

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



EFEECTO DE ENCAPSULANTES EN LAS PROPIEDADES TERMOFÍSICAS Y
SENSORIALES DEL POLVO DE COCONA - Ecotipo I (*Solanum sessiliflorum* Dunal),
OBTENIDO POR LIOFILIZACION

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por:

EMELY SANTISTEBAN FLORES

Tingo María – Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Carretera Central Km. 1.21. Teléfono (062) 561385
Apartado Postal 156 Tingo María E.mail: fia@unas.edu.pe

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 017-2022

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público en forma virtual a las 6:00 p.m. del día 29 de diciembre del 2022, en el equipo: Sustentación de Tesis de Pregrado FIIA UNAS en la Plataforma Teams, para calificar la tesis presentada por la Bach. **EMELY SANTISTEBAN FLORES**, titulada:

“EFECTO DE ENCAPSULANTES EN LAS PROPIEDADES TERMOFÍSICAS Y SENSORIALES DEL POLVO DE COCONA – Ecotipo I (*Solanum sessiliflorum* Dunal), OBTENIDO POR LIOFILIZACIÓN”.

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO.....** con el calificativo de **..MUY BUENO.....**; en consecuencia, la sustentante, queda apta para obtener el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias**, de conformidad con el artículo 45° numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 132 inciso “k” y 135 inciso “f” del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 29 de diciembre del 2022


Dr. Roberto Dávila Trujillo
Presidente


M.Sc. Raida Lourdes Matos Bustamante
Miembro


Dr. Jaime Eduardo Basilio Atencio
Miembro


M.Sc. Yolanda Jesús Ramírez Trujillo
Asesora



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 007 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:


Ingeniería en Industrias Alimentarias

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional
-------	---	------------------------------------

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EFFECTO DE ENCAPSULANTES EN LAS PROPIEDADES TERMOFÍSICAS Y SENSORIALES DEL POLVO DE COCONA - Ecotipo I (Solanum sessiliflorum Dunal), OBTENIDO POR LIOFILIZACION	EMELY SANTISTEBAN FLORES	19 % Diecinueve

Tingo Maria, 09 de enero de 2024


 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
 Dr. Tomás Menacho Mallqui
 DIRECTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



EFFECTO DE ENCAPSULANTES EN LAS PROPIEDADES TERMOFÍSICAS Y
SENSORIALES DEL POLVO DE COCONA - Ecotipo I (*Solanum sessiliflorum* Dunal),
OBTENIDO POR LIOFILIZACION

Autor : Emely, Santisteban Flores

Asesora de Tesis : Ing. Msc. Yolanda Jesús Ramírez Trujillo

Programa de Investigación : Ingeniería de Alimentos

Línea de Investigación : Ingeniería de Alimentos

Eje Temático de Investigación : Propiedades termo físicas y reológicas

Lugar de Ejecución : Laboratorios FIIA – UNAS

Duración : Fecha de Inicio: 22/11/2021
Fecha de Término: 01/11/2022

Financiamiento : Propio

Tingo María – Perú



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad : Ingeniería en Industrias Alimentarias
Escuela profesional : Ingeniería en Industrias Alimentarias
Título de Tesis : Efecto de encapsulantes en las propiedades termofísicas y sensoriales del polvo de cocona - Ecotipo I (*Solanum sessiliflorum* Dunal), obtenido por liofilización
Objetivo General : Evaluar el efecto del uso de encapsulantes en las propiedades físicas y sensoriales de la cocona (*Solanum sesiliflorum* Dunal) Ecotipo I obtenido por liofilización.
Autor de la tesis : SANTISTEBAN FLORES EMELY
Documento Identidad (DNI) : 72980741
Correo Electrónico : emely.santisteban@unas.edu.pe
Asesores de Tesis : Ing. Yolanda Jesúa Ramírez Trujillo
Área de Investigación : Ciencias de Alimentos
Grupo de Investigación : Química de Alimentos
Línea de investigación : Química pura y aplicada
Lugar de Ejecución : Laboratorios FIIA - UNAS
Fecha Inicio : setiembre 2020
Fecha Término : mayo 2021
Presupuesto : S/.4850.00
Financiamiento : Propio (x) FEDU () Externo ()

Bach. Emely Santisteban Flores

Ing. Yolanda Jesús Ramírez Trujillo

DEDICATORIA

A **DIOS** omnipotente, por darme la vida, fuerza y sabiduría, guiándome e iluminando todos mis pasos, por ser mi ayuda en todo momento y en su bondad en el futuro poder seguir cumpliendo mis metas propuestas.

A mis padres madre **Crisando Santisteban Rufino y Primitiva Flores Peña**, por todo su apoyo, comprensión, sacrificio, por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía.

A mis hermanos **Gelin Santisteban, Franz Santisteban, Stalin Santisteban** quienes siempre estuvieron junto a mí brindándome apoyo.

A mis amigos Jafeth Ramirez, Luz Clara Aguilar, Alida Ccahuana, Willian Porras y Jhenyfer Necochea, por su apoyo incondicional durante y después de los años académicos

AGRADECIMIENTO

- A mi DIOS por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi carrera profesional.
- .
- A mis padres Crisando Santisteban Rufino, Primitiva Flores Peña y mis hermanos por su apoyo incondicional.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por impulsar mis conocimientos para mi formación profesional, en especial a la facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias docentes y administrativos quienes compartieron sus conocimientos conmigo.
- A mi asesora Ing. Msc. Ramírez Trujillo, Yolanda Jesús; gracias por sus orientaciones y por hacer posible el desarrollo de este trabajo de investigación.
- Al Dr. Roberto Dávila Trujillo por facilitarme el laboratorio de Ingeniería de Alimentos.
- Al Sr. Celedonio Yacha técnico del laboratorio de Química por brindarme su apoyo con los materiales necesarios.
- Al Jurado de tesis: Dr. Basilio Jaime, Dr. Roberto Dávila Trujillo, Ing. Raida Matos Bustamante por sus orientaciones
- A todas aquellas personas que contribuyeron en la realización de este trabajo de investigación.

INDICE

I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	2
2.1. Antecedentes	2
2.2. Generalidades de la cocona.....	4
2.2.1. Origen y distribución	4
2.2.2. Descripción botánica	4
2.2.3. Taxonomía	4
2.2.4. Descripción del fruto	5
2.2.5. Variedades	5
2.2.6. Ecotipos	5
2.3. Composición química de la cocona	6
2.4. Liofilización.....	6
2.4.1. Definición	6
2.4.2. liofilizador	7
2.4.3. Etapas de la liofilización.....	7
2.4.4. Congelación	8
2.4.5. Sublimación	8
2.4.6. Almacenamiento	9
2.5. Encapsulación	9
2.5.1. Definición	9
2.5.2. Funciones de la encapsulación	10
2.5.3. Encapsulantes	10
2.6. Actividad de Agua	11
2.7. Color CELab	12
2.8. Aplicación de la evaluación sensorial.....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1. Lugar de ejecución.....	14
3.2. Materia Prima e insumos	14
3.3. Equipos y materiales	14
3.3.1. Equipos de laboratorio.....	14

3.3.2. Materiales	14
3.4. Métodos de Análisis.....	15
3.4.1. Evaluación sensorial del polvo de cocona.....	15
3.4.2. Caracterización física del polvo de cocona	15
3.4.3. Análisis térmico por Calorimetría exploratoria diferencial (DSC)	15
3.5. Metodología Experimental.	16
3.5.1. Tipo y diseño	16
3.5.2. Obtención del polvo de cocona por liofilización.....	16
3.6. Evaluación sensorial del polvo de cocona	18
3.7. Determinación de las propiedades físicas del polvo de cocona.....	19
- Actividad de agua	19
- Densidad volumétrica	19
- Índice de solubilidad y de absorción de agua	19
- Higroscopicidad.....	20
- Colorimetría.....	20
3.8. Determinación térmica por DSC.....	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
4.1. Evaluación sensorial del polvo de cocona	22
4.2. Evaluación de las propiedades físicas del polvo de cocona liofilizado	24
4.2.1. Actividad de agua	24
4.2.2. Densidad volumétrica	25
4.2.3. Índice de solubilidad y de absorción de agua	26
4.2.4. Higroscopicidad.....	27
4.2.5. Colorimetría.....	28
4.3. Determinación térmica por DSC.....	29
V. CONCLUSIONES	36
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	37
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
ANEXOS	47

INDICE DE TABLAS

Tabla	Pág.
1. Contenido químico de la pulpa de cocona en 100 g de pulpa comestible.....	6
2. Diseño experimental para la evaluación sensorial.....	16
3. Resultados de la evaluación sensorial de la cocona liofilizada sin encapsulante y con los diferentes encapsulantes.....	22
4. Actividad de agua (a_w) de la cocona liofilizada con los encapsulantes sensorialmente aceptados.....	24
5. Resultado de la determinación de la densidad volumétrica de la cocona liofilizada con diferentes encapsulantes.....	25
6. Resultado de la determinación del índice de solubilidad (ISA) y de absorción de agua (IAA) de la cocona liofilizada con diferentes encapsulantes.....	26
7. Resultado de la determinación de la higroscopicidad de la cocona liofilizada con diferentes encapsulantes en g/100 g.....	27
8. Resultado de la evaluación de los indicadores del color de la cocona liofilizada sin y con diferentes encapsulantes.....	28
9. Resultados (DSC) en T1 Cocona Liofilizada sin encapsulantes.....	29
10. Resultados Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) en T2 cocona con Encapsulantes de Maltodextrina a 15%.....	30
11. Resultados Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) en T3 cocona con encapsulantes de almidón de maíz al 7%.....	31
12. Resultados Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) en T4 Cocona con encapsulante de goma arábica al 10%.....	32
13. Resultados Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) en T5 cocona con encapsulantes con gelatina al 7 %.....	33
14. Resultados de Calorimetría diferencial de barrido DSC en la cocona liofilizada con diferentes encapsulantes.....	34

INDICE DE FIGURAS

Figura	Pag.
1: Sistema Básico de un Liofilizador.....	7
2. Flujograma de obtención del polvo de cocona.....	17
3. Figura representativa de un sistema de colores CIELAB	20
4. Termo grama DSC de la cocona liofilizada sin encapsulante	30
5. Termo grama DSC de la cocona liofilizada con maltodextrina 15%.....	31
6. Termo grama DSC de la cocona liofilizada con almidón 7%	32
7. Termo grama DSC de la cocona liofilizada con goma arábica 10%.....	33

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, considerándose los siguientes objetivos: Obtener polvo de cocona mediante liofilización utilizando diferentes encapsulantes (maltodextrina, goma arábica, almidón de maíz y gelatina) en niveles de 7, 10 y 15% cada uno; evaluar sus atributos sensoriales y determinar el más aceptado por cada encapsulante, evaluar las propiedades físicas del polvo de cocona liofilizado con los encapsulantes más aceptados sensorialmente y analizarlos térmicamente por DSC.

