UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FUNCIONALES A LA PULPA MICROENCAPSULADA DE NUEZ DE CASHO *(Anacardium occidentale L.)* SECADO A DIFERENTES TEMPERATURAS DE ATOMIZACIÓN Y ENCAPSULANTE EN UCAYALI.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

ANDREA DE LOS ANGELES DÍAZ AVILA

PUCALLPA - PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de tesis, presentado por **ANDREA DE LOS ANGELES DÍAZ AVILA,** denominada **"EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FUNCIONALES A LA PULPA MICROENCAPSULADA DE NUEZ DE CASHO *(Anacardium occidentale L.)* SECADO A DIFERENTES TEMPERATURAS DE ATOMIZACIÓN Y ENCAPSULANTE EN UCAYALI",** para cumplir con el requisito (académico o título profesional) de **TÍTULO PROFESIONAL.**

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo así como los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos: **APROBADO POR MAYORÍA** con el calificativo **(15) QUINCE.**

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el Título de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL,** de conformidad con lo estipulado en los Art. 3 y 6 del reglamento para el otorgamiento de grado académico de bachiller y título profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 02 de febrero de 2024.

Ing. Alex Rengifo Zumaeta, M.Sc
Presidente

Ing. Milton Miguel Pirro Lozano, M.Sc.
Secretario

Ing. José Antonio Pacheco Chuco, M.Sc.
Miembro

Ing. Carlos Ruíz Padilla, M.Sc.
Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito parcial para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Ing. Alex Rengifo Zumaeta, M.Sc. .....
Presidente

Ing. Milton Miguel Pirro Lozano, M.Sc. .....
Secretario

Ing. José Antonio Pacheco Chuco, M.Sc. .....
Miembro

Ing. Carlos Ruiz Padilla, M.Sc. .....
Asesor

Bach. Andrea de los Angeles Díaz Avila .....
Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

N.º **V/0786-2023**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FUNCIONALES A LA PULPA MICROENCAPSULADA DE NUEZ DE CASHO (Anacardium occidentale L.) SECADO A DIFERENTES TEMPERATURAS DE ATOMIZACIÓN Y ENCAPSULANTE EN UCAYALI.**"

Autor(es) : **DIAZ AVILA, ANDREA DE LOS ANGELES**

Facultad : **CIENCIAS AGROPECUARIAS**

Escuela : **ING. AGROINDUSTRIAL**

Asesor(a) : **MG. RUIZ PADILLA CARLOS**

Presenta un **porcentaje de similitud de 10%,** verificado en el Sistema Antiplagio URKUND/OURIGINAL,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 29/12/2023

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Andrea de los Angeles Díaz Avila

Autor de la tesis titulada : Evaluación de Propiedades Funcionales a la Pulpa Microencapsulada de Nuez de Casho (Anacardium Occidentale L.) Secado a Diferentes Temperaturas de Atomización y Encapsulante en Ucayali.

Sustentada el año: 2024

Asesor(a): Ing. Carlos Ruiz Padilla

Facultad: Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional: Ingeniería Agroindustrial

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 04 / 03 / 2024

Email: andreadiazavila13@gmail.com Firma:

Teléfono: 925296836 DNI: 72079378

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA.

A mi amada madre, Isabel Avila Acosta, por haberme apoyado en todo momento sin excusa alguna, siendo mi inspiración y motivación, por siempre darme el aliento necesario para ser perseverante y cumpla con mis ideales, por haberme formado de manera adecuada, con normas y reglas para llegar a ser la persona que soy en la actualidad.

AGRADECIMIENTO.

Le agradezco a Dios por haberme acompañado, iluminado y guiado en todo momento, por ser mi fortaleza y brindar de buena salud a los míos y a mí.

A la Universidad Nacional de Ucayali por su excelente plana de catedráticos, que no brindan sus conocimientos para la adecuada formación profesional de nosotros, los estudiantes.

A mi asesor, Ing. Carlos Ruiz Padilla. M.Sc. por su tiempo, sus consejos, su dedicación y paciencia, que sin sus correcciones precisas no hubiese llegado a esta instancia tan anhelada.

Le doy gracias a mi madre Isabel Avila Acosta por haber estado para mí en todo momento, por los valores que me ha inculcado desde pequeña. Pero, sobre todo, le agradezco por ser una mujer valiente, luchadora, amorosa y responsable.

A mi hermana Cristina por ser una persona muy importante en mi vida, por estar para mí en todo momento, por llenar mis días de mucha alegría, enseñanzas y amor.

INDICE.

RESUMEN. xi
ABSTRACT. xii
LISTA DE CUADROS..... xiii
LISTA DE FIGURAS..... xiv
I.INTRODUCCION..... 1
II.REVISION DE LITERATURA……..... 3
2.1. ANTECEDENTES. 3
2.2.PROPIEDADES FUNCIONALES. 8
2.2.1.Índice de solubilidad al agua (I.S.A). 8
2.2.2. Índice de absorción al agua (I.A.A). 9
2.2.3.Poder de hinchamiento (P.H). 9
2.3.CASHO (*Anacardium occidental L.).* 10
2.3.1.Productos y subproductos de casho. 11
2.3.2.Nueces crudas. 11
2.3.3.Componentes. 12
2.4.MICROENCAPSULACION. 13
2.4.1.Tamaño de partículas..... 15
2.4.2.Materiales encapsulantes..... 15
2.5.MALTODEXTRINA. 16
2.6.SECADO POR ATOMIZACIÓN..... 17
III.MATERIALES Y METODOS. 19
3.1LUGAR DE EJECUCIÓN..... 19
3.2.MATERIA PRIMA E INSUMO..... 19
3.2.1.Materia prima 19
3.2.2.Insumo. 19
3.3.MATERIALES Y EQUIPOS. 19
3.3.1.Materiales de proceso. 19
3.3.2.Materiales de laboratorio. 19

3.3.3.Equipos. 20
3.4.METODOLOGIA EXPERIMENTAL. 21
3.4.1.Casho (*Anacardium occidental L*.): 22
3.4.2.Selección:..... 22
3.4.3.Extracción de semilla: 22
3.4.4.Lavado: 23
3.4.5.Escurrido: 23
3.4.6.Escaldado: 23
3.4.7.Secado: 23
3.4.8.Cortado: 24
3.4.9.Extracción de nuez:..... 24
3.4.10Licuado:..... 24
3.4.11.Tamizado: 24
3.4.12.Filtrado: 24
3.4.13.Estandarizado: 25
3.4.14.Atomizado: 25
3.4.15.Almacenado: 25
3.5.MÉTODOS DE ANÁLISIS. 26
3.5.1.Propiedades funcionales. 26
3.6.DISEÑO ESTADISTICO. 26
3.6.1.Modelo estadístico DCA con arreglo factorial 3^2 x 3..... 27
3.6.2.Distribución de las interacciones (tratamientos). 27
3.6.3.Análisis de Varianza en DCA con arreglo factorial. 28
3.7.ESQUEMA EXPERIMENTAL. 29
3.8.TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN. 30
3.8.1.Tipo de investigación..... 30
3.8.2.Nivel de investigación..... 30
3.8.3.Población y muestra. 30

3.9.MEDICION DE LA VARIABLE 31
3.9.1.Variable independiente..... 31
3.9.2.Variable dependiente. 31
3.10.DESCRIPCION DE TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS. 31
IV.RESULTADOS..... 32
4.1.INDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA (I.A.A): TEMPERATURA DE ATOMIZACIÓN (°C) * CONCENTRACIÓN DE MALTODEXTRINA (%). 32
4.2. INDICE DE SOLUBILIDAD AL AGUA (I.S.A): TEMPERATURA DE ATOMIZACIÓN (°C) * CONCENTRACIÓN DE MALTODEXTRINA (%). 33
4.3. PODER DE HINCHAMIENTO (P.H): TEMPERATURA DE ATOMIZACIÓN (°C) * CONCENTRACIÓN DE MALTODEXTRINA (%). 34
V.DISCUSIONES……..…...35
VI.CONCLUSIONES. 39
VII.RECOMENDACIONES. 40
VIII.LITERATURA CITADA.....41
IX.ANEXO. 49

RESUMEN.

La investigación se ejecutó en el Laboratorio de Tecnología e Industrias Lácteas - Escuela de Ingeniería Agroindustrial - Universidad Nacional de Ucayali en Pucallpa. El objetivo, fue evaluar las propiedades funcionales en la pulpa microencapsulada de nuez de casho *(Anacardium occidentale L.)* secado a diferentes temperaturas de atomización y encapsulante. Los factores en estudio: **A** (Temperatura de atomización) con sus niveles $\mathbf{a_1}$ = 150 °C; $\mathbf{a_2}$ = 160 °C y $\mathbf{a_3}$ = 170 °C; **B** (Concentración de Maltodextrina) con sus niveles $\mathbf{b_1}$ = 5 %; $\mathbf{b_2}$ = 8 %; y $\mathbf{b_3}$ = 10 %, los que fueron conducidos en un diseño completamente al azar (**DCA**) con arreglo factorial $\mathbf{3^2 \times 3}$, y los datos obtenidos se procesaron mediante el software estadístico Minitab® 17.1.0 vers. 2019 al haberse encontrado diferencias estadísticamente significativas se empleó el Test de Tukey p (< 0.05). Se evaluaron las propiedades funcionales: índice de solubilidad al agua (**I.S.A**) (%), índice de absorción al agua (**I.A.A**) (g) y poder de hinchamiento (**P.H**) (g). Los resultados señalan que el aumento de temperatura de atomización y concentración de Maltodextrina incrementan las propiedades funcionales: en I.S.A (g) 170 °C * 10 % (85.04 ^{a}), 160 °C * 10 % (83.15 ^{b}), 150 °C * 10 % (82.12 ^{c}), en I.A.A (g) 170 °C * 10 % (0.44 ^{a}), 160 °C * 10 % (0.31 ^{b}), 150 °C * 10 % (0.30 ^{b}), en P.H (g) 170 °C * 10 % (2.94 ^{a}), 160 °C * 10 % (1.82 ^{b}), 150 °C * 10 % (1.69 ^{c}). Se concluye en que aumentando la temperatura de atomización (°C) y la concentración de Maltodextrina (%), suelen generar un incremento en las propiedades funcionales.

Palabras claves: Propiedades funcionales, nuez de casho, atomización, maltodextrina.

ABSTRACT.

The research was carried out at the Laboratory of Technology and Dairy Industries - School of Agroindustrial Engineering - National University of Ucayali in Pucallpa. The objective was to evaluate the functional properties of the microencapsulated pulp of casho nut (Anacardium occidentale L.) dried at different spray temperatures and Maltodextrin concentrations in Ucayali. The factors under study: **A** (Atomization temperature) with its levels $\mathbf{a_1}$ = 150 °C; $\mathbf{a_2}$ = 160 °C and $\mathbf{a_3}$ = 170 °C; **B** (Maltodextrin Concentration) with its levels $\mathbf{b_1}$ = 5%; $\mathbf{b_2}$ = 8%; and $\mathbf{b_3}$ = 10 %, which were conducted in a completely randomized design (**DCA**) with a $\mathbf{3^2}$ **x 3** factorial arrangement, and the data obtained were processed using the statistical software Minitab® 17.1.0 vers. 2019, since statistically significant differences were found, the Tukey p test (< 0.05) was used. The functional properties were evaluated: water solubility index (**I.S.A**) (%), water absorption index (**I.A.A**) (g) and swelling power (**P.H**) (g). The results indicate that the increase in atomization temperature and Maltodextrin concentration increase the functional properties: in I.S.A (g) 170 °C * 10 % (85.04 a), 160 °C * 10 % (83.15 b), 150 °C * 10% (82.12 c), in I.A.A (g) 170 °C * 10% (0.44 a), 160 °C * 10% (0.31 b), 150 °C * 10% (0.30 b), in P.H (g) 170 °C * 10% (2.94 a), 160 °C * 10% (1.82 b), 150 °C * 10% (1.69 c). It is concluded that increasing the atomization temperature (°C) and the concentration of Maltodextrin (%), usually generate an increase in the functional properties.

Keywords: Functional properties, casho nut, atomization, maltodextrin.

LISTA DE CUADROS.

En el Texto.

Cuadro 1. Componentes de nuez de casho (%) vs manzana (%)..... 13
Cuadro 2. Método de encapsulación, proceso y tamaño de partícula..... 15
Cuadro 3. Materiales encapsulantes utilizados en la industria de alimentos. .. 16
Cuadro 4. Distribución de las interacciones (Tratamientos). 28
Cuadro 5. Análisis de Varianza en DCA con arreglo factorial. 28
Cuadro 6. Rendimiento de atomización de nuez de casho (%)..... 50

En el Anexo.

Cuadro 7A. ANVA en Indice de absorción al agua (I.A.A). 52
Cuadro 8A. Test de Tukey por Factor A: Temperatura de atomización (°C) y B: Concentración de Maltodextrina (%) en I.A.A. 52
Cuadro 9A. Test de Tukey por interacción Factor A: Temperatura de atomización (°C) y B: Concentración de Maltodextrina (%) en I.A.A. 52
Cuadro 10A. ANVA en Indice de solubilidad al agua (I.S.A). 54
Cuadro 11A. Test de Tukey por Factor A: Temperatura de atomización (°C) y B: Concentración de Maltodextrina (%) en I.S.A. 54
Cuadro 12A. Test de Tukey por interacción Factor A: Temperatura de atomización (°C) y B: Concentración de Maltodextrina (%) en I.S.A. 54
Cuadro 13A. ANVA en Poder de Hinchamiento (P.H)..... 56
Cuadro 14A. Test de Tukey por Factor A: Temperatura de atomización (°C) y B: Concentración de Maltodextrina (%) en P.H. 56
Cuadro 15A. Test de Tukey por interacción Factor A: Temperatura de atomización (°C) y B: Concentración de Maltodextrina (%) en P.H. 56

LISTA DE FIGURAS.

En el Texto.

Figura 1. Semilla (A) y pseudofruto (manzana) (B). 10
Figura 2. Semilla y nuez de casho. 12
Figura 3. Mecanismos de liberación. 14
Figura 4. Formula estructural de la Maltodextrina. 17
Figura 5. Representación esquemática del proceso de secado por atomización. 18
Figura 6. Diagrama de bloques de la obtención de atomizado de pulpa de nuez de casho. 21
Figura 7. Esquema experimental de la investigación. 29
Figura 8. Interacción en índice de absorción al agua (I.A.A): Temperatura de atomización (°C)* Concentración de Maltodextrina (%). 32
Figura 9. Interacción en índice de solubilidad al agua (I.S.A): Temperatura de atomización (°C)* Concentración de Maltodextrina (%). 33
Figura 10. Interacción en poder de hinchamiento (P.H): Temperatura de atomización (°C)* Concentración de Maltodextrina (%). 34

En el Anexo

Figura 11A. Gráfico de interacción de I.A.A: Temperatura de atomización (°C)*Concentración de Maltodextrina (%). 53
Figura 12A. Gráfico de interacción de I.S.A: Temperatura de atomización (°C)*Concentración de Maltodextrina (%). 55
Figura 13A. Gráfico de interacción de P.H: Temperatura de atomización (°C)*Concentración de Maltodextrina (%). 57
Figura 14A. Casho (Anacardium occidentale L.); semilla de casho; pulpa de semilla de casho (nuez). 58
Figura 15A. Lavado y cortado de semilla; obtención de nuez de casho. 58
Figura 16A. Tamizado (Ratio MP/Svte); Material de pared (Maltodextrina). 58
Figura 17A. Pesado de Maltodextrina (p/v); Atomización (150, 160 y 170 °C); polvo de nuez de casho atomizado. 58

Figura 18A. Determinación de las propiedades funcionales de polvo atomizado de nuez de casho: Indice de solubilidad al agua (I.S.A), indice de absorción al agua (I.A.A) y poder de hinchamiento (P.H). 58
Figura 19A. Toma de alícuotas y centrifugación. 58
Figura 20A. Secado de muestras. 58

I. INTRODUCCION.

La región Ucayali se caracteriza por poseer un sin número de frutas tropicales, de las más conocidas: camu camu, cacao, aguaje, ungurahui, entre otros, sin embargo, existen aquellos que prácticamente pasan desapercibido, una de ellas, es el casho (*Anacardium occidentale L*).

