las propiedades de bandejas biodegradables* [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Trujillo.
- Cruz-Tirado, J. P., Vejarano, R., Tapia-Blacido, D. R., Barraza-Jauregui, G., & Siche, R. (2019). Biodegradable foam tray based on starches isolated from different Peruvian species. *Int J Biol Macromol*, 125, 800-807. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2018.12.111
- Cruz-Tirado, J. P., Vejarano, R., Tapia-Blácido, D. R., Angelats-Silva, L. M., & Siche, R. (2019). The addition of sugarcane bagasse and asparagus peel enhances the properties of sweet potato starch foams. *Packaging Technology and Science*. DOI:10.1002/pts.2429
- Dalagnol, R. D. (2019). *Avaliação de plastificante elastomérico em substituição ao dioctil ftalato nas propriedades de poli (cloreto de vinila)*. [Tesis de grado], Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul.
- Diaz-Diaz, E., Cabrera-Guevara, C., Diaz-Idrogo, Y., Chumacero-Acosta, J. S., & Gamboa-Alarcon, P. W. (2023). Bandejas biodegradables de almidón de papa con fibra de tocón de espárrago (*Asparagus officinalis* L.). *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 3(1), e429. <https://doi.org/10.51252/raa.v3i1.429>
- Díaz, L. (2017). *Efecto de la impregnación de almidón acetilado en la absorción de agua de bandejas biodegradables de almidón de oca (Oxalis tuberosa) y fibra de peladilla de espárrago* [Tesis de grado], Universidad Nacional de Trujillo.
- Dias, J. F., & Acuña, J. G. (2022). Uso de almidón para el desarrollo de bandejas biodegradables. *Journal of Agro-industry Sciences*, 4(2), 69-77.

- Díaz, A. (2020). *Viabilidad del Sustrato de la Hidrólisis Alcalina de la Cáscara de Yuca para los Lactobacillus casei*. [Tesis de grado], Universidad Nacional del Callao.
- Díaz, X. (2017). *Caracterización y optimización de una bandeja biodegradable a partir de maíz, papa, soya y glicerol por el método de termoprensado* [Tesis de grado]. Escuela Agrícola Panamericana.
- Domínguez-Pérez, L. A., Lagunes-Gálvez, L. M., Barajas-Fernández, J., Olán-Acosta, M. D. L. Á., García-Alamilla, R., & García-Alamilla, P. (2019). Caracterización vibracional de grupos funcionales en granos de cacao durante el tostado usando espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier. *Acta universitaria*, 29.
- Duarte-Casar, R. (2022). Gelatinización: Más de lo que Parece. *Revista De Gastronomía Y Cocina*, 1(1).
- Ek, P., Gu, B. J., Saunders, S. R., Huber, K., & Ganjyal, G. M. (2021). Exploration of physicochemical properties and molecular interactions between cellulose and high-amylose cornstarch during extrusion processing. *Current Research in Food Science*, 4, 588-597.
- Espina, M., & Cruz, R. (2016). Propiedades mecánicas de bandejas elaboradas con almidón de especies vegetales nativas y fibras de residuos agroindustriales. *Scientia Agropecuaria*, 7(2), 133-143.
- Ferreira, D. C., Molina, G., & Pelissari, F. M. (2020). Biodegradable trays based on cassava starch blended with agroindustrial residues. *Composites Part B: Engineering*, 183, 107682.
- Gallego, S., García, J. A. (2015). *Producción y Usos de Harina Refinada de yuca*. [PDF].
- García Jarillo, V. H. (2021). Difracción De Bragg y sus utilidades.

- Gilfillan, W. N., Nguyen, D. M. T., Sopade, P. A. and Doherty, W. O. S. (2012). Preparation and characterisation of composites from starch and sugar cane fibre. *Industrial Crops and Products* 40: 45-54.
- Gil-Izquierdo, Á., Conesa, María, A., Ferreres, F., Gil Muñoz, M^a. I. (2001). The effect of storage temperatures on vitamin C and phenolics content of artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 2(3): 199-202. DOI:10.1016/S1466- 8564(01)00018-2
- Gontard, N.; Guilbert, S. ; Cuq, J. L. (1992). Edible wheat gluten films: influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. *Journal of Food Science*. 57, 190-195.
- Hérmida, E. (2011). *Polímeros* [PDF]. <https://goo.su/UDsjlX>
- Isique, M. J. & Sing, J. L. (2017). *Influencia de la Hidrólisis Química en las Características Fisicoquímicas y Funcionales de los Residuos Industriales De Papa, Camote y Yuca*. [Tesis de grado], Universidad Nacional del Santa.
- Jane, J. L. (2006). Current understanding on starch granule structures. *Journal of Applied Glycoscience*, 53(3), 205-213.
- Júnior, A. S. S., de Menezes, A. T. S., & do Nascimento, B. M. S. (2021). Elaboração e características físico-químicas de biscoito enriquecido com fécula de mandioca (*manihot esculenta crantz*) e farinha de bagaço de uva (*vitis sp.*). *Brazilian Journal of Health Review*, 4(2), 6817-6833.
- Kahvand, F., & Fasihi, M. (2020). Microstructure and physical properties of thermoplastic corn starch foams as influenced by polyvinyl alcohol and plasticizer contents. *International journal of biological macromolecules*, 157, 359-367.
- Khan, M. U. A., Iqbal, I., Ansari, M. N. M., Razak, S. I. A., Raza, M. A., Sajjad, A., ... & Jusoh, N. (2021). Development of antibacterial, degradable and ph-responsive chitosan/guar