Se utilizaron frutos de cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) Ecotipo I obtenidos del mercado de abastos de la ciudad de Tingo María. El flujo de operaciones para la obtención de polvo de cocona liofilizado fue: pesado, lavado, pelado, pulpeado, tamizado, acondicionado de la pulpa de cocona con los encapsulantes, congelado, liofilizado, envasado y almacenado.

Los resultados obtenidos de la evaluación sensorial indicaron que los tratamientos más aceptados por cada encapsulante fueron: Maltodextrina 15%, goma arábica 7%, almidón de maíz 10% y gelatina 7%. De la evaluación física se comprobó que la cocona liofilizada con el encapsulante maltodextrina al 15% posee menor actividad de agua ($a_w=0,55$) y densidad volumétrica ($0,6024 \text{ g/m}^3$), mayor ISA (88,533) e IAA (5,927), higroscopicidad (1,016 g agua/100 g m.s.), con los parámetros de color $a^* = -2,75 \pm 0,04$; $b^* = 39,21 \pm 0,09$; $L=75,30 \pm 0,1$; $h= 97,83 \pm 0,01$, $C=15,67 \pm 0,04$ y en la determinación térmica por DSC los resultados fueron T_o (214,6 °C), T_p (316,56 °C), T_f (85,68) con entalpía de calor 151,44 J/g.

Palabras clave: solanaceae, solanales, hyporhodium, maltodextrina, dextrinas, criodesecación, tamizado

ABSTRACT

This study was carried out at the Universidad Nacional Agraria de la Selva, considering the following objectives: Obtain cocona powder by lyophilization using different encapsulants (maltodextrin, gum arabic, corn starch and gelatin) at levels of 7, 10 and 15% each. one; evaluate its sensory attributes and determine the most accepted by each encapsulant, evaluate the physical properties of the lyophilized cocona powder with the most sensorially accepted encapsulants, and thermally analyze them by DSC.

Cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) Ecotype I; fruits obtained from the food market of the city of Tingo María were used. The flow of operations to obtain lyophilized cocona powder was: weighed, washed, peeled, pulped, sieved, conditioned the cocona pulp with encapsulants, frozen, lyophilized, packaged, and stored.

The results obtained from the sensory evaluation indicated that the most accepted treatments for each encapsulant were: 15% maltodextrin, 7% gum arabic, 10% corn starch and 7% gelatin.

From the physical evaluation it was verified that the lyophilized cocona with the encapsulant maltodextrin at 15% has lower water activity ($a_w=0.55$) and volumetric density (0.6024 g/m^3), higher ISA (88.533) and IAA (5.927), hygroscopicity ($1.016 \text{ g water/100 g m.s.}$), with the color parameters $a^* = -2.75 \pm 0.04$; $b^* = 39.21 \pm 0.09$; $L=75.30 \pm 0.1$; $h= 97.83 \pm 0.01$, $C=15.67 \pm 0.04$ and in the thermal determination by DSC the results were T_o ($214.6 \text{ }^\circ\text{C}$), T_p ($316.26 \text{ }^\circ\text{C}$), T_f (85.68) with enthalpy of heat of 151.44 J/g .

Keywords: solanaceae, solanales, hyporhodium, maltodextrin, dextrin, cryodesiccation, sifted

I. INTRODUCCION

El Perú es un país megadiverso con muchos productos como las frutas tropicales netas de la selva como es la cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal), con singulares características funcionales, que aún no se han explotado efectivamente.

La liofilización es un método de conservación de alimentos que combina varios procesos, como la congelación, la desgasificación y el secado. El resultado es un producto seco que conserva la mayor parte de sus propiedades organolépticas en su estado original, como aroma, sabor o color.

La cocona juega un papel expectante para el desarrollo sostenible de la amazonia y el Valle del Alto Huallaga; por ello, es necesario conocer metodologías que permitan su uso para el aprovechamiento de sus características sensoriales y funcionales; bajo éstas consideraciones, siendo la liofilización, una de las técnicas que permite proteger las características de los productos, igualmente, el uso de materiales encapsulantes puede mejorar las propiedades y el rendimiento de los productos secos, de ahí que es una de las formas que daría buenos resultados cuando queramos conservar los frutos de nuestra amazonia para así poder llegar a otros mercados.

De esta evaluación nace el interés de estudiar el efecto que podría causar el uso de encapsulantes en las propiedades físicas y sensoriales de la cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) Ecotipo I obtenido por liofilización y se plantearon los siguientes objetivos:

- Obtener polvo de cocona mediante liofilización utilizando diferentes tipos y niveles de encapsulantes.
- Evaluar los atributos sensoriales del polvo de cocona liofilizado con diferentes tipos y niveles de encapsulantes
- Evaluar las propiedades físicas del polvo de cocona liofilizado con los encapsulantes más aceptados sensorialmente
- Analizar térmicamente por DSC el polvo de cocona liofilizado con diferentes encapsulantes.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Antecedentes

Natividad y Cáceres (2013) en su trabajo de investigación obtuvieron muestras refinadas y liofilizadas y titulación de celulosa liofilizada para su caracterización, evaluando pH y solubilidad de la pulpa. Se obtuvo un polvo higroscópico soluble en agua en un 84,33%, cuyas propiedades son ligeramente diferentes en comparación con el producto diluido: contenido de humedad, proteínas, núcleo de éter, cenizas, carbohidratos (incluido el contenido de fibra), densidad, viscosidad, sólidos solubles, azúcar reductor, primario acidez.

Marín (2019) en su trabajo de investigación demostró que el tratamiento térmico previo a la liofilización aumenta significativamente el tiempo de hidratación y la viscosidad del producto rehidratado, por lo que no se recomienda ya que el objetivo principal es extraer jugo de este.

Peña (2017) en su investigación, concluyó que el parámetro que determina la pérdida de masa del producto de fruto triturado estudiado como consecuencia de la hidratación es el cambio en sus propiedades mecánicas asociado a la aparición de fenómenos de grumos, este cambio ocurre desde el momento en que la muestra comienza la transición vítrea y ocurre antes del cambio de color asociado con el oscurecimiento de la muestra. Desde este punto de vista, el bajo índice de humedad y la actividad crítica del agua de las muestras insolubles indican la incorporación de compuestos de alto peso molecular. Entre los varios solutos considerados en este estudio, se recomienda la goma arábiga para este fin.

Pauca (2018) utilizó extractos de subproductos de mango y los atomizó a temperaturas de entrada de 140, 155 y 170 °C utilizando malto dextrina como encapsulante, en los aromas ofrecen un buen rendimiento y valores medios de actividad fenólica total y antioxidante y serán una alternativa en la industria alimentaria.

Gamboa (2018) en su estudio, informa que el contenido de vitamina C del extracto de remolacha fresca es de 29,75 mg/100 g. El secado osmótico al vacío lo redujo a 15,75 mg/100 g y el secado por convección a 9,31 mg/100 g; La liofilización requirió 14,98 mg/100 g. Se obtuvieron 7,05 mg de vitamina C/100 g de polvo de chalarina solo por secado en carga, mientras que 23,63 mg/100 g se obtuvieron solo en forma liofilizada. Concluyeron que los polvos obtenidos por secado por convección y secado osmótico tienen mejores propiedades fisicoquímicas que otros polvos.

Cajiao y Luna (2019) reportan que la microencapsulación de un aceite típico con un ión gel que usa pectina y alginato recubierto con proteína de suero y clara de huevo mostró propiedades protectoras mejoradas del aceite contra las condiciones de temperatura y una vida útil de 45 días.

Parra (2010) menciona que el secado por aspersión de polvo, para mantener la estabilidad del pimentón, muestra que tiene la mayor estabilidad en la prevención de la oxidación de carotenoides debido a la secreción natural de Acacia Senegal, un heteropolisacárido de alto peso molecular que consta de cadenas lineales de moléculas de D-galactosa unidas por enlaces B-1,4 y B-1,6 carotenoides de goma arábiga.

Pacheco y Toapanta (2022) elaboraron un micro encapsulado de extracto de eneldo (*Anethum graveolens*), mediante la operación unitaria de secado por aspersión (Spray drying), utilizando como materiales para la encapsulación maltodextrina y goma arábiga, los mismos que sirven como método de protección de los principios activos de interés, evitando su degradación. Se preservaron los beneficios del extracto de eneldo, siendo resistentes a factores del medio ambiente, y manteniendo sus características fisicoquímicas. Mediante un previo análisis, se seleccionaron los análisis realizados, los parámetros y metodologías específicos aplicables.

Valenzuela (2020) reporta que es práctico micro encapsular pigmentos (caroteno) con propiedades antioxidantes en moléculas de biopolímeros, ya que los biopolímeros muestran una alta eficiencia para encapsular estos compuestos y mantener su estabilidad bajo condiciones de presión, temperatura y almacenamiento.

Peña (2017) optimizó la preparación de una suspensión de pulpa de grosella mezclada con maltodextrina (MD) y goma arábiga (GA) para secado por aspersión en base a parámetros físicos, químicos y reológicos. Usando un diseño experimental compuesto central con dos factores (MD y GA) y variables de respuesta (densidad, °Brix, aw, pH y parámetros reológicos) en la superficie de respuesta.

Hipo (2021) realizó un proceso de liofilización en mora para su aplicación en la industria alimentaria, así como para describir sus características fisicoquímicas y organolépticas, además la aplicación de sacarosa en mora liofilizada. La liofilización es un proceso que permite conservar todos los nutrientes y los compuestos fenólicos, las antocianinas y la vitamina C ya que estos compuestos son los más importantes dentro de dicha fruta. Sin embargo, la aplicación de sacarosa se ha aplicado en mora por el método de osmo deshidratación en donde tuvo como resultado un bajo poder osmótico

Lino (2012) en su investigación “Predominio de encapsulantes. Goma Arábica y Malto dextrina que hay en Fito químicos de la Cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) Ecotipo T-2 Liofilizado” menciona que la retención de sustancias benéficas a los 60 días de acopio: 69,22% en pulpa de cocona sin encapsulante (PC), 94,08% en pulpa de cocona con goma arábica (PGA) y 95,08% en pulpa de cocona liofilizado con encapsulante maltodextrina (PMD); Los indicadores de color de la pulpa de cocona en polvo con sellador mostraron una mayor equilibrio en comparación con la muestra sin sellador.