Se encuentra entre los cultivos agroindustriales más importantes en India, Brasil, Vietnam y países africanos. Se compone de la nuez (fruto verdadero) siendo el 10 % del peso total del producto cosechado y la manzana o también conocido como pseudofruto (Abreu *et al.,* 2013; citado por Sharma *et al.,* 2020). Actualmente cerca de 1,8 millones de toneladas de casho son procesadas anualmente para obtener las nueces y más del 80 % de las manzanas se usan para otros fines (de Oliveira Alves Sena *et al.,* 2019). La nuez de casho presenta como constituyente (%): humedad 6.9, proteína 21.0, grasa 47.0, carbohidratos 22.0, fibra 1.3, minerales 2.4, fosforo 0.45, calcio 0.55 y hierro 5 mg/100 g (Yomichan, 2020).

Ahora bien, las propiedades funcionales en los productos alimenticios, como: poder de hinchamiento, solubilidad y la capacidad de absorción de agua, son parámetros que miden la aplicación de los alimentos y como estas responderán a otros componentes de los alimentos que afecten directa o indirectamente la calidad, las aplicaciones de procesamiento y la aceptación final (Ide *et al.,* 2019).

Por otro lado, durante el procesamiento de los alimentos, más aún los sometidos a tratamiento térmico, estas sufren la reducción de su funcionalidad y disponibilidad, es por ello la necesidad de protegerlos sin comprometer las propiedades funcionales, sensoriales y compuestos bioactivos, en ese sentido

la microencapsulación mediante el secado por atomización ayudaría a solucionar esta necesidad (Capillo y Navarro, 2019).

El secado por atomización es un método que se puede utilizar para realizar esta tecnología (Silva *et al.,* 2020), y se basa en la atomización de un fluido de alimentación a través de la formación de pequeñas gotitas en forma de chispas que son secadas a gran velocidad al tener contacto con el aire caliente dentro de una cámara de secado y como producto de esa deshidratación se forman partículas secas en forma de polvos o aglomerados (Capillo y Navarro, 2019). De otro lado, la microencapsulación permite la captura de ingredientes activos (materiales centrales) utilizando un material circundante llamado material de encapsulación, material de cubierta o pared, que consta de polímeros con propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas para proporcionar las características de emulsión al sistema (Maresca *et al.,* 2016).

La Maltodextrina es un material de pared ampliamente utilizado en la industria de alimentos debido a su eficiencia para encapsular compuestos bioactivos, proporciona polvos con menor humedad relativa y mayor densidad aparente, además tiene buena relación costo/beneficio y disponibilidad (Sharif *et al.,* 2020).

Debido a la escasa información relacionada a trabajos reportados mediante atomización y uso de Maltodextrina en pulpa de nuez de casho, esta tesis podría ser fuente de nueva información, enmarcando el potencial uso del casho y de sus propiedades funcionales en otras matrices alimentarias.

II. REVISION DE LITERATURA.

2.1. ANTECEDENTES.

Dussán-Sarria *et al.* (2019) en la investigación: Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de Color de las Harinas de Quinua (**HQ**) y Chontaduro (**HCH**). El objetivo fue determinar las propiedades funcionales, granulométricas, y de color de la harina de quinua (HQ) y de chontaduro (HCH). Se aplicó la estadística descriptiva, ANOVA y la prueba de rango múltiple Duncan ($p<0,05$). Los resultados respecto a las propiedades funcionales evaluadas fueron: Índice de solubilidad en agua (I.S.A) para HQ (11.18) y HCH (11.32), índice de absorción de agua (I.A.A) HQ (2.35) y HCH (3.93) y poder de hinchamiento (P.H) HQ (2.64) y HCH (4.43), indican que las propiedades funcionales de la HCH fueron mayores que en la HQ. Se concluye: La harina de chontaduro presenta propiedades funcionales mucho más favorables que la harina de quinua y podría ser utilizada para la elaborar salchichas, pastas, queso procesado y productos de panadería ya que presenta un mayor potencial de gelatinización de almidones, asimismo, mejores propiedades de color. Bajo ese contexto, todas estas propiedades funcionales evaluadas deben ser tomadas en cuenta y darle mucha importancia en los procesos de trasformación agroindustrial.

Sarabandi *et al.* (2019) en el trabajo: Aplicación de goma arábiga y Maltodextrina para encapsular extracto de cáscara de berenjena como antioxidante natural y fuente de color. El objetivo fue producir un polvo encapsulado cargado con extracto de cáscara de berenjena como fuente natural de color y antioxidantes a través de la aplicación de la goma arábiga y la Maltodextrina. Se evaluó la temperatura de atomización de 140 - 170 °C y

material de pared (Maltodextrina (MD), goma arábiga (GA) y su combinación en una concentración del 10%) en el rendimiento de producción de polvo, propiedades funcionales (Índice de solubilidad al agua (I.S.A), humectabilidad e higrospicidad), fluidez, color, contenido fenólico total (TPC), actividad antioxidante, espectroscopia infrarroja (FTIR), microestructura y tamaño de partícula. En base a lo estadístico se sometieron a análisis de varianza (ANOVA) de una vía utilizando el software SPSS 19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL), las medias se compararon mediante las pruebas de rango múltiple de Duncan dentro del intervalo de confianza del 95%. Los resultados en función a las propiedades funcionales indican: enfocados a las propiedades funcionales I.S.A (%) (MD = 98.27 a 140 °C y 98.78 a 170 °C), humectabilidad (MD = 7.02 a 140 °C y 4.74 a 170 °C) e higrospicidad (MD = 18.98 a 140 °C y 20.72 a 170 °C) de los polvos, estaban influenciadas por el tipo de material de pared y la temperatura de atomización. En conclusión, los polvos microencapsulados obtenidos con Maltodextrina a 170 °C mostraron los mayores valores de índice de solubilidad (%). Uche *et al.* (2022) en la investigación: Efectos de los métodos de procesamiento sobre las propiedades funcionales y la composición mineral de la harina de casho. El objetivo consistió en determinar si los métodos de procesamiento inciden sobre las propiedades funcionales y la composición mineral de la harina de nuez de casho. Se utilizaron tres variedades de nuez (rojo, amarillo y rojo claro) y se procesaron en harina utilizando tres métodos: secado al horno, bañados en aceite caliente y tostado. Bajo el marco estadístico se usó un diseño completamente al azar (DCA), y se sometieron a análisis de varianza (ANOVA), con comparación de medias por la prueba de Duncan al 5% de significación. Los análisis estadísticos se

realizaron utilizando SPSS para Windows 8.0. Los resultados respecto a las propiedades funcionales de la harina de nuez de casho procesada con baño de aceite caliente, secado al horno y tostado variaron significativamente a ($p < 0.05$). Se encontró que el índice de absorción de agua (I.A.A) (92,54 %, 172,32 %, 116,42 eran mayores en las muestras de baño de aceite caliente. Se observó que el poder de hinchamiento (P.H) (8,21 %, 8,35 %, 11,00 %) y el índice de solubilidad (I.S.A) (16,64 %, 14,70 %, 20,91 %) eran mayores en las muestras secadas al horno. En conclusión, la harina de nuez de casho presentó buenas características de propiedades funcionales y minerales. Por lo tanto, puede ser utilizada como ingrediente funcional en la formulación de snacks como alternativa a las legumbres/harina de trigo.

Medina *et al.* (2017) en la investigación: Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y tecno funcionales de subproductos de residuos de mango (*Mangifera indica*, variedad tommy atkins). El objetivo fue evaluar las propiedades fisicoquímicas y tecno-funcionales de las harinas de cáscara (**HC**) y almendra de mango (**AM**) (*Mangifera indica* variedad Tommy Atkins). Concerniente a lo estadístico se usó un diseño completamente al azar (DCA) y se sometieron a análisis de varianza (ANOVA). Los resultados mostraron rendimientos y composición en cáscara y almendra que permiten pensar en su utilización para crear nuevos productos tales como botanas, cereales, pasteles entre otros. Concerniente a las propiedades funcionales indican para HC valores de Índice de Absorción en Agua (I.A.A) 2.66; Poder de hinchamiento (PH) 7.78; e Índice de solubilidad en agua (ISA) 6.64; mientras que en AM en I.A.A 9.16; PH 27.48 e I.S.A 24.26. Se concluye que los valores de las

propiedades funcionales son mucho mejores en AM que en HC, sin embargo, ambas pueden ser utilizadas por ser un ingrediente con alta funcionalidad.

Navarro-Flores *et al.* (2020) en su trabajo de investigación: Encapsulación por secado por aspersión a 120 °C de un extracto de una planta nativa rica en compuestos fenólicos con combinaciones de Maltodextrina y materiales de pared no convencionales (a un 18 de concentración (%)), cuyo objetivo fue evaluar el efecto de varios agentes encapsulantes: Maltodextrina (MD), goma arábiga (GA), proteína de soya (SP), pectina de cáscara de cacao (CSP) y proteína (PC), así como la goma (GC) de semillas de *Cajanus cajan*. En el marco estadístico se usó un diseño experimental completamente al azar de seis tratamientos con dos repeticiones. Los resultados fueron analizados por ANOVA (p\0.05), y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey utilizando el software Statgraphics Centurion XVI. Las variables de respuesta fueron el rendimiento del secado por aspersión, el compuesto fenólico encapsulado, la morfología y la estabilidad de las Microcápsulas, propiedades de rehidratación: Índice de solubilidad en agua (I.S.A), índice de absorción de agua (I.A.A) y poder de hinchamiento (P.H). Los resultados indican que el uso de la Maltodextrina en el I.S.A es de 91.98 ± 1.24; I.A.A 0.25 ± 0.04 g/g^{-1}; y P.H 0.01 ± 0.001 g/g^{-1}. Se concluye que el uso de la Maltodextrina a 18 % de concentración influye en las propiedades de hidratación y está sujeto a su uso independiente o a la combinación con otros agentes encapsulantes: (GA, GC, CSP, PC y SP).

Tafur (2018) en su trabajo cuyo objetivo de investigación fue determinar los parámetros tecnológicos para el atomizado de pulpa de mango *(Mangífera indica*) con agua de coco (*Cocos nucifera*) edulcorado con estevia. Para ello desarrollo diluciones de pulpa de mango y agua de coco en relación pulpa: agua (p/v) (1/1,1/2,1/3,1/4,1/5) con adición de pectinasa al 0.018% (p/v) y concentración (%) de material de encapsulante: Maltodextrina entre 23 - 25 y 25 - 45 (p/v). Las temperaturas de atomización (°C) fueron 130, 140 y 150. Se determinó lo siguiente: análisis fisicoquímico (Acidez, pH, humedad, índice de solubilidad al agua (I.S.A), higroscopicidad, color, humectabilidad, vitamina C y A). En base a lo estadístico se usó el ANOVA, test de comparación media LSD, Prueba de Tukey y Friedman al 5% de probabilidad. Los resultados indican que la dilución pulpa de mango (g): agua de coco(mL) en relación (1:3) y 24,17 de concentración (%) de Maltodextrina y atomizado a 140°C, presentan las mejores características fisicoquímicas (higroscopicidad 13,28% solubilidad 91,89%, pH 6.69, rendimiento 32,32%, humedad 4,35±0,05% y vitamina C 92,00 ± 0,06 mg/100g y Vitamina A (2,765 ± 0,08 Ul/100g). El trabajo concluye que puede ser usado en la elaboración de bebidas de frutas.

2.2. PROPIEDADES FUNCIONALES.

Según lo manifestado por Ajayi *et al.* (2019) son propiedades que se utilizan para predecir la aplicación en una matriz alimenticia, y posteriormente, su uso final. Su comportamiento, depende exclusivamente de: fuente de la materia prima, la presencia de varios ingredientes y las condiciones de procesamiento. Asimismo, interactúan con otros componentes de los alimentos afectando directa o indirectamente las aplicaciones de procesamiento, la calidad de los alimentos y la aceptación final.

Asimismo Ascheri *et al.* (2014) citado por Salas (2018) manifiestan que dentro de las propiedades funcionales de importancia están las de hidratación, tales como: índice de solubilidad al agua (I.S.A), índice de absorción al agua (I.A.A) y poder de hinchamiento (P.H), los cuales son descritas a continuación:

2.2.1. Índice de solubilidad al agua (I.S.A).

Para Ascheri *et al.* (2014) citado por Salas (2018) es aquella capacidad que poseen los almidones y en donde muestran un mayor grado de sustitución y por consecuencia, un mayor grado de modificación, a través de la dispersión de las moléculas de amilosa y amilopectina producto la acción de la temperatura.

Asimismo Dussán-Sarria *et al.* (2019) señalan que es una propiedad de hidratación que está directamente relacionada a la cantidad de sólidos que son disueltos por el agua, y a su vez se relaciona con el grado de secado.

2.2.2. Índice de absorción al agua (I.A.A).

Según González *et al.* (2014) citado por Salas (2018) el almidón posee la habilidad de acoplar las moléculas de agua, propiedad importante en las aplicaciones donde se requiere una consistencia o textura seca, asimismo, esta propiedad está relacionada con la fuente biológica, la forma y el tamaño del gránulo, a su vez, está influenciada por el estado físico, amorfo o cristalino, bajo el que se encuentran las redes moleculares.

2.2.3. Poder de hinchamiento (P.H).

Ratnayake *et al.* (2002) citado por Salas (2018) indica que esta propiedad consiste en dos fases, la primera, una continua de amilosa y/o amilopectina solubilizadas y una fase discontinua de restos de los gránulos (fragmentos y membranas), del mismo modo, indica el grado de interacción entre las cadenas de almidón dentro de zonas amorfas y cristalinas del gránulo.

Del mismo modo Meaño *et al.* (2014) indica que es la capacidad en donde se genera el incremento de masa del almidón no solubilizado, producto de la absorción de agua por los grupos hidroxilo de los polímeros de amilosa y amilopectina.