- gum/polyvinyl alcohol blended hydrogels for wound dressing. *Molecules*, 26(19), 5937.
- Khanoonkon, N., Yenpirun, P., Chotineeranat, S., & Chatakanonda, P. (2022). Development of Biofoam Trays from Cassava Starch Blended with Citric Acid-modified Starch and Sugarcane Bagasse Cellulose Fiber. *Journal of Food Science and Agricultural Technology (JFAT)*, 6(1), 40-45.
- Machado, C. M., Benelli, P., & Tessaro, I. C. (2019). Constrained mixture design to optimize formulation and performance of foams based on cassava starch and peanut skin. *Journal of Polymers and the Environment*, 27(10), 2224-2238.
- Marquez Marusic, M. A. (2022). *Efecto del hidrólisis ácida sobre las propiedades de almidones obtenidos de dos variedades de papa amarga y tunta*. [Tesis de grado], Universidad Agraria la Molina.
- Matos Medina, I. Y., & Díaz Milla, J. B. (2022). Caracterización de bandejas biodegradables de almidón y fibra de semilla de *Persea americana* y almidón de *Mangifera indica*. [Tesis de grado], Universidad Nacional del Santa.
- Meira, G., & Gugliotta, L. (2022). *Polímeros: introducción a su caracterización ya la ingeniería de polimerización*. Universidad Nacional del Litoral.
- Mendoza, J. J. G., Mendoza, M. J. Z., Zambrano, P. A. V., Murillo, J. P. M., & Alava, R. C. P. (2021). Almidón nativo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) como agente ligante en la producción de mortadela tipo bologna. *Manglar*, 18(1), 61-69.
- Meng, L., Liu, H., Yu, L., Duan, Q., Chen, L., Liu, F., Shao, Z., Shi, K., & Lin, X. (2019). How water acting as both blowing agent and plasticizer effect on starch-based foam. *Industrial Crops and Products*, 134, 43-49. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.03.056>

- Mello, L. R., & Mali, S. (2014). Use of malt bagasse to produce biodegradable baked foams made from cassava starch. *Industrial Crops and Products*, 55, 187-193.
- Moeini, A., Germann, N., Malinconico, M., & Santagata, G. (2021). Formulation of secondary compounds as additives of biopolymer-based food packaging: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 342-354.
- Monge, C. M., Nuñez, N. S. y Velez, F. S. (2019). *Aprovechamiento de Residuos de Alcachofa (Cynara Scolymus L.) para la Fabricación de Harina Utilizada en el Enriquecimiento con Fibra de un Yogurt Frutado con Probióticos*. [Tesis de grado], Universidad San Ignacio de Loyola.
- Mongle, C; Nuñez, N, & Velez, F. (2019). *Aprovechamiento de residuos de alcachofa (Cynara Scolymus L.) para la fabricación de harina utilizada en el enriquecimiento con fibra de un yogurt frutado con prebióticos* [Tesis de grado]. Universidad San Ignacio de Loyola.
- Montiel, E. G. (2020). *Modificación dual del almidón de yuca: oxidación-esterificación, y termoplastificación, para la compatibilización con PLA*. [Tesis de Grado], Centro de Investigación de Química Aplicada.
- Moseson, D. E., Jordan, M. A., Shah, D. D., Corum, I. D., Alvarenga Jr, B. R., & Taylor, L. S. (2020). Application and limitations of thermogravimetric analysis to delineate the hot melt extrusion chemical stability processing window. *International Journal of Pharmaceutics*, 590, 119916.
- Moron Guevara, A. J. (2017). *Propiedades Fisicoquímicas y Mecánicas de bandejas de Almidón de Arracacha (arracacia xanthorrhiza) reforzadas con fibra de bagazo de caña y peladilla de espárrago*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Trujillo.
- Mukherjee, T., & Kao, N. (2011). PLA Based Biopolymer Reinforced with Natural Fibre: A Review. *Journal of Polymers and the Environment*, 19(3), 714–725. DOI:10.1007/s10924-011-0320-6