1.2. Generalidades de la cocona

1.2.1. Origen y distribución

La cocona (*Solanum sessiliflorum*) parece ser originaria de Los Andes del Perú, Ecuador y Colombia, en especial de Perú esta especie se distribuye de manera natural entre los 200 y 1000 m de altitud; asimismo, se conoce que fue introducida al cultivo hace unos 50 años (Flores, 1997; Villachica, 1996).

1.2.2. Descripción botánica

La cocona es un arbusto solitario, de 0,5 a 2,0 m de altura, con tallos semicilíndricos y hojas opuestas separadas. Uñas ovaladas, de 30-50 cm de largo y 20-30 cm de ancho, con bordes dentados, puntas puntiagudas y bases irregulares. Las hojas superiores son de color verde oscuro a púrpura dependiendo de la variedad, mientras que las hojas inferiores son de color verde claro con venas y pecíolos blancos prominentes, de 10 a 15 cm de largo. Inflorescencia cilíndrica, tallo corto de 3-10 mm, bisexual con 5-9 estambres, hojas estrelladas, 5 hojas de color amarillo verdoso. Cinco tazas verdes. Los frutos son de varias formas, desde hemisféricos hasta ovalados, de 3 a 6 cm de largo, de 3 a 12 cm de diámetro, de 24 a 250 gramos en promedio. La piel es suave y sedosa, y el color del pelaje varía según la raza. Amarillo, naranja o rojo. La piel es regordeta y carnosa, de color crema a amarillento y de grosor variable. Las semillas son huecas, de 2,4-3 mm de largo, cubiertas de moco transparente, de sabor agrio y aroma agradable (Anteparra et al., 2010).

1.2.3. Taxonomía

Jiménez (2018) menciona la siguiente clasificación para la cocona:

Reino	:	Vegetal
División	:	Espermatofita
Subdivisión	:	Angiospermas
Clase	:	Dicotiledónea
Subclase	:	Simpétala

Familia	:	Solanáceae
Especie	:	<i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal

1.2.4. Descripción del fruto

Carbajal & Balcazar (2006) creen que los frutos tienen diferentes formas: esféricos, marrones, cilíndricos, ovalados, redondos, redondos, cilíndricos, cónicos, etc. El tamaño y el peso varían según el ecotipo, y los frutos maduros son de color amarillo pálido con manchas anaranjadas o rojas. La pulpa es jugosa, medianamente firme y blanda, de color amarillo a blanco, agradablemente aromática, ligeramente ácida. La corteza es una capa fina y lisa recubierta por una fina capa de látex que cambia de color a medida que madura, uniforme ya veces inmadura según la variedad. Las madrigueras de semillas pueden ser ecológicamente irregulares o regulares y redondas. La longitud del fruto es 52,18-83,97 mm, diámetro 49,94-77,85 mm, número de lóbulos 4-5 mm, parte carnosa 4,94-12,12 mm, peso 4 Varía de 0,94 mm a 12,12 mm. Está hecho de masa. Los frutos mostrados son de 33,60 gramos. 184,73 gramos

1.2.5. Variedades

Según Picasso (1997), en nuestro país existe cuatro tipos de cocona:

- El menor tamaño, de color rojo-morado,
- Tamaño mediano, de color amarillo (de mayor demanda en el Perú),
- Forma circular, que se asemeja a una naranja, de color amarillo;
- En forma de pera.

1.2.6. Ecotipos

Cocona redonda (Ecotipo I): Tiene un peso promedio de 40,8 g (rango 36,5 a 45,1 g) y una longitud promedio de 4,2 cm. (4,03 a 4,36 cm) y un diámetro promedio de 4,37 cm. (de 4,22 a 4,52 cm). La piel es lisa y lampiña, constituye el 18% del peso total del fruto, la pulpa es cremosa, con olor agrídulce a tomate, constituye el 67,2% del peso total, las semillas son secas, ovaladas, plano, supone el 14,6% del peso total del fruto. (Carbajal & Balcázar.1996).

Cocona ovalada (Ecotipo II): Su peso, longitud y diámetro medios son de 75,79 gramos, 7,48 cm y 4,55 cm respectivamente. Los frutos son de forma ovalada, el color varía de marrón claro a marrón oscuro, la piel es lisa y firme, de 0,6-0,8 cm de espesor, con sabor agrio, representando el 75,72% del peso total del fruto, y las semillas son planas, pelado, que representa el 10,94% del peso del fruto (Duarte 2011).

Cocona gigante (Ecotipo III): El peso promedio de una fruta es de 290,03 g, longitud 7,48 cm y diámetro 4,55 cm. El color exterior varía de marrón a marrón oscuro y la corteza es lisa y delgada, representando el 9,68% del peso total. La parte carnosa del fruto es más gruesa (hasta

2 cm de espesor) y de color amarillo cremoso y supone el 82,44% del peso del fruto y las semillas son similares a las otras dos sustancias, pero dispuestas en cuatro partes. El fruto consta de 6 lóbulos, lo que supone el 7,92% del peso total del fruto (Dávila 2020).

1.3. Composición química de la cocona

Según Cisneros (2013), la cocona tiene mucho hierro y vitamina B₅ (Ácido pantoténico); con una cantidad de jugo de hasta 36 cm³ por fruto y sólidos solubles de 4-6 °Brix. La composición química de la pulpa comestible se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Contenido químico de la pulpa de cocona (Contenidos en 100g de pulpa comestible).

Componentes	1 00 g de pulpa
Agua	87,5 g
Proteínas	0,90 g
Grasa	0,70 g
Carbohidratos	10,2 g
Cenizas	0,70 g
Calcio	16,0 mg
Fósforo	30,0 mg
Hierro	1,50 mg
Caroteno	0,18 mg
Tiamina	0,06 mg
Riboflavina	0,10 mg
Niacina	2,25 mg
Ácido ascórbico	4,50 mg

Fuente: Serna et al. (2015)

1.4. Liofilización

1.4.1. Definición

Ramírez (2006) indica que la liofilización como un proceso diseñado para eliminar el agua (u otro solvente) de una solución congelando y luego sublimando a presión reducida; se menciona también que la liofilización es un proceso de secado por sublimación para reducir la pérdida de compuestos a cargo del sabor, el color y el olor. (Orrego, 2003). Según Yeu-Pyng et al. (2007), la liofilización se define como el mejor método para secar compuestos orgánicos o inorgánicos sin cambiar su composición cualitativa o cuantitativa. La liofilización se hace a vacío y a menor temperatura, por otro lado, se le llama Liofilización atmosférica cuando trabaja en congelación y sin uso de vacío.

1.4.2. liofilizador

Un liofilizador consiste básicamente en una cámara de vacío y un calentador que proporciona calor latente para la sublimación; los variables son.

- El nivel de vacío en el interior
- El flujo de energía radiante aplicado al producto
- La temperatura del condensador.

En el liofilizador, los productos congelados se ponen en bandejas creando un vacío en la cámara sellada, para que el hielo se eleve y el vapor salga de la cámara sellada, acumulándose en superficies de enfriamiento o condensadores

La sublimación del hielo solo pasa cuando la temperatura y la presión están por debajo del punto triple del agua. La Figura 1 muestra un diagrama esquemático del proceso. (Ceballos, 2008).

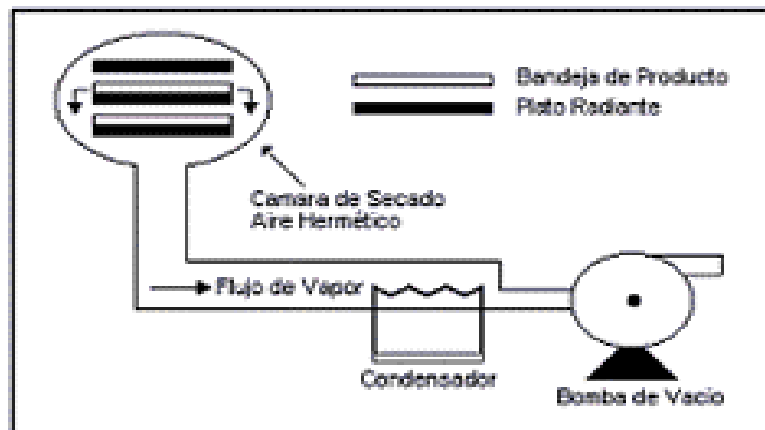


Figura 1: Sistema Básico de un Liofilizador

1.4.3. Etapas de la liofilización

La liofilización tiene las siguientes etapas:

- Congelar y mantener a temperaturas bajas.
- Secar el hielo por sublimación
- congelado, generalmente a muy baja presión.
- Almacene el producto seco bajo condiciones controladas.

1.4.4. Congelación

Orrego (2003) manifiesta que cada producto debe congelarse rápidamente, para evitar cambios en el proceso de sublimación. De acuerdo con López (2016), el producto debe congelarse de tal manera que haya un cambio mínimo durante el procesamiento posterior (sublimación). Los cambios de este serán mínimos por ello se debe calcular la velocidad óptima de enfriamiento que sea igual a la temperatura donde ocurre el punto máximo de solidificación

El proceso de congelación ocurre en tres pasos o etapas: enfriamiento, nucleación y difusión de los cristales de hielo. El tiempo de congelación es uno de los parámetros más importantes en el diseño de un sistema de refrigeración y está relacionado con parámetros tales como el coeficiente de transferencia de calor por convección del refrigerante; conductividad térmica, grosor y forma de los alimentos, temperatura del producto y sistema de enfriamiento para lograr un rendimiento óptimo del sistema alimentario. Tiempo y velocidad de congelación (Gómez et al., 2007).

Según Ramírez (2006), los productos congelados pueden tener efectos adversos debido a la concentración de sales o azúcares en la región intersticial de la matriz. Si la formación de hielo se produce con relativa lentitud, los componentes activos del líquido intersticial, como las proteínas, quedan expuestos durante más tiempo. Cuando se utilizan concentrados de solución de electrolitos, la proteína se desnaturizará o no será apta para el uso final en estas condiciones. La formación de agua salada concentrada en las células provoca un aumento de la presión osmótica, y demasiada agua que entra en las células puede dañar las membranas celulares.

1.4.5. Sublimación

Es vapor que se condensa directamente al estado sólido y es más eficiente a las presiones más bajas porque el agua se elimina por el impulso creado por el gradiente de presión. (Amorín, 2012) en el primer secado, el producto congelado se calienta al vacío y se obtiene el jugo por sublimación, manteniendo la fruta por debajo de la temperatura de fusión (Ayala, 2010).