2.3. CASHO (*Anacardium occidental L.).*

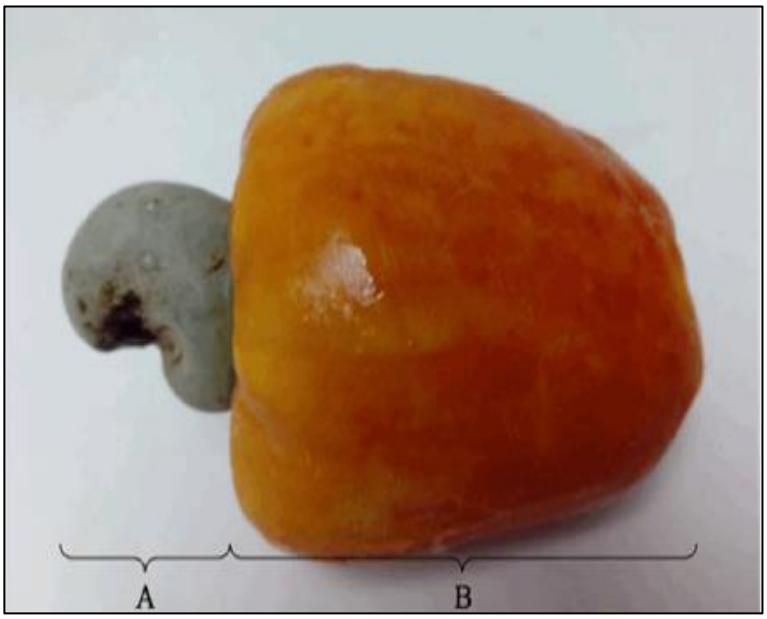


Figura 1. Semilla (**A**) y pseudofruto (manzana) (**B**).

Fuente: Tomada de Sucupira *et al.* (2020)

Según Yomichan (2020) es originario de América tropical que abarca el territorio Mexicano hasta el Perú, y desde Brasil hasta las Antillas. Se caracteriza por ser un árbol siempre verde, bajo y extenso, de tronco nudoso o torcido, posee hojas alternas, simples y ovaladas de 10 a 12,5 cm de largo y de 5 a 10 cm de ancho que son redondeadas. Sus flores nacen en racimos al final de las ramas. Es un fruto que consiste en una porción basal blanda y brillante, en forma de pera hinchada y jugosa, comúnmente conocida como el pseudofruto, de hecho, cuando están maduros son de color rojizo o amarillo. Asimismo, tiene en su cumbre, una nuez de una sola semilla en forma de riñón con un pericarpio o cáscara dura de color verde grisáceo. Este verdadero fruto alcanza su tamaño completo antes del ensanchamiento del receptáculo.

Para Adepoju *et al.* (2019) pertenece a la familia Anacardiaceae y se caracteriza por ser un árbol extremadamente resistente, que es capaz de crecer en suelos pobres, bajo diversas condiciones climáticas.

En definitiva para Nyirenda *et al.* (2021) se cultiva principalmente por sus nueces, mientras que la fruta y los residuos (cáscara, jugo, manzana y líquido) se utilizan en diferentes aplicaciones y para muchos productos de valor agregado.

2.3.1. Productos y subproductos de casho.

Yomichan (2020) señala que existen tres productos principales que suelen ser comercializados, los cuales son: nueces crudas, semillas y la manzana, que habitualmente se procesa y consume localmente.

En esta oportunidad, para el presente trabajo de investigación se usó las nueces crudas.

2.3.2. Nueces crudas.

Según Oliveira *et al.* (2019) la semilla es el verdadero fruto del marañón, aquel que presenta tres partes bien diferenciadas: la corteza, la almendra y la película. La corteza, representa del 65 al 70 % del peso del castaño, consta de un epicarpio coriáceo, atravesado por un mesocarpio esponjoso, cuyos alvéolos están llenos de un cáustico y líquido inflamable: el CNSL (líquido de cáscara de nuez de marañón). La película, o tegumento de almendra, que representa alrededor del 3 % del peso de la nuez, es rico en tanino. la almendra, que es la parte comestible de la castaña, formada por dos cotiledones de marfil, representa alrededor del 28 – 30 % de su peso, pero en el proceso industrial el rendimiento promedio es solo del 21 %



Figura 2. Semilla y nuez de

Fuente: Tomada de Yomichan (2020).

2.3.3. Componentes.

Estas son expresadas en porcentaje (%): Humedad 6.9 – 87.9, Proteína 21.0 %, Grasa 47.0 %, Carbohidratos 22.0 Fibra 1.3 Minerales 2.4 Fósforo 0.45 Calcio 0.55 Hierro 5 mg/100 g, Vitamina B1 630 mg/ 100g, Riboflavina 190 mg/100g, Vitamina C - 170 - 350 mg/100g (Ver Tabla 1). Asimismo, existen varias recomendaciones para el consumo de nuez de casho tanto para la dieta y pérdida de peso. Se caracteriza por tener una alta densidad de energía y una gran cantidad de fibras dietéticas, y se ha acreditado que ambos tienen un efecto benéfico sobre el control del peso, pero solo cuando se consumen con moderación.

Cuadro 1. Componentes de nuez de casho (%) vs manzana (%).

Constituyentes	Nuez (%)	Manzana (%)
Humedad	6.9	87.9
Proteína	21	0.2
Grasa	47	0.1
Carbohidratos	22	11.6
Fibras	1.3	0.9
Minerales	2.4	0.2
Fósforo	0.45	0.01
Calcio	0.55	0.01
Hierro	5 mg/100g	0.2 mg/100g

Fuente: Tomada de Yomichan (2020).

2.4. MICROENCAPSULACION.

Según Madene *et al.* (2006) citado por Capillo y Navarro (2019) es la técnica donde un material se recubre dentro de otro material o sistema, dicho material central recubierto es la sustancia a encapsular o también llamado “compuesto activo” o “núcleo” y el material de recubrimiento o polímero, que se ubica alrededor del núcleo se denomina “material de pared” o “agente encapsulante”.

Así mismo Cortés-Morales *et al.* (2021) indica que en la industria alimentaria el compuesto se conoce también como ingrediente activo, núcleo o fase interna; mientras que el material de pared también se conoce como material encapsulante, capa, membrana o fase externa.

Para Moro *et al.* (2021) el propósito principal es brindar protección al compuesto contra la oxidación química y factores extrínsecos como: luz, oxígeno, humedad, temperatura, entre otros. La microencapsulación ofrece ventajas como son: enmascarar sabores, olores y colores indeseados, controlar la liberación del ingrediente activo, prevenir reacciones indeseadas con otros

ingredientes alimentarios y cambiar un alimento de fase líquida a sólida con el fin de facilitar su manejo y transporte.

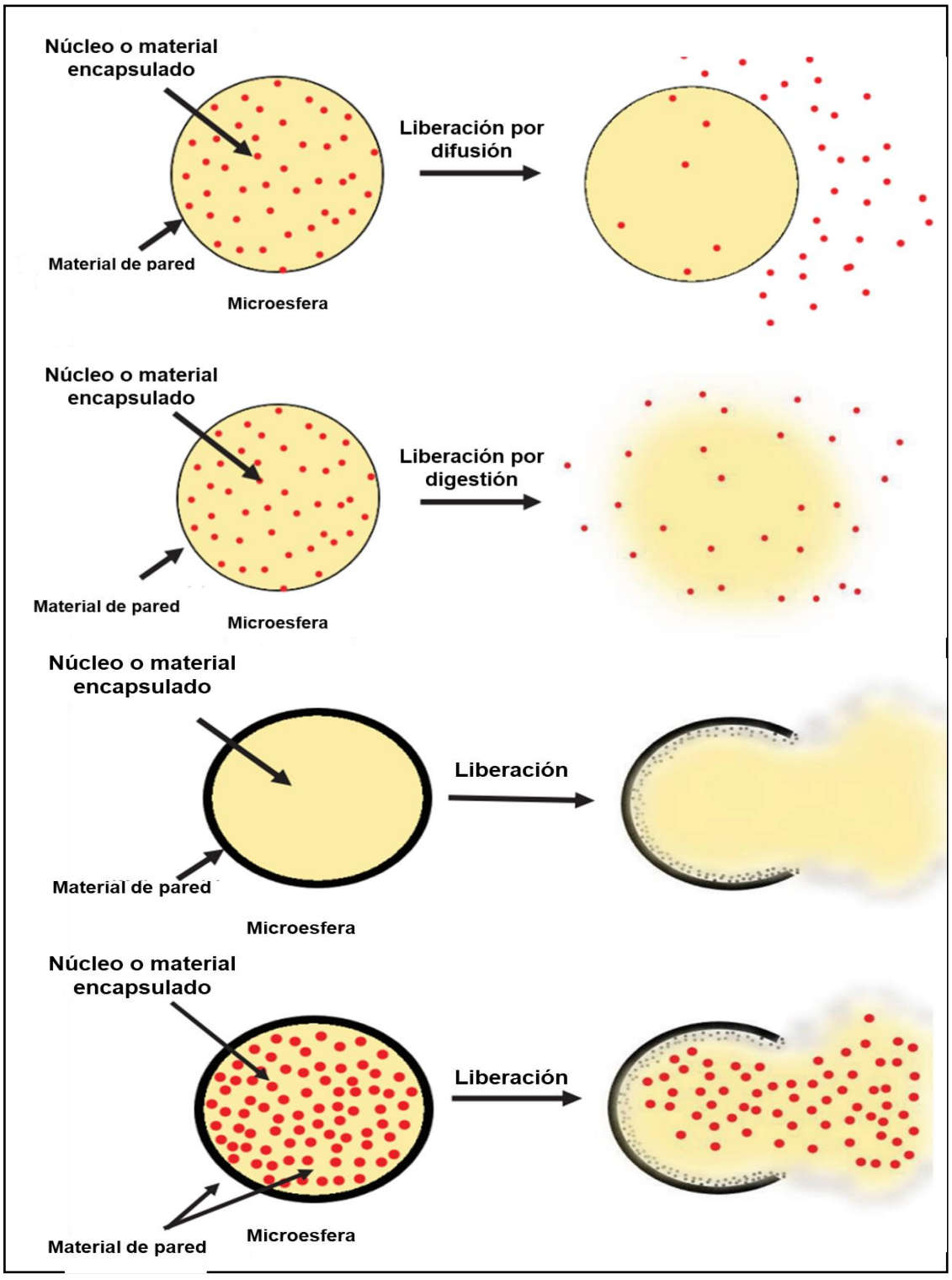


Figura 3. Mecanismos de liberación.

Fuente: Tomado de Comunian y Favaro-Trindade (2016).

2.4.1. Tamaño de partículas.

Para Barbosa *et al.* (2005) citado por Estupiñan (2022) las partículas formadas se clasifican en función a su tamaño: a) macrocápsulas diámetro superior a 5000 µm b) microcápsulas para diámetro entre 0.2 - 5000 µm y c) nanocápsulas por debajo de 0.2 µm (Ver Tabla 2).

Cuadro 2. Método de encapsulación, proceso y tamaño de partícula.

Método de encapsulación	Proceso	Tamaño de partícula (µm)
Atomización	Microencapsulación	20 - 150
Extrusión centrifuga		125 - 3000
Revestimiento de suspensión neumática	Microencapsulación - encapsulación	50 - 1000
Extrusión centrifuga	Microencapsulación - encapsulación	700 - 6000
Coacervación	Microencapsulación	1-500
Separación por suspensión centrifuga		5- 1000

Fuente: Tomada de Barbosa *et al.* (2005) citado Estupiñan (2022).

2.4.2. Materiales encapsulantes.

Para Moro *et al.* (2021) y Labuschagne (2018) en la industria agroalimentaria existe una gran variedad de materiales de origen animal, vegetal, marino, microbiológico u otro (Ver Tabla 3) que suelen ser utilizados como material de pared y su elección está basada en las características fisicoquímicas del compuesto funcional o activo a encapsular, a su vez que sea estable, de grado alimenticio y que no presente reaccionemos químicas.

Cuadro 3. Materiales encapsulantes utilizados en la industria de alimentos.

Tipo/Origen	Vegetal	Marino	Animal/ microbiológico	Otro
Polisacárido	Jarabe de Maíz, dextrinas (malto y ciclo), almidón, sacarosa, goma arábica, goma karaya, goma de mezquite, acetilcelulosa, carboximetilcelulosa, nitrocelulosa, metilcelulosa, etilcelulosa y celulosa acetato-butirato-ftalato	Agar, carragenina y alginato	Dextrano, quitosano y goma xantana	
Lípido	Ácido esteárico		Cera de abejas, ácidos grasos, ácido esteárico y tristearina	Parafina
Proteína	Albumina, gluten y péptidos		Gelatina, caseína, proteína de suero y hemoglobina	

Fuente: Adaptada de Moro *et al.* (2021) y Labuschagne (2018).

2.5. MALTODEXTRINA.

Según Sharif *et al.* (2020) es un polisacárido, resultante del hidrolizado de almidón de maíz, papa o trigo, es un polvo blanco, sutilmente dulce y de fácil digestibilidad (Ver Fig. 4), con equivalentes dextrosa menores o iguales a 20 (DE ≤ 20), dichos DE pueden incidir en la eficiencia de encapsulación y las propiedades del polvo obtenido, es decir cuando los DE son altos incrementa la temperatura de transición vítrea con lo cual se consigue mayor estabilidad del

compuesto activo en la matriz; mientras que a DE bajos presenta menor adsorción de agua debido a que la unión con los grupos hidrófilos disminuye.

Por otro lado Labuschagne (2018) señala que es un material de pared ampliamente usado en la industria de alimentos, por su eficiencia para encapsular compuestos bioactivos, polvos con menor humedad relativa y mayor densidad aparente, además tiene buena relación costo/beneficio y disponibilidad.

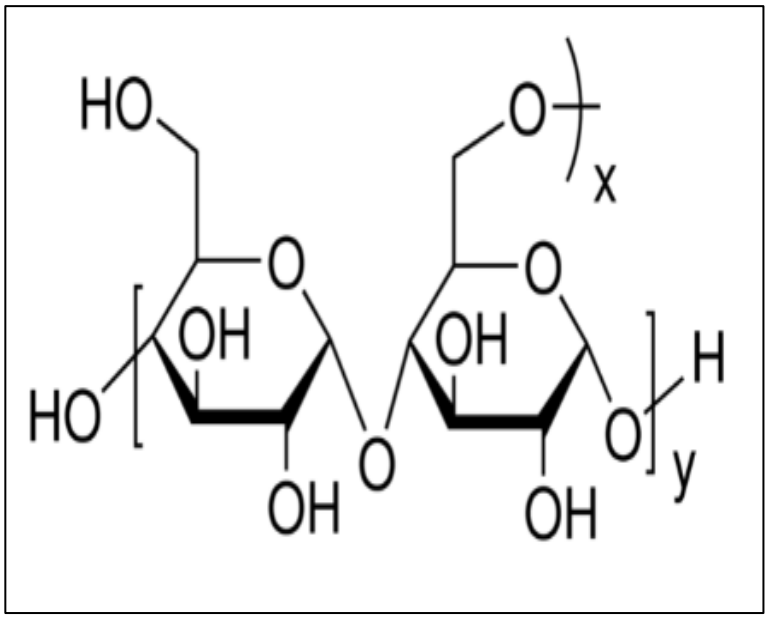


Figura. 4. Formula estructural de la Maltodextrina.

Fuente: Tomada de MERCK (2023).