- Nara, S. and Komiya, T. (1983) Studies on the Relationship between Water-Saturated State and Crystallinity by the Diffraction Method for Moistened Potato Starch. *Starch-Stärke*, 35, 407-410. <https://doi.org/10.1002/star.19830351202>
- NTP 900.080 (2015). ENVASES Y EMBALAJES. Requisitos de los envases y embalajes. Programas de ensayo y criterios de evaluación de biodegradabilidad. INDECOPI
- Lara-Gómez, A. B., Aguirre-Loredo, R. Y., Castro-Rosas, J., Rangel-Vargas, E., Hernández-Juárez, M., & Gómez-Aldapa, C. A. (2022). Películas de almidón de papa (*Solanum tuberosum* L.), empaques innovadores para alimentos: una revisión. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*.
- Lemos, F. B. C. D. (2018). *Produção e avaliação de parâmetros físico-químicos de fécula de mandioca colorida* (Bachelor's thesis).
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2019). Agents Classified by the IARC Monographs [PDF]. Agencia Internacional de Investigación de Cáncer (IARC)
- Orsini, S. M. D., & Aparicio, G. P. P. (2021). Espectroscopia de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FT-IR) Para Análisis de Muestras de Harina de Trigo, Fécula de Maíz y Almidón de Yuca. @ *limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 19(1).
- Osorio Herrera, A. P., & Rubiano Hernández, K. D. (2019). *Desarrollo de una biopelícula partiendo de cáscara de banano y fibra natural como agente de refuerzo a nivel laboratorio* (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América).
- Pandino, G., Lombardo S.& Mauromicale G, (2011). Mineral profile in globe artichoke as affected by genotype, head part and environment. *J.Sci.Food Agr.* 91:302-8. DOI: 10.1002/jsfa.4185
- Parra-Campos, A., Serna-Cock, L., & Solanilla-Duque, J. F. (2022). Effect of the addition of fique bagasse microparticles in obtaining a biobased material based on cassava starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 207, 289-298.

- Peinado, M. (2015). *Estudio de la biodegradabilidad y desintegración de películas a base de almidón y PVA que incorporan diferentes sustancias antimicrobianas* [Tesis de grado], Universidad Politécnica de Valencia.
- Pérez Navarro, O., Ley Chong, N., González Suárez, E., Ferráz Negrín, Y., & Toledo Martínez, L. D. L. C. (2018). Determinación de condiciones de reacción y cinética en la acetilación de almidón de yuca. *Centro Azúcar*, 45(2), 88-100.
- Pérez, L. A. B., & Agama-Acevedo, E. (2017). Starch. In *Starch-Based Materials in Food Packaging* (pp. 1-18). Academic Press.
- Pimentel Robles, L. I. (2015). *Efecto de la sustitución de harina de trigo (Triticum Aestivum) por harina de brácteas de alcachofa (Cynara Scolymus) sobre el contenido de fibra cruda, firmeza instrumental y aceptabilidad general de galletas dulces*. [Tesis de grado]. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Porras, C. (2017). *Estudio de pre-factibilidad para la instalación de una planta de producción de bandejas descartables biodegradables* [Tesis de grado]. Universidad de Lima.
- Prosky, L., Asp, N. G., Schweizer, T. F., Devries, J. W., & Furda, I. (1988). Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory study. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 71(5), 1017-1023.
- Posada, Juan Carlos; Montes-Florez, Emmanuel (2021). Revisión: materiales poliméricos biodegradables y su aplicación en diferentes sectores industriales. *Informador Técnico*, 86(1), 94 - 110. <https://doi.org/10.23850/22565035.3417>
- Pozo Morales, A. R. (2019). *Materiales compuestos de fibras naturales*. [Doctoral dissertation], Universidad Politécnica de Madrid.
- Ramírez Ortega, C. A. (2021). *Desarrollo de un envase térmico biodegradable a base de harinas de cascarilla de (Oryza sativa), cáscara de mango (Mangifera indica) y*

- almidón de yuca (Manihot esculenta)*. [Tesis de grado], Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Ramos Gutiérrez, M. (2021). *Desarrollo y caracterización de materiales compuestos altamente tenaces de matriz biodegradable y refuerzos inorgánicos*. [Tesis de grado], Universidad del País Vasco.
- Reis, M. O., Olivato, J. B., Bilck, A. P., Zanela, J., Grossmann, M. V. E., & Yamashita, F. (2018). Biodegradable trays of thermoplastic starch/poly (lactic acid) coated with beeswax. *Industrial Crops and Products*, 112, 481-487.
- Rodríguez, J. (2006). *Aprovechamiento de residuos de alcachofa* [PDF]. Universidad de Murcia. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular.
- Rodrigues, N. H. P., de Souza, J. T., Rodrigues, R. L., Canteri, M. H. G., Tramontin, S. M. K., & de Francisco, A. C. (2020). Starch-based foam packaging developed from a by-product of potato industrialization (*Solanum tuberosum* L.). *Applied Sciences*, 10(7), 2235.
- Romani, A., Pinelli, P., Cantini, C., Cimatón, C., Heimler, D, (2006). Characterization of Violetto di Toscana, a typical Italian variety of artichoke (*Cynara scolymus* L.), *Food Chemistry* 95, 221-225. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.01.013
- Martínez, D. M. G. (2021). *Facultad De Química*. [Doctoral Dissertation], Universidad Autónoma De Querétaro.
- Salgado, P. R., Schmidt, V. C., Ortiz, S. E. M., Mauri, A. N., & Laurindo, J. B. (2008). Biodegradable foams based on cassava starch, sunflower proteins and cellulose fibers obtained by a baking process. *Journal of Food engineering*, 85(3), 435-443. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2007.08.005