Incluso con alimentos congelados en la etapa primaria, la porción seca de la muestra congelada puede comenzar a secarse en forma secundaria; aunque las dos etapas coexisten y el hielo sublimado enfría la estructura, la temperatura de los alimentos aún se controla (Orrego, 2003).

La temperatura de sublimación del hielo aumenta con el tiempo, con pendiente positiva, hasta que alcanza una constante, en la sublimación de la física de liofilización sin cáscara, existe una relación directa, es decir Junto con el calor de sublimación, la temperatura también sube a 40 °C, la curva se desliza asintóticamente y cualquier tiempo adicional ya no cambia la temperatura del producto. El tiempo de secado fue de 72,5 horas y la temperatura de secado de 40 °C (Huachuillca, 2017).

1.4.6. Almacenamiento

Fellows (2018) menciona que los productos liofilizados debidamente empacados pueden almacenarse por mucho tiempo debido a que tienen varias propiedades físicas, químicas, biológicas y organolépticas en su forma fresca.

Las especias deben almacenarse en un lugar seco, fresco y bien ventilado, lejos de la luz solar, el polvo y otros alimentos malolientes. El aroma es higroscópico, por lo que se mezcla con agua en condiciones húmedas, se separa en condiciones secas y ambos florecen en equilibrio (Ambicho, 2009).

1.5. Encapsulación

1.5.1. Definición

Según Castrillón et al. (2016), la encapsulación es una técnica en la cual o más ingredientes están atrapados dentro de alguna forma de matriz (puede ser sólido o líquido, homogéneo o heterogéneo). La encapsulación propone la creación de un ambiente que controle la interacción entre sus componentes y el ambiente circundante liberando su contenido bajo ciertas condiciones de humedad, pH, luz y temperatura (Hernandez-Torres et al., 2016).

Como evaluación general de las microcápsulas, hay algunos procesos que se basan únicamente en fenómenos físicos, algunos usan polimerización química para formar la pared de la cápsula y algunos combinan métodos físicos y químicos. Dado que existen muchos tipos de microcápsulas, se dividen en dos grupos según Rios et al. (2021).

Procesos de microencapsulación de tipo A: Basado en procesos químicos: Los procesos de microencapsulación tipo A incluyen: unión compuesta, copolímeros incompatibles y procesos de inyección por inmersión.

Procesos de microencapsulación de tipo B: Basado en procesos físicos. Secado por aspersion, enfriamiento por aspersion, recubrimiento de lecho líquido, plato giratorio perforado.

1.5.2. Funciones de la encapsulación

El encapsulado es una tecnología utilizada para conservar y enriquecer los nutrientes y controlar su liberación a lo largo del tiempo, reducir la humedad durante el almacenamiento y mejorar las propiedades sensoriales y funcionales de los alimentos (Semyonov et al., 2010).

- Controlar el material que se utilizara.
- Separar sustancias que se encuentran en una sola.
- Protector del alimento.
- No permite las pérdidas nutricionales.
- Empaquetar materiales sólidos o líquidos a escala microscópica.
- Mantiene los nutrientes.
- Protector o pared protectora de otros compuestos.
- Evitar la oxidación.

1.5.3. Encapsulantes

Maltodextrina: Producida por hidrólisis ácida o enzimática del almidón, la maltodextrina es una buena opción tanto por su costo como por sus beneficios. Tienen baja viscosidad y alto contenido de sólidos, son incoloros e inodoros y forman polvos que fluyen libremente sin enmascarar el sabor original (García et al., 2004). Son ampliamente utilizados en la industria alimentaria (Sáenz et al., 2009). La maltodextrina consta principalmente de unidades de D-glucosa unidas por enlaces glucosídicos α , que pueden o no ser catalizadas por ácido o enzima. El almidón se hidroliza a un polvo blanco en solución aireada y concentrada a alta temperatura; debido al alto peso molecular promedio de 9000 g/mol, la adición de maltodextrina al polvo de fruta puede aumentar la temperatura de transición vítrea (Tg), reducir la viscosidad y mejorar la estabilidad del producto (Parra H, 2010).

Almidón: El almidón es una materia prima versátil, desde proporcionar textura a los alimentos hasta fabricar papel, adhesivos y envases biodegradables. La demanda insatisfecha de la industria alimentaria con una producción global de 48,5 Mt/año requiere encontrar nuevas fuentes de producción (Faostat, 2001). Los ingredientes a base de almidón se utilizan ampliamente en la industria alimentaria (Madene et al., 2006). la microencapsulación de alimentos destacó al maíz (*Zea mays*) como el almidón principal (Loksuwan, 2007).

Goma Arábiga: La goma arábiga (GA) es un emulsionante efectivo con baja viscosidad y buena actividad superficial que forma una película protectora en emulsiones, forma películas

con propiedades hidrocoloidales y forma emulsiones estables con la mayoría de los aceites (Lopera y Gallardo, 2010).

Es un producto de colágeno parcialmente hidrolizado derivado de piel animal, tejido conectivo blanco y hueso. Las hojas, las escamas, los filamentos o el polvo fino a grueso son de color amarillo o ámbar y la densidad varía según el tamaño de las partículas; tiene un aroma característico a caldo. Estable en el aire cuando está seco pero susceptible a la degradación bacteriana cuando está mojado o en solución.

La gelatina es una proteína nutricionalmente deficiente. La sustancia gelatinizante se llama Kangding y la sustancia pegajosa se llama gluten. Se utiliza como agente de recubrimiento, agente de suspensión, estabilizador de tabletas y agente de recubrimiento en productos farmacéuticos. También recomendado como emulsionante. Cuando la gelatina se usa para hacer cápsulas o tabletas encapsuladas que contienen medicamentos, puede colorearse con un tinte aprobado y tener una cristalinidad más baja. En combinación con la glicerina, la glicerina forma gelatina y se usa en esta forma como vehículo y en la fabricación de supositorios. Se agrega óxido de zinc para hacer gel de zinc, que es un antiséptico tópico. También es nutritivo y es muy utilizado en la preparación de alimentos comerciales y medios bacteriológicos (Fernández, 1995).

La gelatina tiene varias propiedades, es la única proteína hidrocoloide que se disuelve reversiblemente a la temperatura corporal y es uno de los materiales más utilizados en la industria alimentaria, farmacéutica, médica, cosmética y fotográfica. La gelatina es el ingrediente número 29 más utilizado en la formulación de cápsulas medicinales (Domínguez,2022).

1.6. Actividad de Agua

La mayoría de las veces, el agua no se considera un nutriente porque no sufre cambios químicos durante el uso biológico. Pero lo cierto es que sin ella no pueden tener lugar las innumerables transformaciones bioquímicas de todas las células vivas: desde las simples bacterias hasta los complejos sistemas de los organismos humanos. Tan cierto que se cree que la vida en nuestro planeta se originó gracias a este compuesto, que permanece líquido en un rango relativamente amplio de temperaturas. Tiene una variedad de funciones biológicas basadas en su capacidad física para transportar sustancias, disolver otras sustancias, mantenerlas en solución y suspensión coloidal e interferir con sus reacciones químicas, fotosíntesis y muchas reacciones de hidrólisis enzimática; esto significa que participa

activamente en la síntesis de carbohidratos a partir del dióxido de carbono (que es la base de la vida en la Tierra) y en la transformación de diversas sustancias complejas (azúcar, proteínas, grasas, etc.) en formas más simples y asimilables. Plantas y animales

El término actividad del agua (a_w) se introdujo para especificar la resistencia al agua asociada con varios componentes no acuosos de los alimentos. Los componentes anhidros de los alimentos son: biopolímeros, azúcares, sales orgánicas e inorgánicas (Fennema, 2000).

La actividad del agua es un término que se utiliza para expresar la relación entre el contenido de humedad de los alimentos y el equilibrio relativo de la atmósfera circundante (Barbosa y Vega, 2000). Si el producto se cambia a adsorción en lugar de adsorción, la relación de valencia disminuirá en gran medida, evitando así el crecimiento de muchos microorganismos.

1.7. Color CELab

En tecnología de alimentos, el color se usa muy seguido en el espacio de color CIELAB o CIE 1976 $L^*a^*b^*$, donde L^* es luminosidad, a^* tendencia al marrón (de verde a rojo) y b^* es amarillo. (azul a amarillo), por lo general se reconoce con un colorímetro que mide la luz reflejada de las superficies en condiciones de iluminación estándar y se mide con facilidad en alimentos sólidos y opacos donde se refleja la mayor parte de la luz. Luz parcial (Espinoza, 2017).

1.8. Aplicación de la evaluación sensorial

El análisis sensorial de los alimentos puede parecer una ciencia algo subjetiva, por eso existen pruebas que miden la receptividad y el hedonismo. Sin embargo, uno de los puntos clave es ser objetivo, y el análisis sensorial se convierte en una herramienta más para comprobar la calidad de los alimentos y bebidas. En la industria agroalimentaria, en primer lugar, se deben determinar las materias primas que intervienen en la elaboración de un determinado producto. Sin embargo, los atributos sensoriales como el color, el gusto y el olfato son tan importantes como los criterios de aceptación o rechazo, ya que son criterios instrumentales que pueden evaluarse mediante análisis sensorial.

Aroma: Los aromas de los alimentos se expresan a través de las propiedades organolépticas de sus aromas y son proporcionados por ésteres que se combinan con otras moléculas para formar compuestos volátiles como los sabores. Las moléculas responsables del olor y el sabor son los aldehídos y las cetonas. El olfato es el sistema sensorial primario que toma las decisiones

iniciales sobre los alimentos y detecta olores, partículas volátiles de alimentos que determinan si comer (Manfugás, 2020).

Color: El color de los alimentos es el resultado de cambios en la industria alimentaria: cambios químicos, bioquímicos, microbiológicos y físicos que ocurren durante el procesamiento de los alimentos, mientras que el color depende de las preferencias del consumidor y de la industria alimentaria y es una propiedad cualitativa-sensorial muy importante que influye en las preferencias. en procesos biológicos. Procesamiento y procesamiento posterior a la cosecha; las mediciones colorimétricas de los alimentos se utilizan como mediciones representativas de otros atributos de calidad, como el gusto y el sabor (Talens, 2017).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

El estudio se realizó en los laboratorios de Ingeniería de Alimentos, Análisis de Alimentos y de Química de la Facultad de Ingeniería en Industrias de Alimentos y en el Laboratorio Central de Investigaciones (LCI) ubicados en el distrito Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco; a 660 m sobre el nivel del mar, con las coordenadas geográficas 09°17'08" S y 75°59'52" W, con clima tropical húmedo, humedad relativa promedio de 84% y temperatura anual promedio de 24 °C.