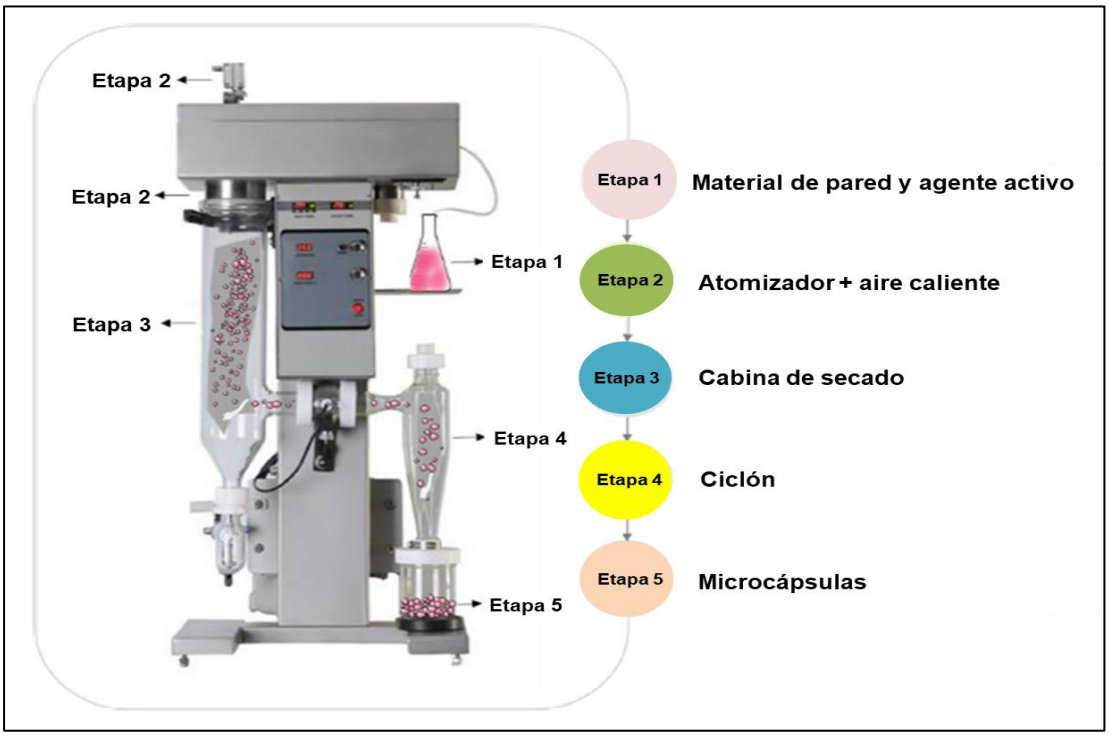
2.6. SECADO POR ATOMIZACIÓN

Según Ribeiro *et al.* (2020) y Labuschagne (2018) esta técnica es muy sencilla, flexible, rápida, de bajo costo, fácil expansión, alta capacidad de procesamiento para una amplia gama de ingredientes y es actualmente muy utilizada en el por el sector alimentario.

De acuerdo a da Rosa *et al.* (2019) consiste en disolver el núcleo, es decir, el compuesto encapsulado, en un material de pared, formando una dispersión, que luego se atomiza en aire caliente, favoreciendo la rápida remoción del solvente, y formando partículas en forma de polvo al instante que se separará del aire de secado (Ver Fig. 5). Es un método altamente reproducible y apropiado para aplicaciones industriales.

Asimismo Ribeiro *et al.* (2020) indica que este proceso permite disminuir la actividad del agua, la estabilidad microbiológica y disminuir los procesos de degradación, además de reducir los costos de almacenamiento y transporte.

Por otra parte Ozkan *et al.* (2019) afirma que las características de las micropartículas obtenidas por este método están directamente relacionadas con los factores de procesamiento, como la temperatura de secado, el flujo de aire de secado, el flujo de alimentación, la velocidad del atomizador, el tipo de portador y su concentración.



Fuente: Tomada de Moro *et al.* (2021).

Figura 5. Representación esquemática del proceso de secado por atomización.

III. MATERIALES Y METODOS.

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.

El trabajo de investigación, se ejecutó en el Laboratorio de Tecnología de Industrias Lácteas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de Ucayali.

3.2. MATERIA PRIMA E INSUMO.

3.2.1. Materia prima

Los frutos de casho fueron obtenidos de la sección de frutas y hortalizas del mercado N°6, ubicada en la Av. Túpac Amaru s/n - Habilitación Urbana - Pucallpa.

3.2.2. Insumo.

La Maltodextrina fue obtenida de Aromas del Perú S.A. Lote N° XW22051501 – Alfredo Mendiola – Los Olivos – Lima.

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS.

3.3.1. Materiales de proceso.

Agua destilada, alcohol de 96 °C, envases de vidrio con tapa rosca térmica x 258 mL, papel toalla, tela tocuyo, papel tisú, tamizador de plástico, papel aluminio, entre otros necesarios.

3.3.2. Materiales de laboratorio.

Vaso precipitado 50, 100, 250 y 500 mL, pipeta volumétrica x 1 y 5 mL, papel filtro whatman N° 4, fiola graduada x 50 mL, agitador magnético,

probeta x 200 mL, embudo de vidrio, luna de reloj, matraz de Erlenmeyer x 250 mL, aceite de aguaje x 100 mL (mantenimiento de aguja de atomizador).

3.3.3. Equipos.

Atomizador de laboratorio modelo Spray Dry, marca LabPlant, centrifuga Low-speed Centrifuge MSLZL43, Refrigerador vertical, marca LG, modelo LM57SPN. Estufa modelo ODH6–9240A (TOMOS Heatring Drying Oven), campana de desecación s/m, Balanza analítica, marca AND (A&D Company, limiled) con capacidad máxima de 250g. Balanza gramera, marca KAMBOR modelo EK5055 de 5 kg de capacidad máxima. Licuadora, marca Oster con capacidad de 1.5 L, estufa eléctrica marca DLAB modelo MS-H-S.

3.4. METODOLOGIA EXPERIMENTAL.

Para la obtención de atomizado de pulpa de nuez de casho, se realizó un diagrama de bloques (**Figura 6**) adaptado a las características de la investigación.

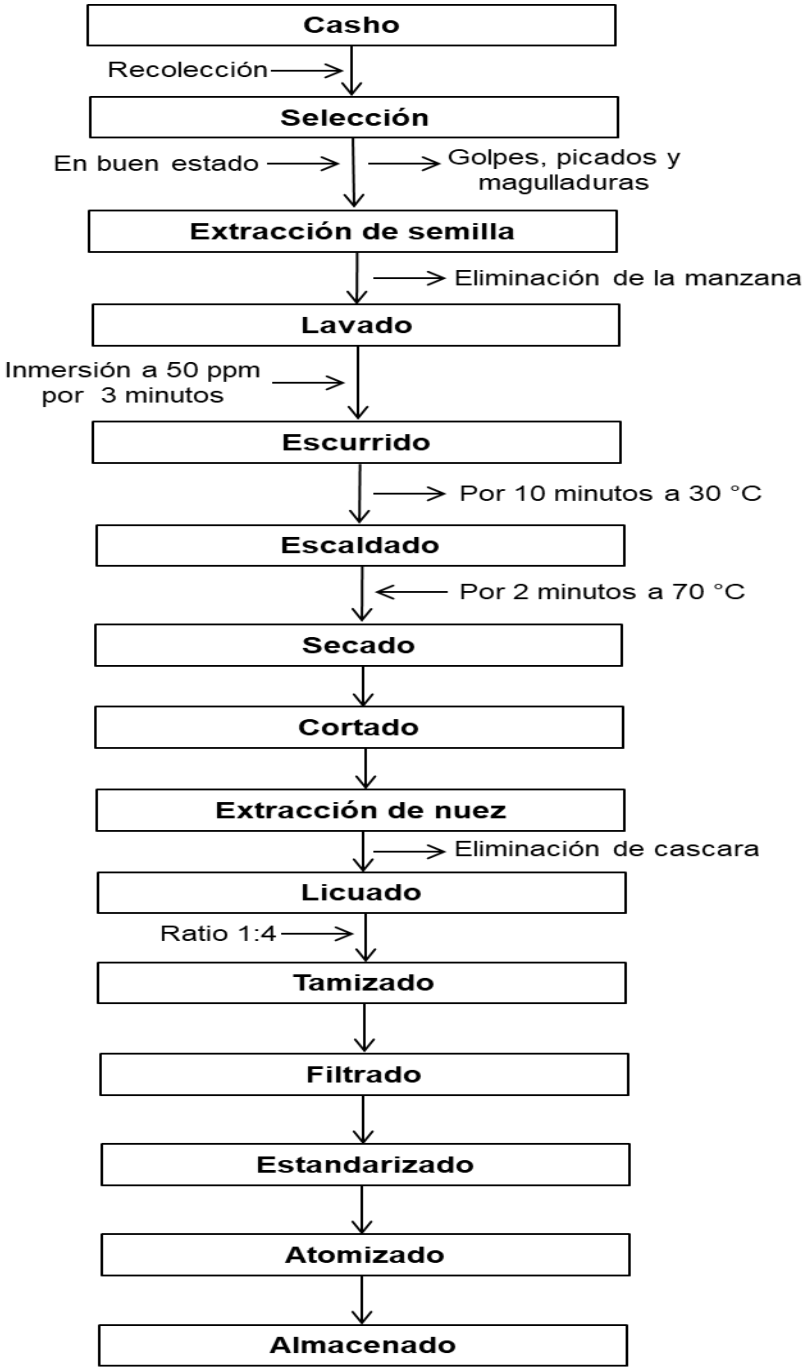


Figura 6. Diagrama de bloques de la obtención de atomizado de pulpa de nuez de casho.

Fuente: Adaptado de Tafur (2018).

A continuación, se describe el proceso de obtención de atomizado de pulpa de nuez de casho.

3.4.1. Casho (*Anacardium occidental L*.):

Los frutos de casho fueron recolectados de la sección de frutas y hortalizas del mercado N°6, ubicada en la Av. Túpac Amaru s/n - Habilitación Urbana - Pucallpa. Posteriormente fueron transportados al laboratorio de Tecnología e Industrias Lácteas en un balde de polipropileno (PP05) con asa de plástico, cuya capacidad fue de 10 L con dimensiones L = 29 cm; Ø inferior = 22,5 cm y Ø inferior superior = 26 cm.

3.4.2. Selección:

Enseguida, se realizó la selección de los frutos en buen estado, aquellos que no presentaron golpes, picados, ni magulladuras; asimismo, en esta etapa se consideró, las mismas condiciones para la semilla o también denominado el “fruto verdadero”, y se clasificaron las de mejor color, tamaño y estructura.

3.4.3. Extracción de semilla:

Ya seleccionadas y clasificadas, de manera manual y con ayuda de guantes de nitrilo (alta resistencia) se realizó la separación del fruto verdadero (semilla) y el pseudofruto (manzana), se colocaron las semillas en un recipiente de acero inoxidable (previamente esterilizado), y la manzana, posteriormente fue utilizada con otros fines.

3.4.4. Lavado:

Las semillas ya extraídas, fueron colocadas en otro recipiente de acero inoxidable en un volumen de agua de 8 L, y lavadas por un lapso de 5 minutos, enseguida, en un envase plástico, se desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio a 50 ppm en un volumen de 8 L (inmersión) por un lapso de 3 minutos, de inmediato se retiraron las semillas y se enjuago por 5 minutos, y se las dejo en una parrilla plana con orificios, para el posterior proceso.

3.4.5. Escurrido:

Se dejaron las semillas en una parrilla plana con orificios en un tiempo de 10 minutos a temperatura ambiente,

3.4.6. Escaldado:

En esta etapa, se realizó en una estufa eléctrica con una olla de acero inoxidable con un volumen de agua de 5 L y se añadieron las semillas en un intervalo de tiempo de 2 minutos cuando la temperatura interna del agua se encontró a 70 °C (con la finalidad que se ablande la parte superficial y facilite el proceso de cortado) y luego se retiraron con la ayuda de un colador de acero inoxidable, y fueron depositados en una fuente para ser enfriado por 10 minutos.

3.4.7. Secado:

Enseguida, se utilizó papel toalla absorbente de manera manual, para facilitar el secado de las semillas.

3.4.8. Cortado:

Posteriormente, con el uso de un cuchillo, se cortó la parte superficial de la semilla hasta el contorno total (haciendo un ángulo de 360°),

3.4.9. Extracción de nuez:

De esa manera, se logró separar la cascara (desecho) y la nuez (matriz de trabajo en la investigación), que a su vez fueron depositadas en un recipiente de acero inoxidable.

3.4.10. Licuado:

Previamente, se utilizó una ratio (materia prima: solvente) de 1:4; y se procedió a licuar, por un lapso de 5 minutos a nivel 5 de velocidad, se trató de homogenizar la solución (evitar grumos), luego se transvaso a un recipiente plástico de 5 L (previamente esterilizado).

3.4.11. Tamizado:

Posteriormente, con el uso de un tamiz de 5 mm, se procedió a separar los sólidos, de la parte liquida en un vaso precipitado de 500 mL,

3.4.12. Filtrado:

Los vasos precipitados con la solución, luego, fueron filtradas utilizando papel de la marca whatman N°4, y cuyo liquido se depositó en vasos precipitados de 250 mL (solución filtrada), y posteriormente fueron almacenadas en refrigeración entre 8 a 10 °C.

3.4.13. Estandarizado:

En esta etapa, se calentó la solución filtrada a 45 °C x 20 minutos y posteriormente se usó el Factor B: (Concentración de Maltodextrina) con sus niveles $\mathbf{b_1}$ = 5 %; $\mathbf{b_2}$ = 8 %; y $\mathbf{b_3}$ = 10 %, en la solución filtrada, una vez realizada, se prosiguió con la operación de atomizado.

3.4.14. Atomizado:

Se trabajó con el Factor A: (Temperatura de atomización) con sus niveles $\mathbf{a_1}$ = 150 °C; $\mathbf{a_2}$ = 160 °C y $\mathbf{a_3}$ = 170 °C en un tiempo constante de 30 minutos, en el atomizador (SprayDry, LabPlant), donde se trabajó con los parámetros de 80 % de flujo de ventilación, a una velocidad de 0.01 m/s de flujo de alimentación de pulpa y a 80 % de flujo en la bomba de retorcimiento,

3.4.15. Almacenado:

Después de haberse cumplido el tiempo de atomización, se procedió a sacar la muestra y se almacenaron en recipientes de vidrios transparentes de 200 mL previamente rotulados, donde se evitó en todo momento el contacto con el medio externo, y se colocaron en su espacio de almacenamiento respectivo, y posteriormente se realizaron las evaluaciones de propiedades funcionales.

3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS.

Concerniente a la metodología empleada, para la evaluación de las propiedades funcionales, estas fueron ejecutadas en:

- Laboratorio de Tecnología e Industrias Lácteas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agropecuarias - Universidad Nacional de Ucayali - Pucallpa.

Se siguió el siguiente protocolo:

3.5.1. Propiedades funcionales.

Se evaluaron las siguientes variables respuestas, según la metodología original de Anderson *et al.* (1970) adaptada según necesidades por Rodríguez-Sandoval *et al.* (2012). Se realizó ciertos ajustes para el trabajo de investigación (Ver en Anexo 2).