- San José Barrero, F. (2018). *Revaloración de subproductos de la industria conservera vegetal: obtención de fibra de alcachofa y elaboración de galletas tipo "digestive"*. [Tesis de grado], Universidad de Burgos.
- Sánchez Calancha, J. I., & Valdez Dávila, L. S. (2019). *Biopelícula activa a base de almidón de mandioca (Manihot Esculenta) aceite esencial de romero (Rosmarinus officinalis) reforzado con organoarcillas*. [Tesis de grado] Universidad Peruana Unión.
- Sánchez Calancha, J. I., & Valdez Dávila, L. S. (2019). *Biopelícula activa a base de almidón de mandioca (Manihot Esculenta) aceite esencial de romero (Rosmarinus officinalis) reforzado con organoarcillas*. [Tesis de grado], Universidad Peruana Unión.
- Salmerón, F. I. (2019). *Elaboración y caracterización de un material biodegradable utilizando desechos de lechuga de la Planta Poscosecha en la Escuela Agrícola Panamericana*. [Tesis de grado], Escuela Agrícola Panamericana.
- Shaikh, S., Yaqoob, M., & Aggarwal, P. (2021). An overview of biodegradable packaging in food industry. *Current Research in Food Science*, 4, 503-520.
- Schmiele, M., Sampaio, U. M., & Clerici, M. T. P. S. (2019). Basic principles: Composition and properties of starch. *In Starches for Food Application* (pp. 1-22). Academic Press.
- Soto, J. P. (2012), *JPS ção de resíduos de col Manihot esculenta CRA o potencial de co-geração de produção d*. [Tesis de Grado], Universidad estadual de Campinas.
- Standard Methods. (1989). *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. New York: American Public Health Association.
- Stoffel, F., Weschenfelder, EF, Camassola, M., Piemolini-Barreto, LT y Zeni, M. (2019). Influencia de los plastificantes en la degradación enzimática y la resistencia al agua de placas de espuma de almidón obtenidas por expansión térmica. *Revista de Polímeros y Medio Ambiente*, 27, 739-746.

- Tapia-Blácido, D. R., Aguilar, G. J., de Andrade, M. T., Rodrigues-Júnior, M. F., & Guareschi-Martins, F. C. (2021). Trends and challenges of starch-based foams for use as food packaging and food container. *Trends in Food Science & Technology*.
- Versino, F., López, O. V., & García, M. A. (2021). Biodegradabilidad de materiales expandidos a base de almidón termoplástico y un subproducto de la industria aceitera. *IV Workshop de Polímeros Biodegradables y Biocompuestos – BIOPOLI*.
- Warren, F. J., Gidley, M. J., & Flanagan, B. M. (2016). Infrared spectroscopy as a tool to characterise starch ordered structure—a joint FTIR–ATR, NMR, XRD and DSC study. *Carbohydrate polymers*, 139, 35-42.
- Yañez, K. (2017). *Impacto ambiental de bandejas biodegradables a base de almidón de camote (Ipomoea batatas) y fibra de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.), utilizando el análisis del ciclo de vida* [tesis de grado]. Universidad Nacional de Trujillo.
- Zavaleta, J. A., & Zevallos, A. R. (2016). Efecto de la adición de harina de brácteas de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de yogur simbiótico batido. *PUEBLO CONTINENTE*, 26(1), 106-115.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de Varianza (ANOVA) de los Parámetros de Color L*, a*, b* y Color.

Cuadro 1 (Anexo 1): ANOVA para el parámetro L*.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	984.407	6	164.068	136.77	0.0000
Intra grupos	16.7947	14	1.19962		
Total (Corr.)	1001.2	20			

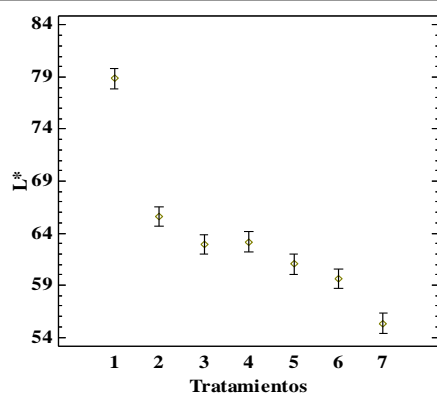


Figura 1 (Anexo 1). Gráfico de medias del parámetro L* de las bandejas.