2.2. Materia Prima e insumos

La materia prima utilizada fue Cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) Ecotipo I obtenido del mercado de abastos de la ciudad de Tingo María seleccionadas por sus características de tamaño y grado de madurez.

Como insumos se utilizaron los encapsulantes: Maltodextrina, Goma Arábica, Almidón de Maíz y Gelatina.

2.3. Equipos y materiales

2.3.1. Equipos de laboratorio

- Liofilizador.
- Determinador de actividad acuosa HygroLab C1 (Rotronic AG, Bassersdorf, Switzerland),
- Calorímetro Shimadzu DSC-60 (Shimadzu, Kyoto, Japão), Colorímetro modelo Chroma meters CR-400 (Konica minolta), 50-60 Hz, 0.4 A,
- Balanza Analítica. SM capacidad 10 Kg,
- Baño María modelo YCW – 010E (Gemmyco).

2.3.2. Materiales

- Erlenmeyer Matracas de 250 ml
- Vasos de precipitación de 50, 100, 250 y 1000 ml
- Pipetas de 2,5 y 10 ml
- Micropipetas 10, 50, 20, 200 y 100, 1000 ml
- Embudos,
- Probeta de 25 mL,

- Bagueta,
- Baker de 100, 400 y 600 mL,
- Fiola de 25, 50 y 1 00 mL,
- Tubos de ensayo,
- Gradillas metálicas.
- Termómetros de 0 -1 00°C
- Campanas de vidrio
- Mesa de acero Inoxidable,
- Bolsas laminadas con aluminio.

2.4. Métodos de Análisis

2.4.1. Evaluación sensorial del polvo de cocona

En esta prueba se empleó una escala hedónica de 5 puntos, evaluándose los atributos de aroma, color, sabor y aceptabilidad, según lo descrito por (Hurtado y Quispe, 2022)

2.4.2. Caracterización física del polvo de cocona

Actividad de agua: Según la metodología de Cardona (2019).

Densidad volumétrica: Según lo recomendado por Cardona (2019).

Índice de solubilidad y de absorción de agua: El índice de solubilidad en agua (ISA) e índice de absorción de agua (IAA) se determinó con la metodología empleada por Ponce et al. (2018).

Higroscopicidad: La higroscopicidad se determinó según lo recomendado por Cahuaya (2017). con algunas modificaciones.

Colorimetría: Los valores L* a* b* para los atributos de color fueron medidos con un espectrofotómetro Color Quest XE (Hunter Associates Laboratory Inc., Reston, USA).

2.4.3. Análisis térmico por Calorimetría exploratoria diferencial (DSC)

Calorimetría exploratoria diferencial (DSC): Las curvas de DSC fueron obtenidas utilizando un equipo Shimadzu DSC-60 (Shimadzu, Kyoto, Japão).

2.5. Metodología Experimental.

2.5.1. Tipo y diseño

El estudio fue experimental, para el análisis sensorial se consideraron dos niveles de estudio (F1 y F2): F1 (tipo de encapsulante: maltodextrina, goma arábica, almidón de maíz y gelatina), F2 (concentración de encapsulantes en 7, 10 y 15%)

En la Tabla 2 se presenta la formulación utilizada para el liofilizado de la cocona que se detalla en el diseño de la investigación.

Tabla 2. Diseño experimental para la evaluación sensorial

Encapsulante	Concentración	Tratamientos	Aceptación
Control	-	T1	TC
Maltodextrina	7	T2	MT1
	10	T3	
	15	T4	
Goma arábica	7	T5	MT2
	10	T6	
	15	T7	
Almidón de maíz	7	T8	MT3
	10	T9	
	15	T10	
Gelatina	7	T11	MT4
	10	T12	
	15	T13	

TC= Tratamiento control. MTi= mejor tratamiento 1, 2, 3,4

2.5.2. Obtención del polvo de cocona por liofilización

La obtención del polvo de cocona liofilizado se realizó según las operaciones descritas en el Flujograma de la Figura 2 que se describen a continuación:

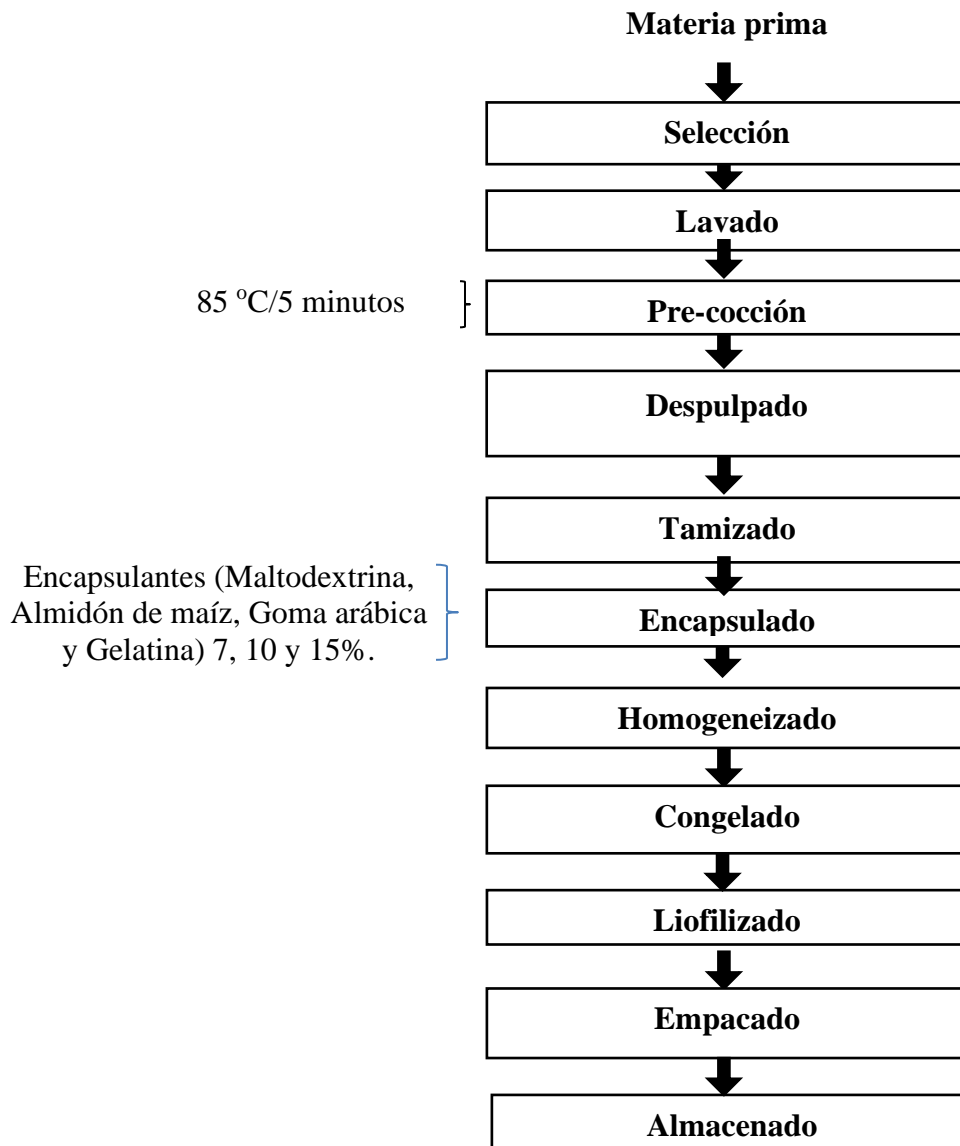


Figura 2. Flujograma de obtención del polvo de cocona.

Materia prima: La materia prima utilizada fue Cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) ecotipo I obtenido del mercado de frutas de la ciudad de Tingo María tomando en cuenta su tamaño, madurez y que se encuentre libre de daño físico superficial.

Selección: Una vez obtenida la materia prima se procedió a hacer la selección manual con la finalidad de separar los frutos sanos y pintones de los frutos dañados, verdes y sobre maduros, se seleccionaron sólo los que se encontraban en perfectas condiciones para su posterior uso

Lavado: Los frutos seleccionados fueron lavados en un recipiente hondo con chorro de agua potable, con la finalidad de eliminar partículas e impurezas que no sean propias de la Cocona.

Precocción: Para la precocción se colocó la cocona ya lavada en una olla de acero inoxidable con agua al fuego a una temperatura de 85 °C durante 5 min, esto se realizó para evitar el pardeamiento enzimático.

Despulpado: Para este proceso se utilizó una extractora para obtener la pulpa de la cocona y así poder utilizarse de forma eficiente.

Tamizado: El tamizado se realizó de manera manual con la finalidad de evitar que las partículas grandes pasen e impidan la homogeneidad de la muestra.

Encapsulado: Después de realizar el tamizado se realizó la encapsulación de la pulpa de cocona con los encapsulantes: Maltodextrina, almidón de maíz, goma arábiga y gelatina en niveles de 7, 10 y 15%, se pesó la pulpa de cocona, para así calcular la cantidad de encapsulantes a usar, luego se procedió a calentar o no el encapsulante dependiendo del tipo de encapsulante que se está usando para poder añadir a la pulpa de la cocona.

Homogenizado: Una vez encapsulado se homogeniza la pulpa de cocona y los encapsulantes usados para poder pasar al siguiente paso.

Congelado: El congelado es la parte fundamental en el liofilizado, se utilizó una ultra congeladora ya que se tiene que llegar a una temperatura de -40 C° durante 12 hora posterior a ello se procede a liofilizar

Liofilizado: Una vez congelado la pulpa de cocona se procedió al liofilizado, se colocaron las bandejas del liofilizador al tornillo para luego sellar el liofilizador con la tapa e iniciar el liofilizado lo más rápido posible, el liofilizado tuvo una duración de 15 a 20 horas.

Empacado: Una vez culminado el tiempo de liofilizado se procedió a pesar la pulpa liofilizada de cocona para luego empacarlo en bolsas trilaminadas

Almacenado: Después de empacarlo se procedió a almacenar el producto.