- Índice de solubilidad en agua (**I.S.A**) (%).
- Índice de absorción de agua (**I.A.A**) (g).
- Poder de hinchamiento (**P.H**) (g).

3.6. DISEÑO ESTADISTICO.

Se analizaron los factores en estudio: **A** (Temperatura de atomización) con sus niveles $\mathbf{a_1}$ = 150 °C; $\mathbf{a_2}$ = 160 °C y $\mathbf{a_3}$ = 170 °C; **B** (Concentración de Maltodextrina) con sus niveles $\mathbf{b_1}$ = 5 %; $\mathbf{b_2}$ = 8 %; y $\mathbf{b_3}$ = 10 %, los que fueron conducidos en un diseño completamente al azar (**DCA**) con arreglo factorial $\mathbf{3^2 \times 3}$ y los datos obtenidos se procesaron mediante el software estadístico Minitab® 17.1.0 vers. 2019.

3.6.1. Modelo estadístico DCA con arreglo factorial 3^2 x 3.

$$\boldsymbol{y_{ikj}} = \mu + \alpha_i + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + \varepsilon_{ikj}$$

Dónde:

$\boldsymbol{y_{ikj}}$**=** Observaciones a la variable respuesta: índice de solubilidad al agua (**I.S.A**), índice de absorción de agua (**I.A.A**) y poder de hinchamiento (**P.H**).

$\boldsymbol{\mu}$ **=** Efecto de la media general

$\boldsymbol{\alpha_i}$ **=** Efecto del *i-ésimo* nivel de la temperatura de atomización: **150 °C, 160 °C y 170 °C**

$\boldsymbol{\gamma_k}$ **=** Efecto del *k-ésimo* nivel de la concentración de Maltodextrina: **5 %, 8% y 10 %**

$(\boldsymbol{\alpha\gamma})_{\boldsymbol{ik}}$ **=** Efecto de la interacción entre el *i-ésimo* nivel de la temperatura de atomización: **150 °C, 160 °C y 170 °C** y el *k-ésimo* nivel de la concentración de Maltodextrina: **5 %, 8% y 10 %**

$\boldsymbol{\varepsilon_{ikj}}$**=** Error experimental.

3.6.2. Distribución de las interacciones (tratamientos).

Factor = 2
Niveles por factor = 3
Repeticiones = 3
Unidades experimentales = 27

Cuadro 4. Distribución de las interacciones (Tratamientos).

Factor A	Factor B	Repeticiones		
		$a_1 * b_1 * - R_1$	$a_1 * b_1 * - R_2$	$a_1 * b_1 * - R_3$
a_1 = 150 °C	**b_1** = 5 %	$a_1 * b_2 * - R_1$	$a_1 * b_2 * - R_2$	$a_1 * b_2 * - R_3$
		$a_1 * b_3 * - R_1$	$a_1 * b_3 * - R_2$	$a_1 * b_3 * - R_3$
		$a_2 * b_1 * - R_1$	$a_2 * b_1 * - R_2$	$a_2 * b_1 * - R_3$
a_2 = 160 °C	**b_2** = 8 %	$a_2 * b_2 * - R_1$	$a_2 * b_2 * - R_2$	$a_2 * b_2 * - R_3$
		$a_2 * b_3 * - R_1$	$a_2 * b_3 * - R_2$	$a_2 * b_3 * - R_3$
		$a_3 * b_1 * - R_1$	$a_3 * b_1 * - R_2$	$a_3 * b_1 * - R_3$
a_3 = 170 °C	**b_3** = 10 %	$a_3 * b_2 * - R_1$	$a_3 * b_2 * - R_2$	$a_3 * b_2 * - R_3$
		$a_3 * b_3 * - R_1$	$a_3 * b_3 * - R_2$	$a_3 * b_3 * - R_3$

Factor A: Temperatura de atomización (°C); **Factor B:** Concentración de Maltodextrina (%) y **R_{123}:** Repeticiones.

3.6.3. Análisis de Varianza en DCA con arreglo factorial.

Cuadro 5. Análisis de Varianza en DCA con arreglo factorial.

Fuente	g.l	SC	CM	Razón- F	p Valor
A: Temperatura de atomización (°C)	2				
B: Concentración de Maltodextrina (%)	2				
AB	4				
Error	19				
Total	27				

g.l = grado de libertad**; S.C** = Suma de cuadrados**; C.M** = Cuadrado medio; **p** = valor >, < a α = 0.05.

3.7. ESQUEMA EXPERIMENTAL.

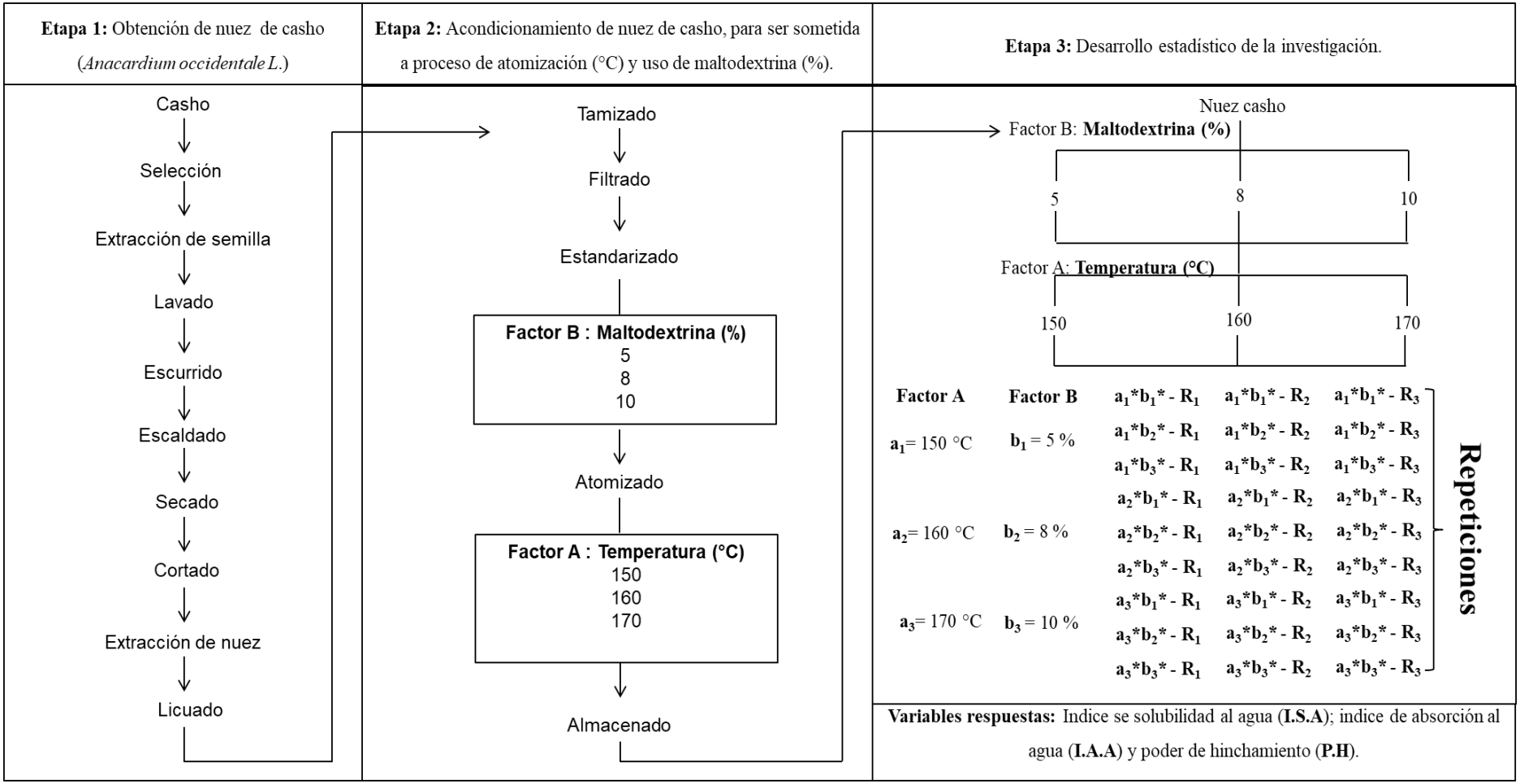


Figura 7. Esquema experimental de la

3.8. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

3.8.1. Tipo de investigación.

Por ser generador de conocimientos nuevos y alternativos, en ese sentido es aplicada, y de futura importancia para la agroindustria alimentaria.

3.8.2. Nivel de investigación.

Sabiendo que existe intervención directa del investigador, es una investigación de carácter experimental. Del mismo modo en el trabajo se usaron dos factores en estudio: **A** (Temperatura de atomización) con sus niveles $\mathbf{a_1}$ = 150 °C; $\mathbf{a_2}$ = 160 °C y $\mathbf{a_3}$ = 170 °C; **B** (Concentración de Maltodextrina) con sus niveles $\mathbf{b_1}$ = 5 % y $\mathbf{b_2}$ = 8 % y $\mathbf{b_3}$ = 10 %. También es explicativo, debido al uso de variables respuestas: índice de solubilidad al agua (**I.S.A**), índice de absorción al agua (**I.A.A**) y poder de hinchamiento (**P.H**). Finalmente, fueron estudiadas cuantitativamente a través del procesamiento de datos numéricos reales.

3.8.3. Población y muestra.

La población considerada estuvo sujeta a la oferta de casho en el mercado durante todo el periodo del trabajo experimental.

La muestra de nuez de casho considerada para cubrir toda la parte experimental fue de 800 g.

3.9. MEDICION DE LA VARIABLE.

3.9.1. Variable independiente.

Factores en estudio:

Factor **A** (**Temperatura de atomización**)

a_1 = 150 °C; **a_2** = 160 °C y **a_3** = 170 °C.

Factor **B** (**Concentración de Maltodextrina**)

b_1 = 5 %; **b_2** = 8 % y **b_3** = 10 %.

3.9.2. Variable dependiente.

Propiedades funcionales: Índice de solubilidad al agua (**I.S.A**), índice de absorción al agua (**I.A.A**) y poder de hinchamiento (**P.H**).

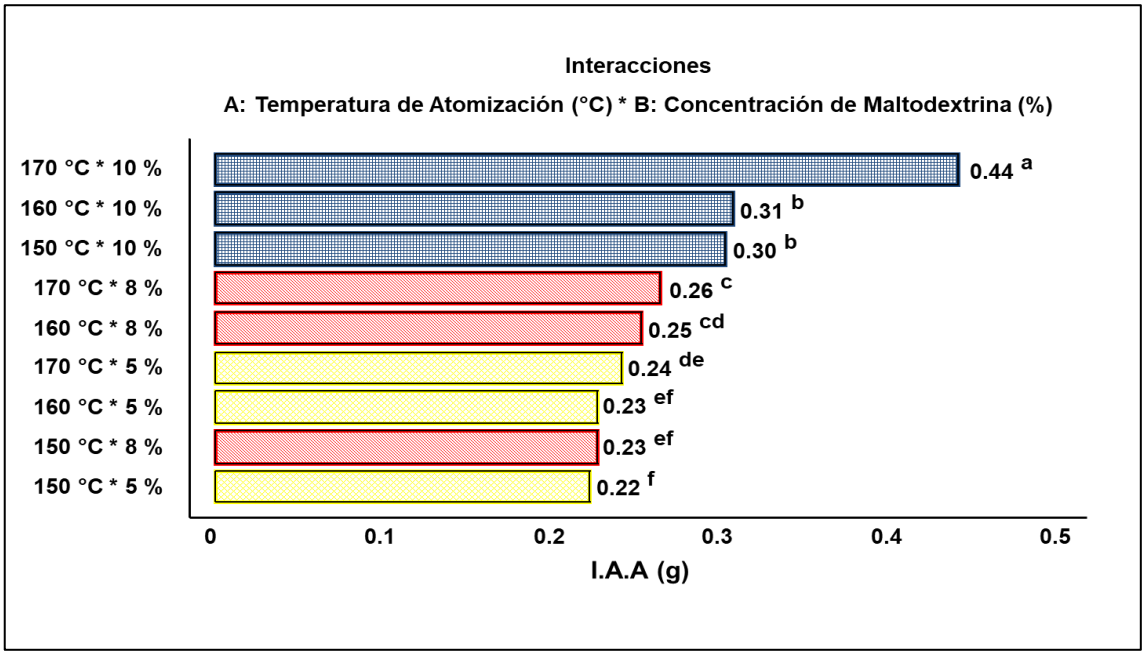
3.10. DESCRIPCION DE TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.

En primer lugar, se utilizó la búsqueda de trabajos relacionados a la investigación: tesis, artículos científicos y otros documentos esenciales para el desarrollo de trabajo. En segundo lugar, se usó la observación científica empleando el análisis con criterio y ética.

Para la recolección de datos los instrumentos fueron: Atomizador spray Dry, balanza analítica, estufa de desecación, centrifuga,

IV. RESULTADOS.

4.1. INDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA (I.A.A): TEMPERATURA DE ATOMIZACIÓN (°C) * CONCENTRACIÓN DE MALTODEXTRINA (%).

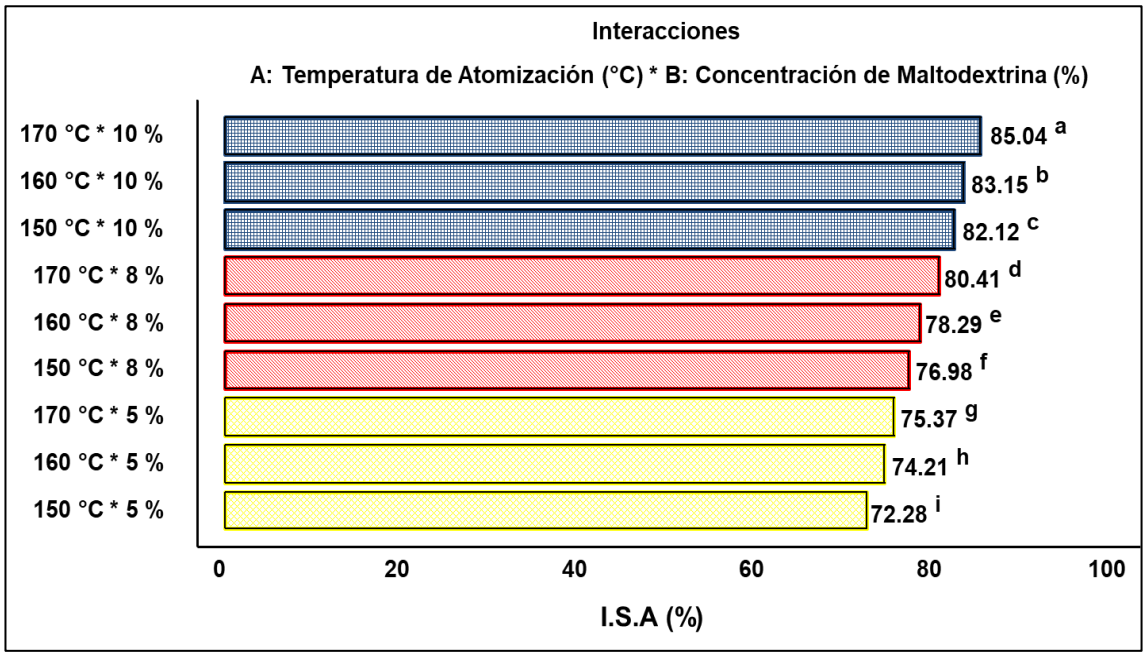


Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Figura 8. Interacción en índice de absorción al agua (I.A.A): Temperatura de atomización (°C) * Concentración de Maltodextrina (%).