Cuadro 2 (Anexo 1): ANOVA para el parámetro a*.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	44.4425	6	7.40709	54.60	0.0000
Intra grupos	1.89927	14	0.135662		
Total (Corr.)	46.3418	20			

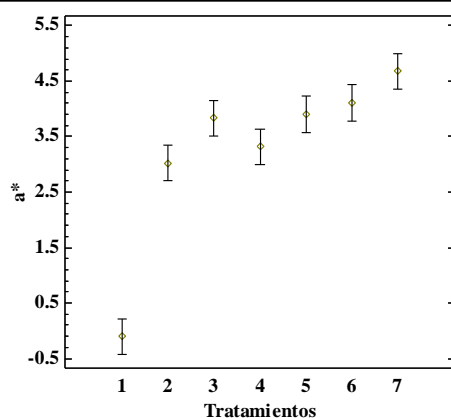


Figura 2 (Anexo 1). Gráfico de medias del parámetro a* de las bandejas.

Cuadro 3 (Anexo 1): ANOVA para el parámetro b*.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	125.603	6	20.9339	4.34	0.0111
Intra grupos	67.4796	14	4.81997		
Total (Corr.)	193.083	20			

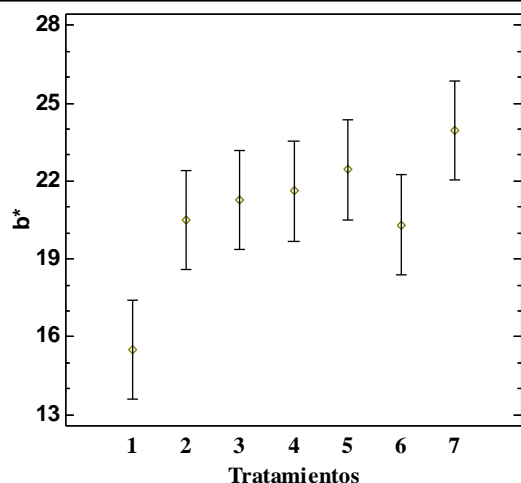


Figura 3 (Anexo 1). Gráfico de medias del parámetro b* de las bandejas.

Cuadro 4 (Anexo 1): ANOVA del color.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	723.1	6	120.517	106.79	0.0000
Intra grupos	15.8002	14	1.12859		
Total (Corr.)	738.901	20			

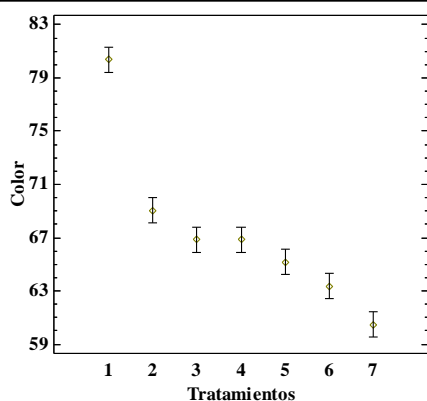


Figura 4 (Anexo 1). Gráfico de medias del color de las bandejas.

Anexo 2. Análisis de Varianza (ANOVA) de las propiedades físicas de las bandejas (Espesor, densidad, solubilidad, humedad, capacidad de absorción de agua y sólidos volátiles).

Cuadro 1 (Anexo 2): ANOVA del espesor de las bandejas.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1.88863	6	0.314771	4.12	0.0137
Intra grupos	1.07027	14	0.0764476		
Total (Corr.)	2.9589	20			

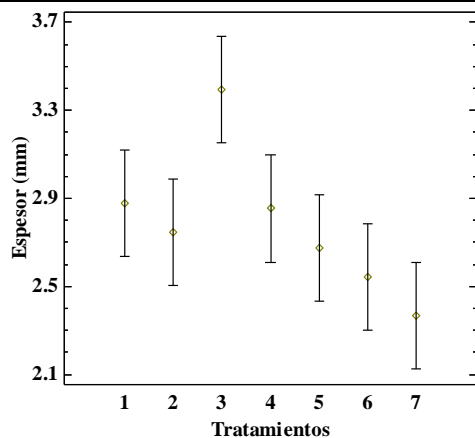
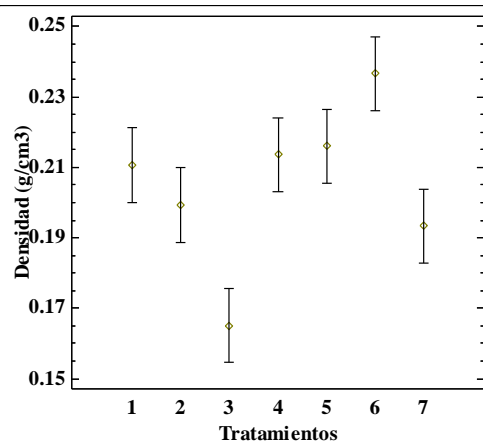


Figura 1 (Anexo 2). Gráfico de medias del espesor de las bandejas.