2.6. Evaluación sensorial del polvo de cocona

El análisis sensorial se realizó con la ayuda de un panel semi entrenado, el que estuvo conformado por 12 panelistas (adultos que se encuentran en 20 a 30 años) tanto varones y mujeres. Para esta evaluación se prepararon las muestras de 4 g polvo de cocona en agua 100 mL de agua diluidas a 13 °Bx. En este análisis se empleó una escala de 0 a 5, evaluándose los atributos de color, aroma, sabor, y aceptabilidad. Los resultados para los productos fueron examinados por la prueba de prueba de Kruskal-Wallis y diferencia mínima significativa (DMS).

2.7. Determinación de las propiedades físicas del polvo de cocona

Las propiedades físicas evaluadas en las muestras de cocona liofilizada sin antioxidante y los más aceptados sensorialmente de cada antioxidante fueron las siguientes: actividad de agua, densidad volumétrica, índice de solubilidad y de absorción de agua, higroscopicidad, rendimiento en polvo, colorimetría.

Actividad de agua: La actividad de agua fue medida con el determinador de actividad acuosa HygroLab C1 (Rotronic AG, Bassersdorf, Switzerland) a $22 \pm 0,5$ °C. Dichas análisis fueron medidas por triplicado (Cardona, 2019).

Densidad volumétrica: La densidad volumétrica se determinó de la siguiente manera: 5 g de polvo de cocona liofilizada con los diferentes niveles de encapsulantes se colocan en tubos de ensayo de 25 mL. Luego, el tubo de ensayo se golpea repetidamente con la mano contra una superficie dura y el cilindro se levanta y se deja caer por su propio peso hasta que no se observa diferencia de volumen. El análisis se realiza por triplicado. La densidad volumétrica se calcula dividiendo la masa del polvo por el volumen final que ocupa en el cilindro. (g/cm^3) (Espinosa., 2017). La densidad volumétrica se calculó dividiendo el peso del polvo de la cocona liofilizada sobre el volumen final ocupado por el polvo en el cilindro.

$$\text{Densidad Volumetrica} = \frac{PMuestra}{Vol\ ocupado}$$

Índice de solubilidad y de absorción de agua: Se determina de la siguiente manera: Disolver 1 g de cacao en polvo en 12 mL de agua destilada. Las muestras se incubaron en un baño de agua a 30 °C durante 30 min y finalmente se centrifugaron a 2000 rpm durante 15 min. El sobrenadante se secó en cajas Petri a 105°C hasta peso constante. Las medidas se realizan por triplicado y el ISA y el IAA se calculan según las ecuaciones (1) y (2), respectivamente.

$$ISA = PS_{sob}/PS_{ME} \cdot 100 \quad (1)$$

$$IAA = P_{sed}/PS_{ME} \quad (2)$$

Donde:

PS_{sob} es el peso seco del sobrenadante

PS_{ME} es el peso inicial del polvo de cocona en base seca

P_{sed} es el peso del sedimento después de la centrifugación.

Higroscopicidad: Una muestra de cada cocona en polvo (aproximadamente 1 g de polvo) se colocó en una placa Petri de plástico de 55 mm durante 1 semana y se colocó en un desecador a 75 % de HR y 25 °C. Finalmente, se pesaron las muestras y se determinó la higroscopicidad como el peso de agua absorbida por 100 g de sólido seco (g/100 g).

Colorimetría: Los valores $L^*a^*b^*$ de las propiedades del color se midieron con un espectrómetro Color Quest XE (Hunter Associates Inc. Laboratories, Reston, EE. UU.). Los valores L^* representan la luminancia en el rango de 0 (negro) a 100 (blanco). Los valores a^* indican verde (negativo) y rojo (positivo). b^* Valor de cuantificación azul (negativo) o amarillo (positivo). Las mediciones de color se realizaron por triplicado. Además de las coordenadas CIE $L^*a^*b^*$, los parámetros de saturación y matiz se calculan según las ecuaciones (3) y (4) respectivamente.

$$Cab^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (3)$$

$$Hab = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (4)$$

Cab^* = croma o índice de saturación, es un atributo cuantitativo del color y es proporcional a su intensidad.

Hab = Una medida cualitativa de la calidad del color de un color, expresada en grados (0° o 360° para rojo, 90° para amarillo, 180° para verde y 270° para azul) (wibowo et al. 2015).

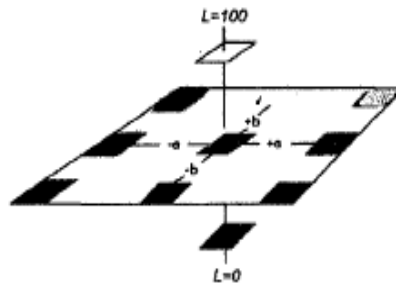


Figura 3. Figura representativa de un sistema de colores CIELAB

Las muestras con maltodextrina, goma arábica, almidón de maíz, gelatina y control fueron medidas y cuantificadas por cromatografía de reflectancia de a , b , L , para estas mediciones, las muestras fueron molidas y se repitió por 3 veces (Ceballos, 2008).

2.8. Determinación térmica por DSC

Las curvas DSC se adquirieron utilizando un Shimadzu DSC-60 (Shimadzu, Kyoto, Japón), calibrado y adquirido en indio puro (99,99%). Una muestra con una masa de

aproximadamente 2 mg se colocó en una placa de aluminio sellada y se calentó de 20 °C a 300 °C a una velocidad de calentamiento de 10 °C/min en una atmósfera de síntesis (100 mL/min).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Evaluación sensorial del polvo de cocona

Los resultados promedio de la evaluación sensoriales de los atributos: color, aroma, sabor y aceptabilidad, de la cocona liofilizada con la adición de los encapsulantes, con análisis de varianza con la prueba de Kruskal-Wallis y una diferencia significativa DMS, se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de la evaluación sensorial de la cocona liofilizada sin encapsulante y con los diferentes encapsulantes

Tratamientos	Atributos			
	Color	Aroma	Sabor	Aceptabilidad
Cocona sin encapsulantes	4,17±0,58 ^c	4,33±0,65 ^c	4,42±0,51 ^c	4,42±0,67 ^c
Maltodextrina 7 %	2,50±0,58 ^a	2,53±0,39 ^a	2,83±0,65 ^a	2,50±0,59 ^a
Maltodextrina 10 %	3,16±0,42 ^{ab}	3,15±0,59 ^{ab}	3,25±0,59 ^{ab}	2,58±0,63 ^{ab}
Maltodextrina 15 %	4,33±0,65 ^c	4,42±0,51 ^c	4,50±0,52 ^c	4,50±0,67 ^c
Almidón de Maíz 7%	4,33±0,65 ^c	4,25±0,62 ^c	4,33±0,65 ^c	4,17,±0,58 ^c
Almidón de Maíz 10 %	2,51±0,38 ^a	2,75±0,39 ^a	2,83±0,48 ^a	2,72±0,42 ^a
Almidón de Maíz 15 %	3,03±0,41 ^{ab}	3,08±0,52 ^{ab}	2,66±0,45 ^{ab}	2,82±0,67 ^{ab}
Goma Arábica 7 %	2,52±0,38 ^a	2,76±0,40 ^a	2,83±0,49 ^a	2,33±0,64 ^a
Goma Arábica 10 %	4,17±0,72 ^c	4,17±0,72 ^c	4,25±0,45 ^c	4,33±0,49 ^c
Goma Arábica 15 %	3,50±0,43 ^{ab}	3,08±0,59 ^{ab}	3,05±0,60 ^{ab}	2,53±0,48 ^{ab}
Gelatina 7%	4,25±0,45 ^c	4,33±0,65 ^c	4,25±0,62 ^c	4,33±0,49 ^c
Gelatina 10 %	2,52±0,38 ^a	2,75±0,39 ^a	2,85±0,65 ^a	2,55±0,42 ^a
Gelatina 15 %	2,58±0,38 ^{ab}	2,79±0,39 ^{ab}	2,03±0,59 ^{ab}	2,95±0,65 ^{ab}

Resultados de la misma columna con super índice diferente presentan diferencia estadísticamente ($P < 0,05$).

En el atributo Color, los evaluadores calificaron con mayores puntajes (4,33±0,65) a las muestras con maltodextrina 15% y con almidón de maíz 7%, con el calificativo de “me

gusta” y no hubo diferencia estadística significativa con la muestra sin encapsulante, de igual manera no hubo diferencia estadística significativa entre gelatina 7% ($4,25\pm 0,45$) y goma arábica 10% ($4,17\pm 0,72$). El menor puntaje en color fue para maltodextrina 7% ($2,50\pm 0,58$). El color está directamente relacionado con la temperatura del tratamiento térmico al que se ha sometido la cocona como indica Contreras et al. (2019) el cambio de color de la pulpa de cocona se relaciona con la temperatura de tratamiento térmico, los frutos de cocona fueron sometidos a tratamiento térmico de 70 °C por tiempos de 5 minutos.

Saravia (2018) en su estudio sobre color de la cocona atomizada con encapsulante gelatina 4, 5 y 6%) encontró diferencias significativas respecto a las calificaciones proporcionadas por los jueces en el atributo color a un nivel del 5% de significancia, igualmente encontró evidencia estadística para afirmar que si existe diferencias altamente significativas entre las calificaciones que dieron los panelistas a las muestras atomizadas con goma arábica 6,7 y 8% respecto color, con un nivel de 5% de significancia.

Respecto al atributo aroma, el que tuvo mayor puntaje fue maltodextrina 15% ($4,42\pm 0,51$) con un calificativo de “me gusta”, no existiendo diferencia estadística significativa con cocona sin encapsulante y gelatina 7% ($4,33\pm 0,65$), con almidón de maíz 7% ($4,25\pm 0,62$) y goma arábica 7% ($4,17\pm 0,72$). El menor puntaje en aroma lo obtuvo maltodextrina 7% ($2,53\pm 0,39$). Fajardo (2009) en el estudio de componentes volátiles de la cocona indica que la mezcla del sabor dulce de los azúcares, principalmente se debe a las mezclas de glucosa, fructosa y sacarosa y el sabor agrio a los ácidos orgánicos, como el cítrico y el málico que le dan un aroma característico a la cocona (Villegas, 2015).

En el atributo Sabor, los panelistas reportaron con mayor puntuación a maltodextrina 15% ($4,50\pm 0,52$) con el calificativo de “me gusta”, no existiendo diferencia estadística significativa con cocona sin antioxidante ($4,42\pm 0,51$), ni con almidón de maíz 7% ($4,33\pm 0,65$) ni con gelatina 7% ($4,25\pm 0,62$) ni con goma arábica 10% ($4,25\pm 0,45$), el menor puntaje en sabor lo obtuvo gelatina 15% ($2,03\pm 0,59$). El sabor característico de la cocona que es agridulce se mantuvo en la maltodextrina que tiene un sabor neutro y eso favorece a que el sabor característico de la cocona se pronuncie ya que la malto dextrina es un buen agente encapsulantes para la vitamina como menciona Mamani (2019).