En la Figura 8, al evaluar la propiedad funcional del índice de absorción al agua (I.A.A) (g) en la pulpa de nuez de casho atomizada, se observa la existencia de diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en los efectos principales, asimismo en efecto de las interacciones del **Factor A:** Temperatura de Atomización (°C) * **Factor B:** Concentración de Maltodextrina (%) en un rango de 0.22 a 0.44 (g) (Ver ANVA de efectos principales, interacción y grafica de interacción, en el Anexo 3). La interacción 170 °C* 10 % es aquel que obtiene el mejor valor promedio de I.A.A (g) 0.44 ^{a} seguida de 160 °C* 10 % (0.31 ^{b}) y 150 °C * 10 % (0.30 ^{b}), el menor valor alcanzando se observa a 150 °C * 5 % (0.22 ^{f}).

4.2. INDICE DE SOLUBILIDAD AL AGUA (I.S.A): TEMPERATURA DE ATOMIZACIÓN (°C) * CONCENTRACIÓN DE MALTODEXTRINA (%).

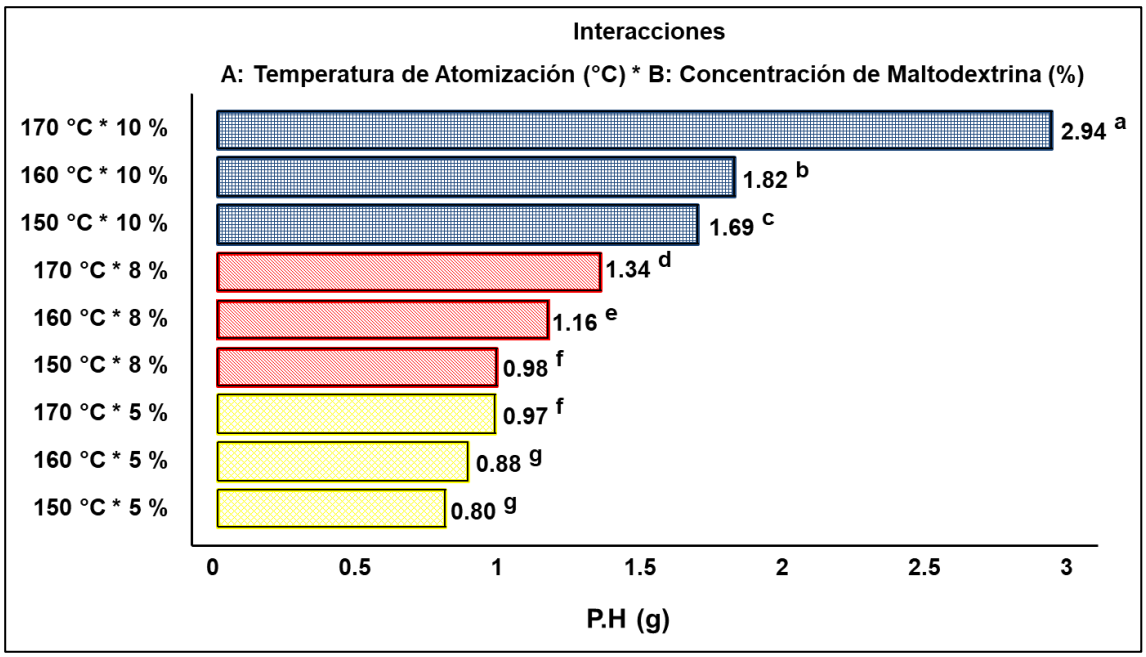


Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Figura 9. Interacción en índice de solubilidad al agua (I.S.A): Temperatura de atomización (°C) * Concentración de Maltodextrina (%).

En la Figura. 9, al evaluar la propiedad funcional del índice de solubilidad al agua (I.S.A) (%) en la pulpa de nuez de casho atomizada, se observa la existencia de diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en los efectos principales, asimismo en efecto de las interacciones del **Factor A:** Temperatura de Atomización (°C) * **Factor B:** Concentración de Maltodextrina (%) en un rango de 72.28 a 85.04 (%) (Ver ANVA de efectos principales, interacción y grafica de interacción, en el Anexo 3). La interacción 170 °C* 10 % es aquel que obtiene el mejor valor promedio de I.S.A (%) 85.04 ^{a} seguida de 160 °C* 10 % (83.15 ^{b}) y 150 °C * 10 % (82.12 ^{b}), el menor valor alcanzando se observa a 150 °C * 5 % (72.28 ^{f}).

4.3. PODER DE HINCHAMIENTO (P.H): TEMPERATURA DE ATOMIZACIÓN (°C) * CONCENTRACIÓN DE MALTODEXTRINA (%).



Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Figura 10. Interacción en índice de solubilidad al agua (I.S.A): Temperatura de atomización (°C) * Concentración de Maltodextrina (%).

En la Figura 10, al evaluar la propiedad funcional de Poder de Hinchamiento (P.H) (g) en la pulpa de nuez de casho atomizada, se observa la existencia de diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en los efectos principales, asimismo en efecto de las interacciones del **Factor A:** Temperatura de Atomización (°C) * **Factor B:** Concentración de Maltodextrina (%) en un rango de 0.80 a 2.94 (g) (Ver ANVA de efectos principales, interacción y grafica de interacción, en el Anexo 3). La interacción 170 °C* 10 % es aquel que obtiene el mejor valor promedio de P.H (g) 2.94 ^{a} seguida de 160 °C* 10 % (1.82 ^{b}) y 150 °C * 10 % (1.69 ^{b}), el menor valor alcanzando se observa a 150 °C * 5 % (0.80 ^{f}).

V. DISCUSIONES DE RESULTADOS.

Respecto a los resultados obtenidos en índice de absorción al agua (I.A.A) (g) tal como se muestra en la Fig. 8, en la pulpa de nuez de casho atomizada, difieren a lo reportado por Uche *et al.* (2022) evaluando dicha propiedad funcional en tres variedades de la harina de nuez de casho (rojo (**R**), amarillo (**A**) y rojo claro (**RC**)) en baño de aceite caliente, quienes presentaron valores más altos **R** = 92.54, **A** = 172.32 y **RC** = 116.42 %, seguido de muestras secadas al horno **R** = 35.57, **A** = 137.32, y **RC** = 80,92 %, finalmente tostadas quienes presentaron valores más bajos **R** = 110.11, **A** = 74.85, y **RC =** 58.60 % respectivamente. Sin embargo presentan valores cercanos respecto a Navarro-Flores *et al.* (2020) realizando microencapsulación por secado por aspersión a 120 °C usando: maltodextrina (MD), goma arábiga (GA), proteína de soya (SP), pectina de cáscara de cacao (CSP) y proteína (PC), así como la goma (GC) de semillas de Cajanus cajan al 18% de concentración en un extracto de una planta nativa rica en compuestos fenólicos, siendo 0.25 ± 0.04 g. Asimismo difieren con lo reportado por Dussán-Sarria *et al.* (2019) en tal propiedad funcional de la harina de Quinua (**HQ** = 2.35 g) y Chontaduro (**HCH** = 3.93 g). Finalmente difiere con lo reportado por Medina *et al.* (2017) en harinas de cáscara (**HC =** 2.66 g) y almendra de mango (**AM =** 9.66 g). De este modo de las discusiones anteriores Ahmed *et al.* (2010) señala que la variación puede estar relacionada con la disponibilidad de grupos hidroxilo (OH) que se encuentran presentes en la estructura de los agentes encapsulantes para formar puentes de hidrógeno entre los agentes encapsulantes y el agua (solvente). También Mendoza-Corvis *et al.* (2016) indican una relación inversamente proporcional, puesto que a medida que

aumenta la temperatura de atomización, disminuye la absorción al agua del polvo microencapsulado. Asimismo Mishra et al. (2014) manifiesta que el aumento en la concentración de maltodextrina empleada para la encapsulación, como con el aumento en la temperatura de atomización disminuye la absorción al agua. Finalmente Krishnaiah *et al.* (2013) señalan lo contrario respecto a la temperatura de atomización, puesto que tiene un papel importante en el aumento de la absorción al agua del producto, más por el contrario al aumentar la concentración de maltodextrina tiene a generarse la disminución de la absorción al agua.

Respecto a los resultados obtenidos en índice de solubilidad al agua (I.S.A) (%) tal como se muestra en la Fig. 9, en la pulpa de nuez de casho atomizada, difieren a lo reportado por Uche *et al.* (2022) evaluando dicha propiedad funcional en tres variedades de la harina de nuez de casho (rojo (**R**), amarillo (**A**) y rojo claro (**RC**)) en muestras secadas al horno, quienes presentaron valores más altos **R** = 14.70, **A** = 20.91 y **RC** = 16.64 %, seguido de muestras tostadas **R** = 10.92, **A** = 14.30, y **RC** = 10.92 %, finalmente las sometidas en baño en aceite presentaron valores más bajos **R** = 10.46, **A** = 10.94 y **RC** = 9.66 % respectivamente. También difieren con Navarro-Flores *et al.* (2020) realizando microencapsulación por secado por aspersión a 120 °C usando: maltodextrina (MD), goma arábiga (GA), proteína de soya (SP), pectina de cáscara de cacao (CSP) y proteína (PC), así como la goma (GC) de semillas de Cajanus cajan al 18% de concentración en un extracto de una planta nativa rica en compuestos fenólicos, siendo 91.98 ± 1.24 %. Asimismo difieren con lo reportado por Dussán-Sarria *et al.* (2019) en tal propiedad funcional de la harina de Quinua (**HQ** = 11.18 %) y Chontaduro (**HCH** = 11.32

%). Asimismo con Sarabandi *et al.* (2019) en un polvo encapsulado cargado con extracto de cáscara de berenjena atomizado a 140 - 170 °C y usando material de pared (Maltodextrina (MD), goma arábiga (GA) y su combinación en una concentración del 10%) con valores altos de dicha propiedad en **MD** a 140 °C = 98.27 % y **MD** a 170 °C = 98.78 %. También con Medina *et al.* (2017) al evaluar el I.S.A (%) en mango, tanto para la harina de cáscara (**HC =** 2.66 %) y almendra (**AM** = 24.26 %). Finalmente con Tafur (2018) en atomizado de pulpa de mango con el uso de temperatura de atomización de 130, 140 y 150 °C y concentración de Maltodextrina entre 23 a 25 %, reportándose el valor más alto de 91.89 % a 140 °C en 24.17 % de concentración. En ese sentido López y Gómez (2008) señalan que la alta solubilidad encontrada es por usar como material de pared (encapsulante) la Maltodextrina en concentraciones elevadas, así también a mayor cantidad de Maltodextrina será mucho más soluble, puesto que al ser un oligosacárido, y por poseer en gran parte un buen número de grupos OH, estas permiten formar puentes de hidrogeno con las moléculas de agua, permitiéndose la hidratación, y a su vez permitiendo la formación de moléculas de forma esférica al mezclarse. También Gombás *et al.* (2003) afirman que los productos sometidos a secado por aspersión con Maltodextrina generan superficies amorfas por consiguiente una mayor solubilidad. Finalmente Fontes *et al.* (2014) y Krishnaiah *et al.* (2013) afirman lo antes mencionado, que la maltodextrina por su alta solubilidad, favorece a un menor tiempo de rehidratación.

Respecto a los resultados obtenidos en poder de hinchamiento (P.H) (g) tal como se muestra en la Figura 10, en la pulpa de nuez de casho atomizada, difieren a lo reportado por Uche *et al.* (2022) evaluando dicha propiedad

funcional en tres variedades de la harina de nuez de casho (rojo (**R**), amarillo (**A**) y rojo claro (**RC**)) en muestras secadas al horno, quienes presentaron valores más altos **R** = 8.21, **A** = 8.35 y **RC** = 11.00 % , seguido de muestras en baño en aceite **R** = 7.89, **A** = 10.98, y **RC** = 7.02 %, finalmente las sometidas a tostado presentaron valores más bajos **R** = 7.58, **A** = 6.95 y **RC** = 9.28 % respectivamente. También difieren con Navarro-Flores *et al.* (2020) realizando microencapsulación por secado por aspersión a 120 °C usando: maltodextrina (MD), goma arábiga (GA), proteína de soya (SP), pectina de cáscara de cacao (CSP) y proteína (PC), así como la goma (GC) de semillas de Cajanus cajan al 18% de concentración en un extracto de una planta nativa rica en compuestos fenólicos, siendo 0.01 ± 0.001 g . Asimismo difieren con lo reportado por Dussán-Sarria *et al.* (2019) en tal propiedad funcional de la harina de Quinua (**HQ** = 2.64 g) y Chontaduro (**HCH** = 4.43 g). También con Medina *et al.* (2017) al evaluar el P.H (g) en mango, tanto para la harina de cáscara (**HC =** 7.78 g) y almendra (**AM** = 27.48 g). Finalmente con Tafur (2018) en atomizado de pulpa de mango con el uso de temperatura de atomización de 130, 140 y 150 °C y concentración de Maltodextrina entre 23 a 25 %, reportándose el valor más alto de 6.69 g a 140 °C en 24.17 % de concentración. Vinculado al concepto Ahmed *et al.* (2010) afirma que la reducción o bajo poder de hinchamiento (P.H) (g) granular está asociada al incremento en la concentración de la Maltodextrina, causada en definitiva por la estabilidad granular de las Microcápsulas formadas. De manera similar Ide et al. (2019) señala que va a depender del tamaño de las partículas, tipos de variedad y tipo de métodos de procesamiento u operaciones unitarias.

VI. CONCLUSIONES.

Los resultados del proceso de secado por atomización y uso de Maltodextrina como material encapsulante, nos permitió obtener microcápsulas y evaluar sus propiedades funcionales: Índice de solubilidad al agua (**I.S.A**), índice de absorción al agua (**I.A.A**) y poder de hinchamiento (**P.H**). En ese sentido nos permite concluir lo siguiente:

- Es necesario realizar un escaldado a las semillas de casho, puesto que permite ablandar la estructura vegetal, en tal sentido, que la operación de pelado, cortado y extracción de la nuez sea optima.

- El factor de Dilución utilizado: materia prima: solvente (mL/g) de 1:4, facilitó el proceso de licuado, obteniendo así una solución homogénea y muy diluida, siendo así un parámetro esencial para el proceso de atomización.

- Se trabajaron con temperaturas de atomización de 150, 160 y 170 °C; y Maltodextrina como encapsulante a concentraciones de 5, 8 y 10 %. Siendo 150, 160 y 170 °C y encapsulante de Maltodextrina con concentración al 10% quienes presentaron mayores valores en índice de solubilidad (**I.S.A**) (%), índice de absorción al agua (**I.A.A**) (g) y poder de hinchamiento (**P.H**) (g).