Cuadro 2 (Anexo 2): ANOVA de la densidad de las bandejas.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.00899762	6	0.0014996	10.41	0.0002
Intra grupos	0.00201733	14	0.000144095		
Total (Corr.)	0.011015	20			



Gráfica 2 (Anexo 2). Gráfico de medias de la densidad de las bandejas.

Cuadro 3 (Anexo 2): ANOVA de la solubilidad de las bandejas.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6.32345	6	1.05391	17.90	0.0000
Intra grupos	0.824333	14	0.058881		
Total (Corr.)	7.14778	20			

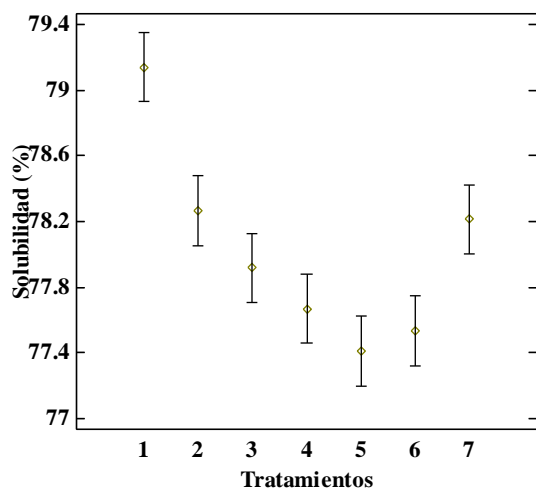


Figura 3 (Anexo 2). Gráfico de medias de la solubilidad de las bandejas.

Cuadro 4 (Anexo 2): ANOVA de la capacidad de absorción de agua de las bandejas.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3196.18	6	532.697	1373.69	0.0000
Intra grupos	5.429	14	0.387786		
Total (Corr.)	3201.61	20			

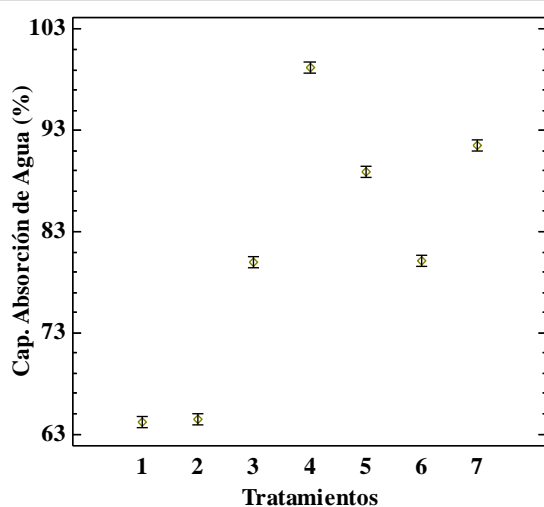


Figura 4 (Anexo 2). Gráfico de medias de la capacidad de absorción de agua de las bandejas.

Cuadro 5 (Anexo 2): ANOVA de la humedad de las bandejas.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	7.91339	6	1.3189	69.71	0.0000
Intra grupos	0.264867	14	0.018919		
Total (Corr.)	8.17826	20			

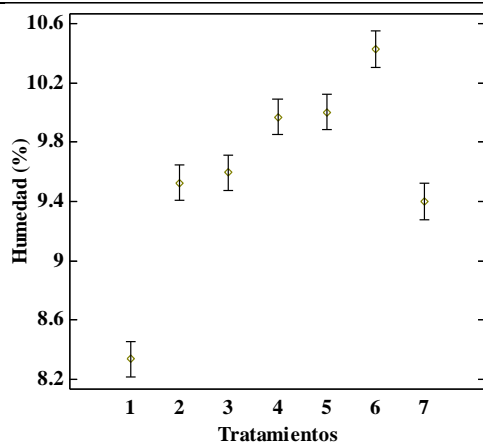


Figura 5 (Anexo 2). Gráfico de medias de la humedad de las bandejas.

Cuadro 6 (Anexo 2): ANOVA de los sólidos volátiles de las bandejas.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	61.4419	6	10.2403	24.01	0.0000
Intra grupos	5.97067	14	0.426476		
Total (Corr.)	67.4126	20			

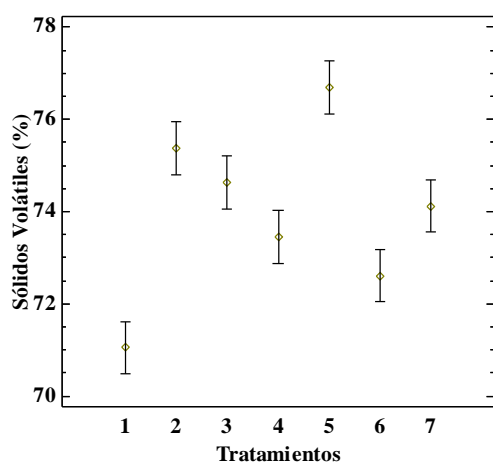


Figura 6 (Anexo 2). Gráfico de los sólidos volátiles de las bandejas.