En el atributo Aceptabilidad, los evaluadores calificaron con mayor puntaje a maltodextrina 15% ($4,50\pm 0,67$) con un calificativo de aceptabilidad “me gusta”, no existiendo diferencia estadística significativa con cocona sin encapsulante ($4,42\pm 0,67$), con goma arábica 10% y gelatina 7% ($4,42\pm 0,67$) ni con almidón de maíz 7% ($4,17\pm 0,58$), el menor puntaje en

aceptabilidad fue para goma arábica 7% ($2,33\pm 0,64$). Como se ve reflejado en los resultados de color, aroma, y sabor la cocona encapsulada con maltodextrina 15% se tiene un mayor grado de aceptabilidad por las mismas características que tiene la maltodextrina de ser un buen agente encapsulante y ser de un sabor neutro eso hace que los sabores olores y colores característicos de la cocona se presenten sin cambios durante la evaluación sensorial.

Saravia (2018) indica que no hay diferencias significativas en los puntajes asignados por los panelistas a las muestras atomizadas con gelatina 4, 5 y 6 % respecto al atributo apreciación general, con un nivel de 5% de significación

3.2. Evaluación de las propiedades físicas del polvo de cocona liofilizado

3.2.1. Actividad de agua

Los resultados promedio de la actividad de agua de las muestras de cocona liofilizada con los encapsulantes que tuvieron mayor puntaje en los atributos sensoriales utilizando los diferentes encapsulantes (maltodextrina, 15%, almidón de maíz 7%, goma arábica 10%, y gelatina 7%), se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Actividad de agua (a_w) de la cocona liofilizada con los encapsulantes sensorialmente aceptados

Encapsulante	%	a_w
Maltodextrina	15	0,550
Almidón de maíz	7	0,576
Goma arábica	10	0,558
Gelatina	7	0,571

Resultados promedio de la actividad de agua de los diferentes encapsulantes usados.

El menor valor de a_w se encontró en maltodextrina 15% (0,550), con valores similares al de las otras muestras ($<0,6$). Sin embargo, Vargas (2015) en cocona (pulpa+semillas+epidermis) liofilizado encontró valor de a_w de 0,252 y durante el almacenamiento se incrementó a 0,504 esto podría deberse a que el empaque utilizado para el almacenamiento de las muestras en el presente estudio no fue el más adecuado. En todos los tratamientos con los encapsulantes estudiados se evidencia que la actividad de agua es menor a

0,6 por lo que se puede considerado un producto microbiológicamente estable ya que la a_w está por debajo de 0,6 (Mosquera, 2010).

3.2.2. Densidad volumétrica

Los resultados de la determinación de la densidad volumétrica de las muestras de cocona liofilizada con los diferentes encapsulantes que resultaron con mayores puntajes en los atributos sensoriales se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Resultado de la determinación de la densidad volumétrica de la cocona liofilizada con diferentes encapsulantes

Encapsulantes	%	Peso (g)	Vol. Ocupado (m ³)	DV g/m ³
Maltodextrina	15	5	8,300	0,6024
Almidón de Maíz	7	5	8,300	0,6024
Goma Arábica	10	5	11,267	0,4437
Gelatina	7	5	14,063	0,3555

Resultados de los promedios de la densidad volumétrica de los diferentes encapsulantes usados.

Según los resultados obtenidos se encontró mayor densidad volumétrica o densidad aparente (propiedad de polvos, granos u otros sólidos) en maltodextrina 15% y almidón de maíz 7% (0,6024 g/m³). La densidad volumétrica es uno de los métodos de mayor uso y representa, en muchos casos, el estándar para evaluar el grado de compactación y la porosidad de los productos, en este caso cuanto más poroso es el producto menos compacto es y por ende se podría decir que a menor densidad volumétrica tiene mayor porosidad y a mayor densidad volumétrica tiene menor porosidad y es más compacta el producto, según los resultados tanto con el encapsulante maltodextrina y almidón de maíz tendrían menor porosidad y a diferencia de gelatina 7% que reporta 0,355 g/cm³, tendría mayor porosidad. La porosidad viene a ser lo que existe entre la fracción de volumen de poros y el volumen total del alimento (Vargas, 2015).

El SEM (the scanning electron microscope) permite descifrar cambios en la microestructura de los alimentos y también mide el tamaño del poro en las frutas sometidas a procesos de liofilización y en productos en polvo, esta tecnología nos permite conocer la forma y el tamaño de las partículas mencionados por (Vargas, 2015).

3.2.3. Índice de solubilidad y de absorción de agua

En la Tabla 6 se presenta los resultados del índice de solubilidad y de absorción de agua de las muestras de cocona liofilizada con diferentes encapsulantes que presentaron mayores valores en la evaluación sensorial

Según los resultados la muestra liofilizada con maltodextrina 15% presentó mayor ISA (88,533), valor superior a lo reportado por Vargas (2015), sin embargo, es similar a lo obtenido por Ceballos (2008) quien en su trabajo reporta un valor de 86,44. La solubilidad está vinculada con la estructura del polvo liofilizado; las partículas que son disformes tienen mayor solubilidad y también mayor rapidez de disolución comparadas con las uniformes. Sin embargo, la solubilidad puede resultar problemático cuando el producto tiene alta concentración en sólidos o altas temperaturas

Tabla 6. Resultado de la determinación del índice de solubilidad (ISA) y de absorción de agua (IAA) de la cocona liofilizada con diferentes encapsulantes

Encapsulante	%	PSME	PSsob	Psed	ISA	IAA
Maltodextrina	15	1	8,853	5,927	88,533	5,927
Almidón de Maíz	7	1	7,213	5,927	72,1333	5,927
Goma arábica	10	1	6,893	5,877	68,9333	5,877
Gelatina	7	1	6,827	6,827	68,2667	5,787

Algunos autores relacionan que entre los factores que inhiben una mayor disolución están el aumento del contenido de fibra insoluble y la disminución de los niveles de superficies amorfas, como la inmovilización de sólidos inorgánicos por la alta solubilidad y la rápida disolución. Esto conduce a transiciones de fase irreversibles debido a la hidratación, hinchazón y disolución extensas de las moléculas de almidón, lo que provoca principalmente una destrucción multinivel del tejido. Con una alta fuerza de hinchamiento y un bajo índice de solubilidad en agua, esta condición puede estar relacionada con un bajo contenido de amilosa, ya que la amilosa inhibe el hinchamiento del grano al fortalecer la red interna (Tang et al., 2002). Saravia (2018) observó que la muestra atomizada de cocona con gelatina al 5% tiene menor tiempo de solubilidad en agua destilada (235 s) siendo el mejor comparado con las de concentraciones 4 y 6%; en pisco gelatina 4% tuvo menor tiempo de solubilidad, con etanol,

gelatina 6% tuvo el menor tiempo de disolución, sin embargo, ninguno de ellos se disolvió en aguardiente, al utilizar la temperatura de 40 y 50 °C se disolvieron usando los mismos tiempos menos en aguardiente. La prueba de solubilidad mostró que el mejor encapsulante es goma arábica obteniendo los menores tiempos de solubilización en agua, pisco y aguardiente. La absorción de agua ocurre principalmente en matrices mono-moleculares y es una medida de los cambios estructurales en la matriz polimérica formada (Veranes et al., 2006).

3.2.4. Higroscopicidad

En la Tabla 7 se muestra los resultados de la determinación de la higroscopicidad de las muestras de cocona liofilizada con diferentes encapsulantes, más aceptados sensorialmente.

Tabla 7. Resultado de la determinación de la higroscopicidad de la cocona liofilizada con diferentes encapsulantes en g/100 g

Encapsulante	%	Higroscopicidad g/100g
Maltodextrina	15	1,316
Almidón de Maíz	7	1,016
Goma Arábica	10	1,304
Gelatina	7	1,523

La Tabla 7 muestra los datos de higroscopicidad para cuatro tratamientos de cocona liofilizado. Los datos representan la absorción de agua promedio en un intervalo de 7 días, totalizando 1 semana con la higroscopicidad más baja en el tratamiento de almidón de maíz al 7% con una higroscopicidad de 1,016 g agua/100 g m.s. debido a que el almidón en un producto que no atrae el agua o humedad, son higroscópicos todos los compuestos que atraen agua en forma de vapor o de líquido de su ambiente (Palma & Soledispa, 2018).

También se llegó a observar que el tratamiento con gelatina al 7% tiene la mayor higroscopicidad por la misma forma de medida, esto es debido a que la gelatina en polvo es higroscópica, es decir que puede absorber humedad del medio ambiente, debe mantenerse en su empaque original sellado o en recipientes herméticamente cerrados en sitio fresco y seco para que se conserve en buenas condiciones (Coto et al., 2002).

3.2.5. Colorimetría

En la Tabla 8 se presentan los resultados de la evaluación de los parámetros del color de la cocona liofilizado con los encapsulantes: Maltodextrina 15%, Goma arábica 10%, almidón de maíz 7% y Gelatina 7%

El parámetro a^* dio un valor de $-2,75 \pm 0,04$ en la evaluación del color de muestras liofilizadas recubiertas con 15% de maltodextrina (T2); el componente verde cerca del núcleo ($-3,59 \pm 0,06$); al igual que en Ceballos (2008), el parámetro a^* mide el componente rojo en el eje positivo, el gris en 0 y el verde en el eje negativo. T3 (con encapsulante almidón 7%) estaría tendiendo más al color rojo.

Tabla 8. Resultado de la evaluación de los indicadores del color de la cocona liofilizada sin y con diferentes encapsulantes

Muestras	a^*	b^*	L^*	H	C
T1	$-1,73 \pm 0,02$	$55,26 \pm 0,20$	$78,36 \pm 0,25$	$91,71 \pm 0,03$	$15,74 \pm 0,01$
T2	$-2,75 \pm 0,04$	$39,21 \pm 0,09$	$75,30 \pm 0,14$	$97,83 \pm 0,01$	$15,67 \pm 0,04$
T3	$1,60 \pm 0,01$	$47,88 \pm 0,29$	$47,65 \pm 0,011$	$90,50 \pm 0,02$	$14,40 \pm 0,02$
T4	$-0,73 \pm 0,05$	$59,22 \pm 0,78$	$70,39 \pm 0,09$	$93,42 \pm 0,07$	$14,29 \pm 0,03$
T5	$-0,82 \pm 0,07$	$29,21 \pm 0,06$	$73,39 \pm 0,11$	$94,70 \pm 0,02$	$13,64 \pm 0,04$

Datos de los promedios \pm desviación estándar

T1= Sin encapsulante, T2= Maltodextrina 15%, T3= almidón 7%, T4= goma arábica 10%, T5= gelatina 7%

En la muestra T2 el parámetro b^* arrojó un valor de $39,21 \pm 0,09$, que se acerca al valor propio informado por Ceballos (2008) ($36,99 \pm 1,38$), lo que sugiere que corresponde a un campo de parámetro amarillo más grande. * El amarillo se mide en el eje positivo, el gris se mide en 0 y el azul se mide en el eje negativo. T4 (goma arábica 10%) tendría una coloración más amarillenta similar al de sin encapsulante (T1).