VII. RECOMENDACIONES.

El presente trabajo de investigación recomienda:

- Podría realizarse investigaciones sobre la aplicación del microencapsulado de pulpa de nuez de casho en sistemas líquidos por ejemplo en néctar de frutas tropicales por su alta capacidad en índice de solubilidad (I.S.A) (%) y bajo índice de absorción al agua (I.A.A) (g) y poder de hinchamiento (P.H) (g).

- Realizar estudios de caracterización fisicoquímica y proximal sobre la aplicación del microencapsulado de pulpa de nuez de casho.

- Todas estas propiedades del microencapsulado de pulpa de nuez de casho, deben tenerse en consideración y ser valoradas en los procesos de trasformación agroindustrial sobre todo en la producción de néctar y bebidas.

- Usar diferentes tipos de material de pared (agente encapsulante) para evaluar su efecto sobre las propiedades funcionales, y de esa manera realizar comparativos del microencapsulado de pulpa de nuez de casho.

.

VIII. LITERATURA CITADA.

Adepoju, A, B., Coker, O, J., Adetula, O, A. 2019. Effects of Processing Methods on the Proximate and Physicochemical Properties of Flour and Oil of Cashew Nut. Nigerian Journal of Nutritional Sciences, 40(1), 1-5. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/337635602_EFFECTS_OF_PROCESSING_METHODS_ON_THE_PROXIMATE_AND_PHYSICOCHEMICAL_PROPERTIES_OF_FLOUR_AND_OIL_OF_CASHEW_NUT

Ahmed, M., Akter, M, S., Lee J, C., Eun, J, B. 2010. Encapsulation by spray drying of bioactive components, physicochemical and morphological properties from purple sweet potato. LWT - Food Science and Technology, 43(9), 1307 – 1312. Recuperado de: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.05.014

Ajayi, O., Ehiwuogu-Onyibe, J., Akinwale, T., Kolawole, L, A. 2019. Evaluation of Functional Properties of Spontaneous and Starter Culture Fermented Sweet Potato Flour. Microbiology Research Journal International, 26(4), 1-8. Recuperado de: https://journalmrji.com/index.php/MRJI/article/view/979/1960

Anderson, R, A., Conway, H, F., Peplinski, A, J. 1970. Gelatinization of Corn Grits by Roll Cooking, Extrusion Cooking and Steaming. Starch - Stärke. 22(4), 130–135. Recuperado de: https://doi.org/10.1002/star.19700220408

Capillo, R., Navarro, K. 2019. Efecto de la adición del extracto hidroetanólico de semilla de ungurahui (Oenocarpus bataua Mart.) en forma libre y microencapsulado sobre la calidad de la galleta. Tesis de Grado. UNMSM. Lima - Perú. Pág. 1 - 211.

Comunian, T, A., Favaro-Trindade, C, S. 2016. Microencapsulation using biopolymers as an alternative to produce food enhanced with phytosterols and omega-3 fatty acids: a review. Food Hydrocolloids, 61, 442–457. Recuperado de: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.06.003

Cortés-Morales, E, A., Mendez-Montealvo, G., Velazquez, G. 2021. Interactions of the molecular assembly of polysaccharide protein systems as encapsulation materials. A review. Advances in Colloid and Interface Science, 295, 102398. recuperado de: https://doi.org/10.1016/j.cis.2021.102398

da Rosa, J, R., Nunes, G, L., Motta, M, H., Fortes, J, P., Cezimbra Weis, G, C., Rychecki Heckttheuer, L, H., et al. 2019. Microencapsulation of anthocyanin compounds extracted from blueberry (Vaccinium spp.) by spray drying: Characterization, stability and simulated gastrointestinal conditions. Food Hydrocolloids, 89, 742–748. Recuperado de: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.11.042

de Oliveira Alves Sena, E., Oliveira da Silva, P, S., Silva de Araujo, H, G., de Aragao Batista, M, C., Nogueira, P., Alonso, S., de Oliveria Junior, L, F., Gutierrez, M, A. 2019. Postharvest quality of cashew apple after hydrocooling and coold room. Postharvest Biology and Technology, 155, 65–71. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.05.002

Dussán-Sarria, S., Hurtado-Huratdo, D., Camacho-Tamayo, J. 2019. Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de Color de las Harinas de Quinua y Chontaduro. Información Tecnológica., 30(5), 3-10. Recuperado de: https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500003

Estupiñan, M, R. 2022. Encapsulación de jugos de agraz en micropartículas de maltodextrina y goma arábiga mediante liofilización y secado por atomización. Tesis de Grado Magister. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá - Colombia. Pág. 1 - 1.

Fontes, C, P, M, L., Silva, J, L, A., Sampaio-Neta, N, A., da Costa, J, M, C, Rodrigues, S. 2014. Dehydration of Prebiotic Fruit Drinks by Spray Drying: Operating Conditions and Powder Characterization. Food and Bioprocess Technology, 7(10), 2942–2950. https://doi.org/10.1007/s11947-014-1343-5

Gombás, Á., Antal, I., Szabó-Révész, P., Marton, S., Eros, I. 2003. Quantitative determination of crystallinity of alpha-lactose monohydrate by Near Infrared Spectroscopy (NIRS). International Journal of Pharmaceutics, 256(1-2), 25–32. Recuperado de: https://doi.org/10.1016/s0378-5173(03)00059-0

Ide, P, E., Eze, P, C., Eze, C, N. 2019. Comparative Studies On The Proximate Composition And Functional Properties Of Mucuna Sloanei Bean Flour Varieties. Journal of Asian Scientific Research., 9(11), 185-192. Recuperado de: https://doi.org/10.18488/journal.2.2019.911.185.192

Krishnaiah, D., Nithyanandam, R., Sarbatly, R. 2013. A Critical Review on the Spray Drying of Fruit Extract: Effect of Additives on Physicochemical Properties. ,. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 54(4), 449–473. Recuperado de: https://doi.org/10.1080/10408398.2011.587038

Labuschagne, P. 2018. Impact of wall material physicochemical characteristics on the stability of encapsulated phytochemicals: A review. Food Research International, 227–247. Recuperado de: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.026

López, O, D., Gómez, M. 2008. Preparación de microesferas mediante secado por aspersión. Revista Cubana de Farmacia, 42(3), 1–7. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/237365246_Preparacion_de_microesferas_mediante_secado_por_aspersion

Maresca, D., De Prisco, A., La Storia, A., Cirillo, T., Esposito, F., Mauriello, G. 2016. Microencapsulation of nisin in alginate beads by vibrating technology: preliminary investigation. LWT - Food Science and Technology, 66(436), 436–443. Recuperado de: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.062

Meaño, N., Ciarfella, A, T., Dorta, A, M. 2014. Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de ñame congo (Dioscorea bulbifera L.) para predecir sus posibles usos tecnológicos. Saber, 6(2), 182–187.

Medina, E, A., Guatemala, G, M., Férnandez, O., Corona, R., Mondragón, P, M., Arriola, E. 2017. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y tecno funcionales de subproductos de residuos de mango (Mangifera indica, variedad tommy atkins). Memorias del XXXVIII Encuentro Nacional de la AMIDIQ. 1–6.

Mendoza-Corvis, F., Arteaga, M., Pérez, O. 2016. Comportamiento de la vitamina C en un producto a base de lactosuero y pulpa de mango variedad Magdalena River (Mangífera Indica l.) durante el secado por aspersión. Rev Chil Nutr, 23, 159–166. Recuperado de: https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000200008

MERCK. 2023. Maltodextrina. Recuperado de: https://www.sigmaaldrich.com/PE/es/search/maltodextrina?focus=products&page=1&perpage=30&sort=relevance&term=maltodextrina&type=product

Mishra, P., Mishra, S., Mahanta, C, L. 2014. Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidant properties of amla (Emblica officinalis) juice powder. Food and Bioproducts Processing, 92(3), 252 – 258. Recuperado de: https://doi.org/10.1016/j.fbp.2013.08.003

Moro, K, I, B., Bender, A, B, B., da Silva, L, P., Penna, N. G. 2021. Green Extraction Methods and Microencapsulation Technologies of Phenolic Compounds From Grape Pomace: A Review. Food and Bioprocess Technology, 14(8), 1407–1431. Recuperado de: https://doi.org/10.1007/s11947-021-02665-4

Navarro-Flores, M, J., Ventura-Canseco, L, M., Meza-Gordillo, R., Ayora-Talavera, T., Abud-Archila, M. 2020. Spray drying encapsulation of a native plant extract rich in phenolic compounds with combinations of maltodextrin and non-conventional wall materials. Journal of Food Science and Technology, 1–12. Recuperado de: https://doi.org/10.1007/s13197-020-04447-w

Nyirenda, J., Zombe, K., Kalaba, G., Siabbamba, C., Inyambo, M. 2021. Exhaustive valorization of cashew nut shell waste as a potential bioresource material. *Scientific Reports*, *11(1)*, 1-14. Recuperado de: https://www.nature.com/articles/s41598-021-91571-y

Oliveira, N, N., Mothé, G, C., Mothé, G, M., de Oliveira, G, L. 2019. Cashew nut and cashew apple: a scientific and technological monitoring worldwide review. Journal of Food Science and Technology, 1–10. Recuperado de: https://doi.org/10.1007/s13197-019-04051-7

Ozkan, G., Franco, P., De Marco, I., Xiao, J., Capanoglu, E. 2019. A review of microencapsulation methods for food antioxidants: Principles, advantages, drawbacks and applications. Food Chemistry, 272, 494–506. Recuperado de: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.205

Ribeiro, A, M., Estevinho, B, N., Rocha, F. 2020. Microencapsulation of polyphenols - The specific case of the microencapsulation of Sambucus Nigra L. extracts - A review. Trends in Food Science & Technology, 105, 454–467. Recuperado de: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.03.011

Rodríguez-Sandoval, E., Lascano, A., Sandoval, G. 2012. Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinoa y papa en las propiedades termomecánicas y de panificación de masas. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica., 15(1), 199-207.

Salas, S. 2018. Caracterización fisicoquímica y propiedades funcionales del almidón de arracacha (arracacia xanthorrhiza) modificado por irradiación uv-c. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniera Agronomica. Universidad de Tolima. Ibagué - Colombia. Pág. 1 -110.

Sarabandi, K., Jafari, S., Mahoonak, A, S., Mohammadi, A. 2019. Application of gum Arabic and maltodextrin for encapsulation of eggplant peel extract as a natural antioxidant and color source. International Journal of Biological Macromolecules, 140, 59–68. Recuperado de: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.133

Sharif, N., Khoshnoudi-Nia, S., Jafari, M, S. 2020. Nano/microencapsulation of anthocyanins; a systematic review and meta-analysis. Food Research International, 132, 109077. Recuperado de: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109077

Sharma, P., Gaur, V, K., Sirohi, R., Larroche, C., Kim, S, Y., Pandey, A. 2020. Valorization of cashew nut processing residues for industrial applications. Industrial Crops & Products, 1–11. Recuperado de: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112550

Silva, M, T., Borges, L., Alves, S., Vaz, P., Silva, L., de Paula, J., Bara, M., Conceicao, E., Caramoni, S. 2020. New Spray Dried Microcapsule Based on Brazilian Cashew Polysaccharide (Anacardium othonianum Rizz.) and Maltodextrin as Wall Material. Journal of Polymers and the Environment, 1–9. Recuperado de: https://doi.org/10.1007/s10924-019-01643-4

Sucupira, N., Sabino, L, B., Neto, L, G., Gouveia, S, T., Figueiredo, R, W., Maia, G, A., & Machado de Sousa, P, H. 2020. Evaluation of cooking methods on the bioactive compounds of cashew apple fibre and its application in plant-based foods. *Heliyon*, e05346. Recuperado de: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05346

Tafur, M, M. 2018. Determinación de parámetros tecnológicos para el atomizado de pulpa de mango (Mangífera indica) con agua de coco (Cocos nucifera) edulcorado con estevia. Tesis de Grado. Facultad de Ingenieria Agroindustrial. Tarapoto - Perú. Pág. 1 - 214.

Uche, O, N., Ekete, E, B., Ide, P, E. 2022. Effects of processing methods on the functional properties and mineral composition of cashew kernel flour. Journal on Processing and Energy in Agriculture, 26(3), 83-89. Recuperado de: https://doi.org/10.5937/jpea26-37439

Yomichan, S. 2020. Case Study: Opportunities and Potential of Cashew Trade Between India and Guinea Bissau 2018. ACTA SCIENTIFIC AGRICULTURE (ISSN: 2581-365X), 4(3), 1-17. Recuperado de: https://doi.org/10.31080/ASAG.2020.04.0807

IX. ANEXO.

ANEXO 1.

Rendimiento de polvo atomizado de nuez de casho

Cuadro 6. Rendimiento de atomización de nuez de casho (%).

A (°C)	M (%)	mL Solución	mL Muestra (Filtrada)	Muestra atomizada (g)	(%)
	5	**250**	90	5.0365	22.38
150	**8**	**250**	90	6.4605	28.71
	10	**250**	90	7.7599	34.49
	5	**250**	90	6.0078	26.70
160	**8**	**250**	90	6.5379	29.06
	10	**250**	90	7.1599	31.82
	5	**250**	90	5.1523	22.90
170	**8**	**250**	90	5.6216	24.98
	10	**250**	90	6.2812	27.92

A = Atomización**; M =** Maltodextrina**.**

ANEXO 2:

Metodología para la determinación de las propiedades funcionales de polvo atomizado de nuez de casho: Índice de solubilidad al agua (I.S.A), Índice de absorción al agua (I.A.A) y poder de hinchamiento (P.H).

Según la metodología original de Anderson *et al.* (1970) adaptada según necesidades por Rodríguez-Sandoval *et al.* (2012).

- Índice de solubilidad en agua (**I.S.A**) (%).
- Índice de absorción de agua (**I.A.A**) (g).
- Poder de hinchamiento (**P.H**) (g)

▪ Se pesó 1 g de muestra en una balanza analítica. Posteriormente se agregó a un tubo de ensayo con tapa, y se añadió 6 mL de agua destilada y se cerró herméticamente, luego fue colocada en baño María con agitación constante, por el lapso de 30 minutos. Después fue centrifugada a 4900 rpm por 30 minutos. Se formaron dos fases, y la alícuota de interés (Sobrenadante) fue puesta a una decantación, posteriormente secada a 100 ºC durante 24 horas y el gel retenido en los tubos, fueron pesados en la balanza analítica. Posteriormente se realizaron los cálculos respectivos en función a las ecuaciones N° 1, 2 y 3.

Los ensayos se realizaron por triplicado.

$$\boldsymbol{I.A.A_g} = \frac{peso\ gel_g}{peso\ de\ muestra_g} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ Ec.(1)$$

$$\boldsymbol{I.S.A_{\%}} = \frac{peso\ soluble_g}{peso\ de\ muestra_g}\ x\ 100 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ Ec.(2)$$

$$\boldsymbol{P.H_g} = \frac{peso\ gel_g}{peso\ de\ muestra_g - \ peso\ soluble_g} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ Ec.(3)$$

ANEXO 3:

Análisis de varianza (ANVA) y Test de comparación Múltiple de Tukey: Índice de adsorción al agua (I.A.A), Índice de solubilidad al agua (I.S.A) y Poder de hinchamiento (P.H).