Anexo 3. Análisis de Varianza (ANOVA) de las propiedades mecánicas de las bandejas (Dureza, deformación, tensión y elongación).

Cuadro 1 (Anexo 3): ANOVA de la dureza de las bandejas.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	175.311	6	29.2185	6.99	0.0013
Intra grupos	58.4839	14	4.17742		
Total (Corr.)	233.795	20			

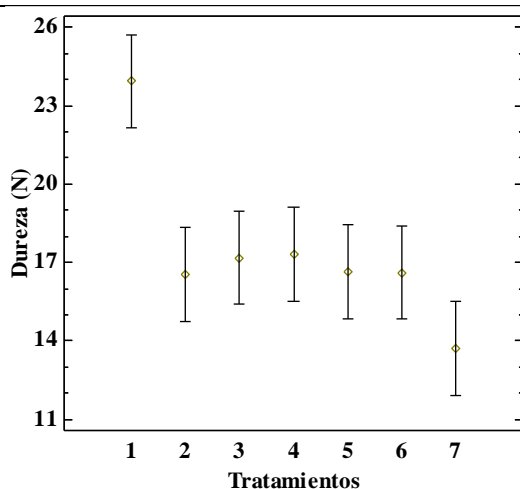


Figura 1 (Anexo 3). Gráfico de medias de la dureza de las bandejas.

Cuadro 2 (Anexo 3): ANOVA de la deformación de las bandejas.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6.8205	6	1.13675	7.91	0.0007
Intra grupos	2.01273	14	0.143767		
Total (Corr.)	8.83323	20			

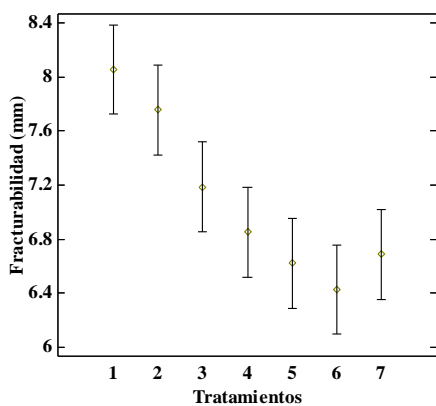


Figura 1 (Anexo 3). Gráfico de medias de la deformación de las bandejas.

Cuadro 3 (Anexo 3): ANOVA de la tensión de las bandejas.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.00138648	6	0.000231079	33.24	0.0000
Intra grupos	0.0000973333	14	0.00000695238		
Total (Corr.)	0.00148381	20			

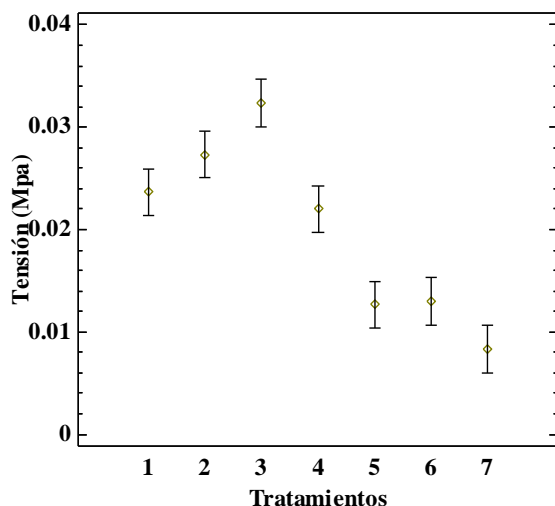


Figura 1 (Anexo 3). Gráfico de medias de la tensión de las bandejas.

Cuadro 4 (Anexo 3): ANOVA de la elongación de las bandejas.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	5.54799	6	0.924665	31.38	0.0000
Intra grupos	0.412533	14	0.0294667		
Total (Corr.)	5.96052	20			

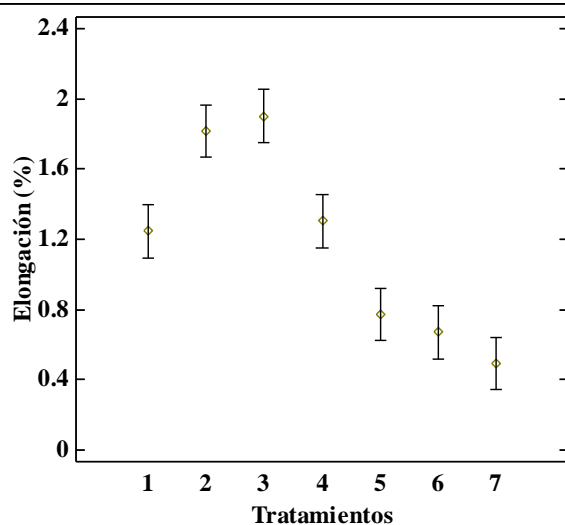


Figura 1 (Anexo 3). Gráfico de medias de la elongación de las bandejas.

Anexo 4. Obtención de del almidón de yuca.



a) Yuca sin cascara



b) Molienda y tamizado.



c) Sedimentado



d) Secado



e) Molienda



f) Tamizado

Anexo 5. Obtención de la harina de brácteas de alcachofa



a) Lavado



b) Secado



b) Molienda



c) Tamizado

Anexo 6. Elaboración de las bandejas



a) Formulaci3n



b) Mezclado



c) Pesado de la masa



d) Termoformado



e) Bandejas biodegradable

Anexo 7. Anàlisis de las propiedades de las bandejas



a) Anàlisis de Humedad



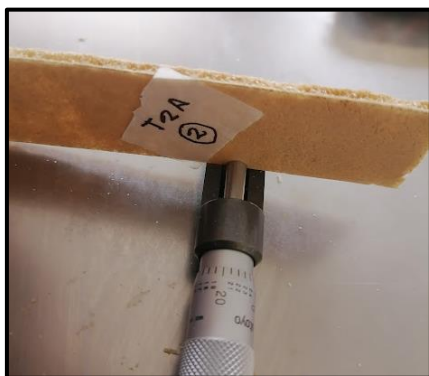
b) Analisis de solidos volatiles



c) Anàlisis de Solubilidad



d) Analisis de Absorcion de agua



e) Medida de espesor



f) Determinación de Densidad

“FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BANDEJAS BIODEGRADABLES CON ALMIDÓN DE Manihota Sculenta Y FIBRAS DE Cynara Scolymus”

por Juanita Analí Ponce Ramirez Nilson Ruonaldo Horna Menacho

Fecha de entrega: 26-jul-2023 09:08a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2137109083

Nombre del archivo: INFORME_DE_TESIS-PONCE-HORNA_OK.pdf (2.74M)

Total de palabras: 20620

Total de caracteres: 108456

"FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BANDEJAS BIODEGRADABLES CON ALMIDÓN DE Manihota Sculenta Y FIBRAS DE Cynara Scolymus"

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Elza Aguirre, Jorge Domínguez, Eudes Villanueva, Juanita Anali Ponce-Ramirez et al. "Biodegradable trays based on Manihot esculenta Crantz starch and Zea mays husk flour", Food Packaging and Shelf Life, 2023 Publicación	1%
4	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
6	repositorio.upeu.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unicauca.edu.co:8080 Fuente de Internet	

<1 %

8

ojs.unipamplona.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

9

oa.upm.es

Fuente de Internet

<1 %

10

repositorio.ucsg.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

11

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

12

docplayer.es

Fuente de Internet

<1 %

13

revistas.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

14

www.dspace.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

15

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1 %

16

repositorio.unsa.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

17

repositorio.unal.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

18

repositorio.usil.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

19	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	riubu.ubu.es Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to Corporación Universitaria del Caribe Trabajo del estudiante	<1 %
22	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	ri.ujat.mx Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
25	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	riunet.upv.es Fuente de Internet	<1 %
27	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
28	Submitted to Universidad Nacional del Santa Trabajo del estudiante	<1 %
29	coek.info Fuente de Internet	<1 %

30	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.ufpb.br Fuente de Internet	<1 %
32	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
33	fdocumentos.tips Fuente de Internet	<1 %
34	sired.udenar.edu.co Fuente de Internet	<1 %
35	Miguel Fernando Aldas Carrasco. "Uso de derivados de colofonia como aditivos sostenibles en biopolímeros de almidón termoplástico (TPS)", Universitat Politecnica de Valencia, 2021 Publicación	<1 %
36	ri.conicet.gov.ar Fuente de Internet	<1 %
37	www.scielo.cl Fuente de Internet	<1 %
38	1library.co Fuente de Internet	<1 %
39	Delia R. Tapia-Blácido, Guilherme José Aguilar, Mateus Teixeira de Andrade, Márcio F. Rodrigues-Júnior et al. "Trends and challenges	<1 %

of starch-based foams for use as food packaging and food container", Trends in Food Science & Technology, 2021

Publicación

40 Submitted to Universidad de Córdoba <1 %
Trabajo del estudiante

41 repositorio.unapiquitos.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

42 ri-ng.uaq.mx <1 %
Fuente de Internet

43 subversion.asamblea.com <1 %
Fuente de Internet

44 www.foristom.org <1 %
Fuente de Internet

45 Pimtong Tavitiyaman, Wing-Sze Lancy Tsang, Siu-Kam Jamie Lo. "Customers' Perceived Values and Purchase Intention through Satisfaction: Differences Based on Food Delivery Application Platform and Buying Power", International Journal of Hospitality & Tourism Administration, 2022 <1 %
Publicación

46 repositorio.unh.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

47 www.cannabis-med.org <1 %
Fuente de Internet