Cuadro 7A. ANVA en Índice de absorción al agua (I.A.A).

Fuente	gl	SC	CM	F	p valor
A: Temperatura de Atomización (**°C**)	2	0.021067	0.010533	430.82	0.000 (*)
B: Concentración de Maltodextrina (**%**)	2	0.074646	0.037323	1526.52	0.000 (*)
AB	4	0.018138	0.004535	185.47	0.000 (*)
Error	18	0.00044	0.000024		
Total	26	0.114291			

p = valor >,< a 0.05; ***** = significativo.

Cuadro 8A. Test de Tukey por **Factor A:** Temperatura de atomización (°C) y **B:** Concentración de Maltodextrina (%) en I.A.A.

A: Temperatura de atomización (°C)	N	Media	Agrupación
170	9	0.314	a
160	9	0.261	b
150	9	0.249	c
B: Concentración de Maltodextrina (%)	**N**	**Media**	**Agrupación**
10	9	0.349	a
8	9	0.247	b
5	9	0.229	c

Letras diferentes indican diferencias estatisticamente significativas (p < 0.05).

Cuadro 9A. Test de Tukey por interacción **Factor A:** Temperatura de atomización (°C) y **B:** Concentración de Maltodextrina (%) en I.A.A.

A: Temperatura de atomización (°C) * **B:** Concentración de Maltodextrina (%)	N	Media	Agrupaciones
170 °C * 10 %	3	0.439	a
160 °C * 10 %	3	0.306	b
150 °C * 10 %	3	0.301	b
170 °C * 8 %	3	0.263	c
160 °C * 8 %	3	0.252	cd
170 °C * 5 %	3	0.240	de
160 °C * 5 %	3	0.226	ef
150 °C * 8 %	3	0.226	ef
150 °C * 5 %	3	0.221	f

Letras diferentes indican diferencias estatisticamente significativas (p < 0.05).

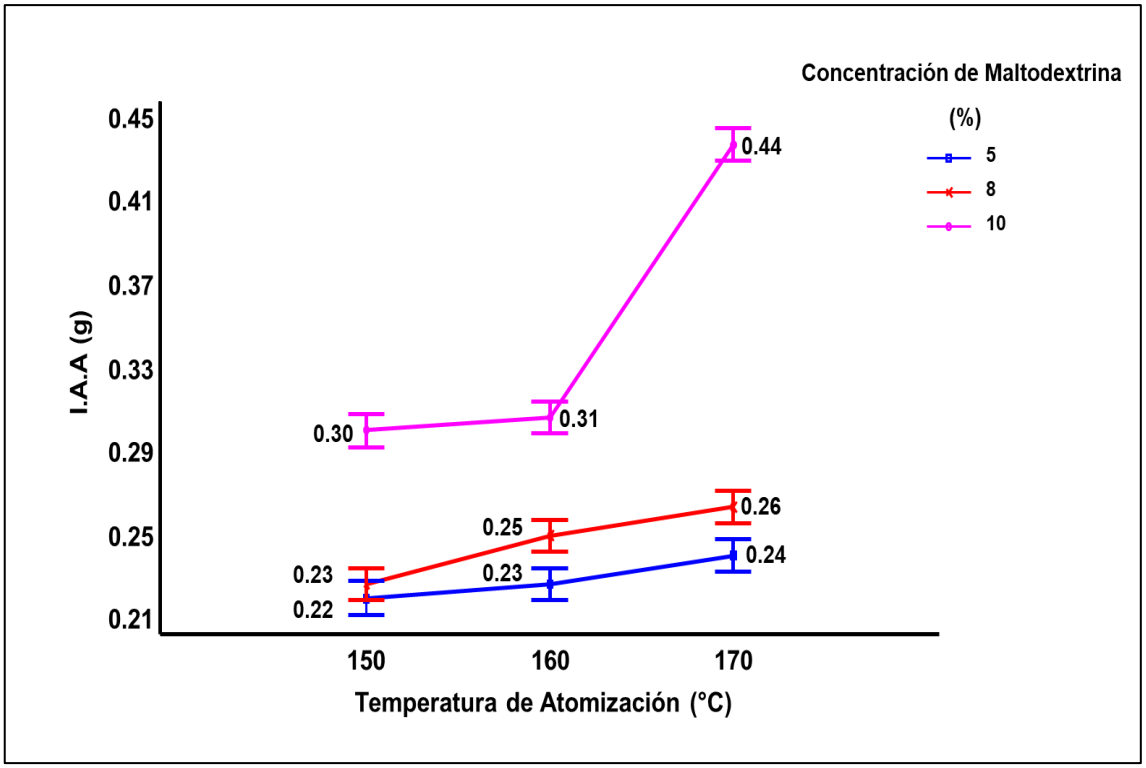


Figura 11A. Gráfico de interacción de I.A.A: Temperatura de atomización (°C)*Concentración de Maltodextrina (%).

Cuadro 10A. ANVA en Índice de solubilidad al agua (I.S.A).

Fuente	gl	SC	CM	F	p valor
A: Temperatura de Atomización (**°C**)	2	44.769	22.384	350.8	0.000 (*)
B: Concentración de Maltodextrina (**%**)	2	404.805	202.402	3226.18	0.000 (*)
AB	4	1.072	0.268	4.27	0.013 (*)
Error	18	1.129	0.063		
Total	26	451.775			

p = valor >,< a 0.05; ***** = significativo.

Cuadro 11A. Test de Tukey por **Factor A:** Temperatura de atomización (°C) y **B:** Concentración de Maltodextrina (%) en I.S.A.

A: Temperatura de atomización (°C)	N	Media	Agrupación
170	9	80.28	a
160	9	78.55	b
150	9	77.13	c
B: Concentración de Maltodextrina (%)	**N**	**Media**	**Agrupación**
10	9	83.44	a
8	9	78.56	b
5	9	73.95	c

Letras diferentes indican diferencias estatisticamente significativas (p < 0.05).

Cuadro 12A. Test de Tukey por interacción **Factor A:** Temperatura de atomización (°C) y **B:** Concentración de Maltodextrina (%) en I.S.A.

A: Temperatura de atomización (°C)* **B:** Concentración de Maltodextrina (%)	N	Media	Agrupaciones
170 °C * 10 %	3	85.04	a
160 °C * 10 %	3	83.15	b
150 °C * 10 %	3	82.12	c
170 °C * 8 %	3	80.41	d
160 °C * 8 %	3	78.29	e
150 °C * 8 %	3	76.98	f
170 °C * 5 %	3	75.37	g
160 °C * 5 %	3	74.21	h
150 °C * 5 %	3	72.28	i

Letras diferentes indican diferencias estatisticamente significativas (p < 0.05).

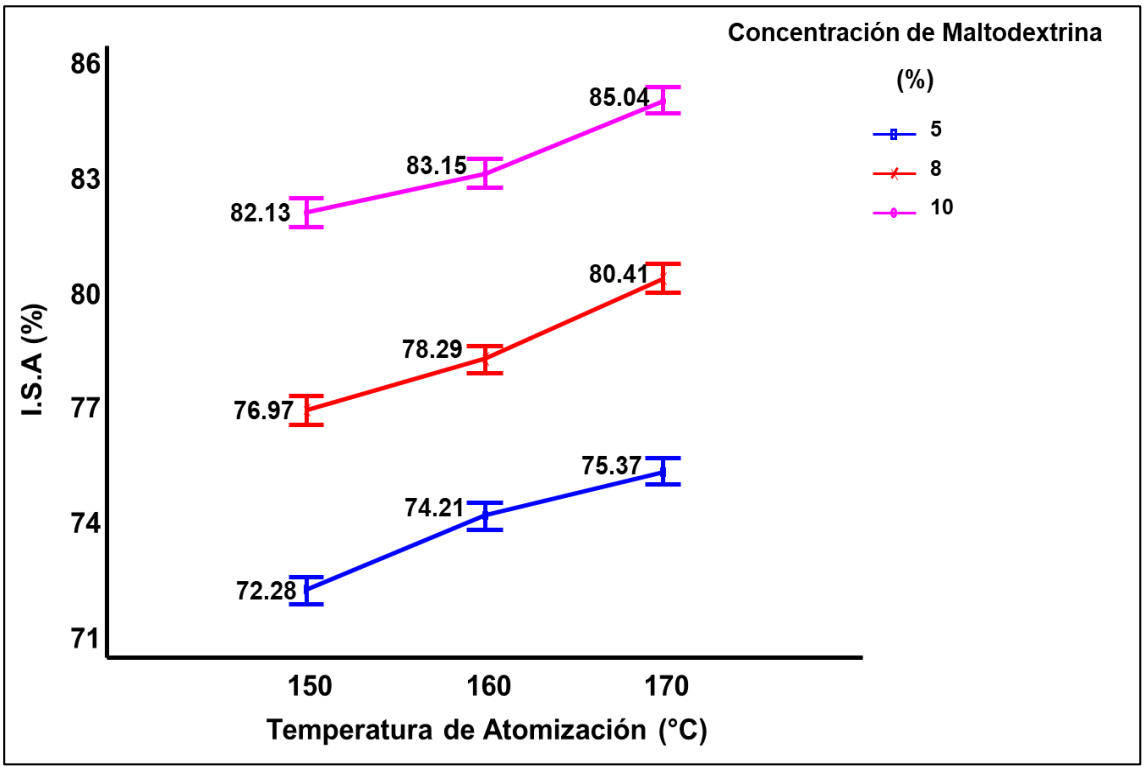


Figura 12A. Gráfico de interacción de I.S.A: Temperatura de atomización (°C)*Concentración de Maltodextrina (%).

Cuadro 13A. ANVA en Poder de Hinchamiento (P.H).

Fuente	gl	SC	CM	F	p valor
A: Temperatura de Atomización (**°C**)	2	1.7604	0.88018	904.31	0.000 (*)
B: Concentración de Maltodextrina (**%**)	2	7.8902	3.94512	4053.27	0.000 (*)
AB	4	1.2981	0.32452	333.42	0.000 (*)
Error	18	0.0175	0.00097		
Total	26	10.9662			

p = valor >,< a 0.05; ***** = significativo.

Cuadro 14A. Test de Tukey por **Factor A:** Temperatura de atomización (°C) y **B:** Concentración de Maltodextrina (%) en P.H.

A: Temperatura de atomización (°C)	N	Media	Agrupación
170	9	1.75	a
160	9	1.28	b
150	9	1.15	c
B: Concentración de Maltodextrina (%)	**N**	**Media**	**Agrupación**
10	9	2.14	a
8	9	1.16	b
5	9	0.88	c

Letras diferentes indican diferencias estatisticamente significativas (p < 0.05).

Cuadro 15A. Test de Tukey por interacción Factor A: Temperatura de atomización (°C) y B: Concentración de Maltodextrina (%) en P.H.

A: Temperatura de atomización (°C)* **B:** Concentración de Maltodextrina (%)	N	Media	Agrupaciones
170 °C * 10 %	3	2.93	a
160 °C * 10 %	3	1.81	b
150 °C * 10 %	3	1.69	c
170 °C * 8 %	3	1.34	d
160 °C * 8 %	3	1.16	e
150 °C * 8 %	3	0.98	f
170 °C * 5 %	3	0.97	f
160 °C * 5 %	3	0.88	g
150 °C * 5 %	3	0.80	g

Letras diferentes indican diferencias estatisticamente significativas (p < 0.05).

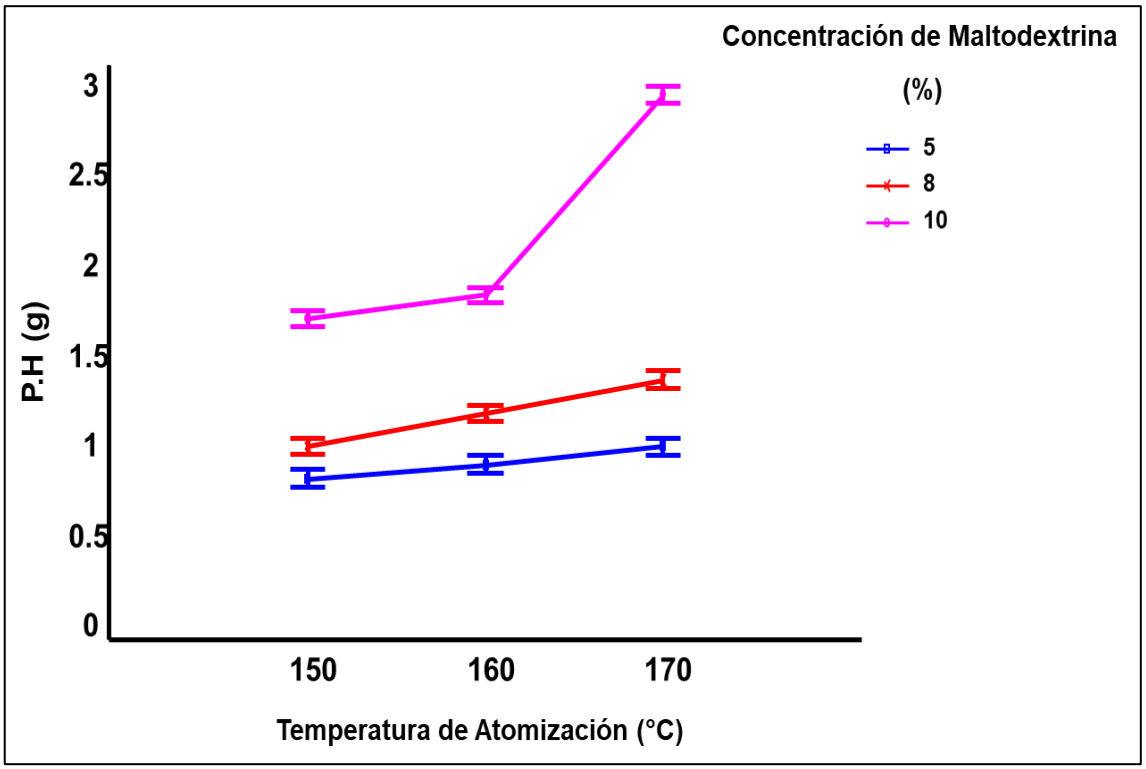


Figura 13A. Gráfico de interacción de P.H: Temperatura de atomización (°C)*Concentración de Maltodextrina (%).

ANEXO 4.

FOTOGRAFIAS RELACIONADAS A LA INVESTIGACIÓN.



Figura 14A. Casho (*Anacardium occidentale L*.); semilla de casho; pulpa de semilla de casho (nuez).



Figura 15A. Lavado y cortado de semilla; obtención de nuez de casho.



Figura 16A. Tamizado (Ratio MP/Svte); Material de pared (Maltodextrina).



Figura 17A. Pesado de Maltodextrina (p/v); Atomización (150, 160 y 170 °C); polvo de nuez de casho atomizado.



Figura 18A. Determinación de las propiedades funcionales de polvo atomizado de nuez de casho: Índice de solubilidad al agua (**I.S.A**), índice de absorción al agua (**I.A.A**) y poder de hinchamiento (**P.H**).



Figura 19A. Toma de alícuotas y centrifugación.



Figura 20A. se realiza el secado de muestras.