En la muestra liofilizada con encapsulante maltodextrina 15% (T2), el parámetro de luminosidad (L^*) presentó un valor de $75,30 \pm 0,14$ ligeramente inferior a la muestra sin encapsulante, pero cercano al encontrado por Ceballos (2008) en pulpa ($72,77 \pm 1,55$). Vargas (2015) en Polvo de (pulpa+semillas+epidermis) liofilizadas encontró $82,147 \pm 0,622$ y en pulpa fresca de cocona $40,707$. L^* mide la luminosidad de 100 blanco a 0

negro. El macho Barbosa-Cánovas et al. (2005) indicaron que el producto liofilizado fue brillante, mientras que Ceballos (2008) indicó que el proceso con sobres fue muy brillante.

En la muestra liofilizada con 15% de maltodextrina (T2), el parámetro de tonalidad (H) arrojó un valor de $96,83 \pm 0,01$, que se acerca al valor de la leche de coco ($95,55 \pm 0,31$) obtenido por Ceballos (2008). Mosquera (2010) en su estudio sobre borrojó liofilizado indicó que los solventes como la maltodextrina aumentan la transparencia y producen un pigmento amarillo correspondiente al ángulo de tonalidad, que representa el color medido por el ángulo de tonalidad. Un ángulo de 0 grados representa el rojo puro y un ángulo de 180 grados representa el verde puro. La muestra liofilizada sin recubrir (T1) mostró un valor de $15,74 \pm 0,01$ en el parámetro C, muy cercano a la muestra liofilizada recubierta con 15% de maltodextrina ($15,67 \pm 0,04$) y cercano al núcleo de Jozcona ($15,71 \pm 0,34$). Esto corresponde a los parámetros a^* y b^* (Ceballos, 2008). Se puede observar también que los resultados del cromograma en el liofilizado sin encapsulante y con encapsulante maltodextrina 15% presenta valores muy cercanos, lo que indica que se estaría conservando el color con el uso del encapsulante.

3.3. Determinación térmica por DSC

Tabla 9. Resultados (DSC) en T1 Cocona Liofilizada sin encapsulantes

Transición	Repetición	Reacción	To (°C)	Tp (°C)	Tf (°C)	ΔH (J/g)
Primero	R1	Endotérmica	161.99	190.83	213.59	70.32
	R2	Endotérmica	160.48	189.41	210.79	68.39
	R3	Endotérmica	161.47	191.03	213.60	65.56
Segundo	R1	Exotérmica	223.43	295.34	337.60	-146.12
	R2	Exotérmica	224.68	296.42	336.93	-145.18
	R3	Exotérmica	227.02	295.44	339.29	-150.96
Tercero	R1	Exotérmica	357.19	370.82	383.92	-9.68
	R2	Exotérmica	354.48	369.69	388.20	-7.01
	R3	Exotérmica	354.48	369.72	383.55	-5.77

To : Temperatura inicial Tf: Temperatura final Tp: Temperatura pico ΔH : Entalpia (calor)

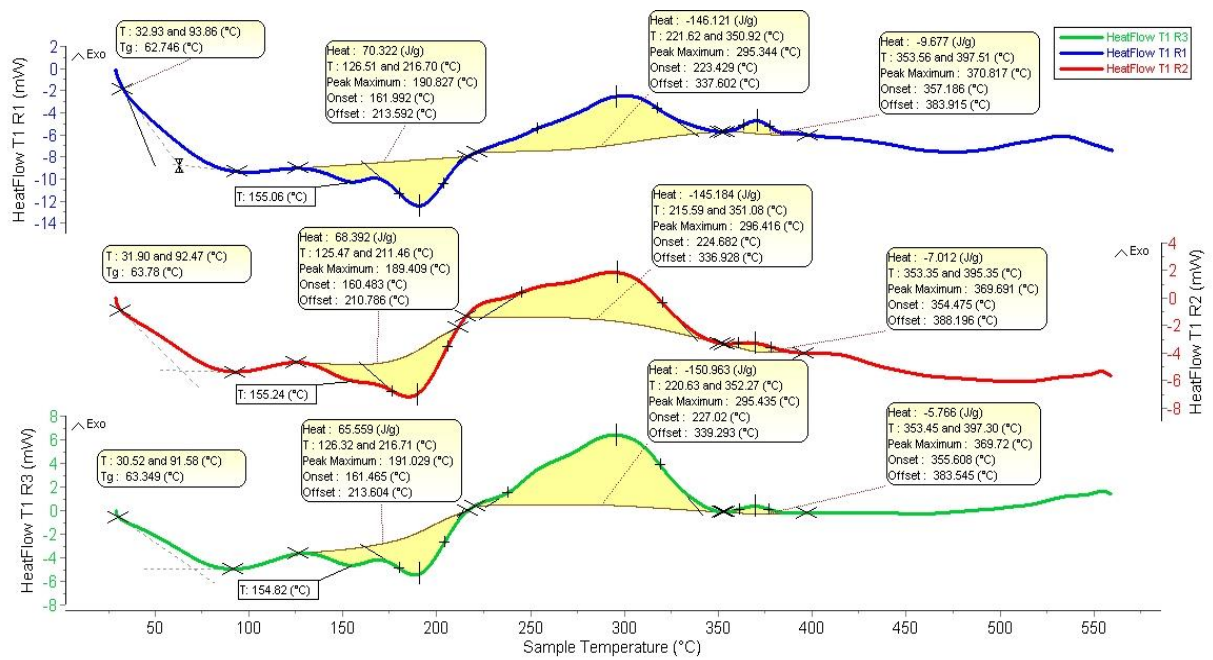


Figura 4. Termo grama DSC de la cocona liofilizada sin encapsulante.

Tabla 10. Resultados Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) en T2 cocona con Encapsulantes de Maltodextrina a 15%

Transición	Repetición	Tipo de reacción	To (°C)	Tp (°C)	Tf (°C)	ΔH (J/g)
Primero	R1	Endotérmica	142.3 8	192.31	233.44	76.93
	R2	Endotérmica	142.5 7	192.65	234.32	74.06
	R3	Endotérmica	140.7 6	187.15	235.49	72.52
Segundo	R1	Endotérmica	289.0 9	340.93	391.20	190.35
	R2	Endotérmica	287.0 2	343.09	394.49	186.59
	R3	Endotérmica	286.1 2	335.08	393.07	181.98

To : Temperatura inicial Tf : Temperatura final Tp: Temperatura pico ΔH : Entalpia (calor)

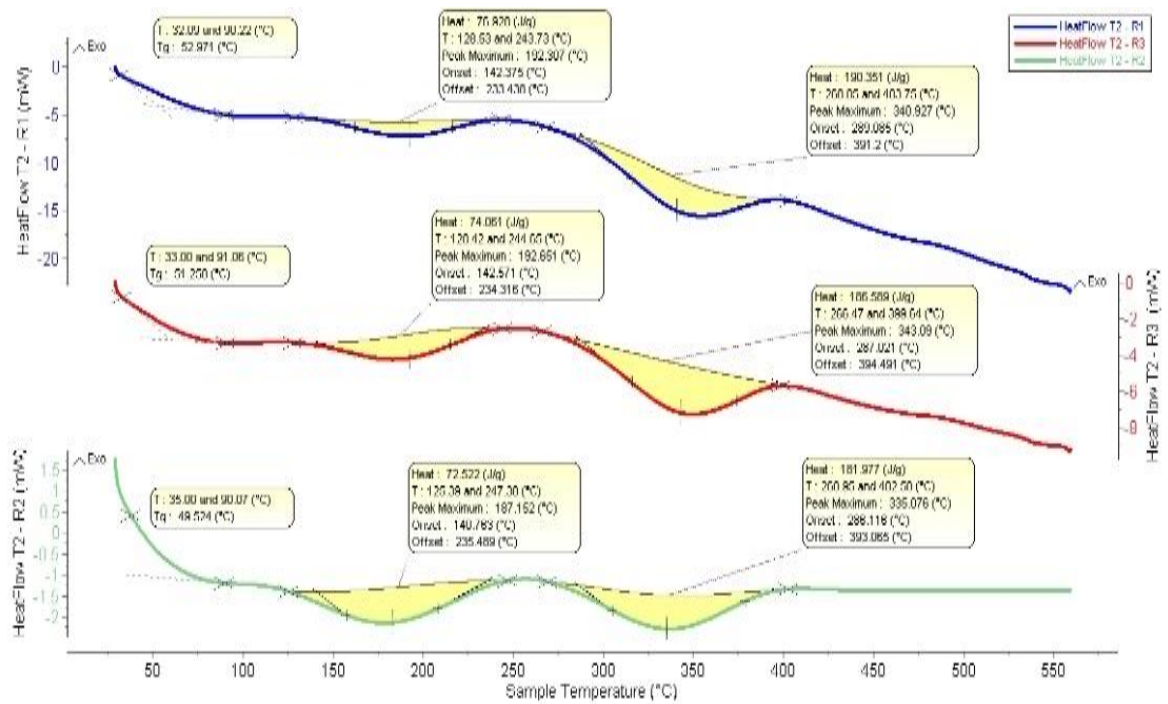


Figura 5. Termo grama DSC de la cocona liofilizada con maltodextrina 15%.

Tabla 11. Resultados Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) en T3 cocona con encapsulantes de almidón de maíz al 7%

Transición	Repetición	Tipo de reacción	To (°C)	Tp (°C)	Tf (°C)	ΔH (J/g)
Primero	R1	Endotérmica	295.445	332.35	382.21	90.43
	R2	Endotérmica	291.18	336.81	384.71	87.19
	R3	Endotérmica	294.49	335.49	381.95	91.04

To : Temperatura inicial Tf : Temperatura final Tp : Temperatura pico ΔH : Entalpia (calor)

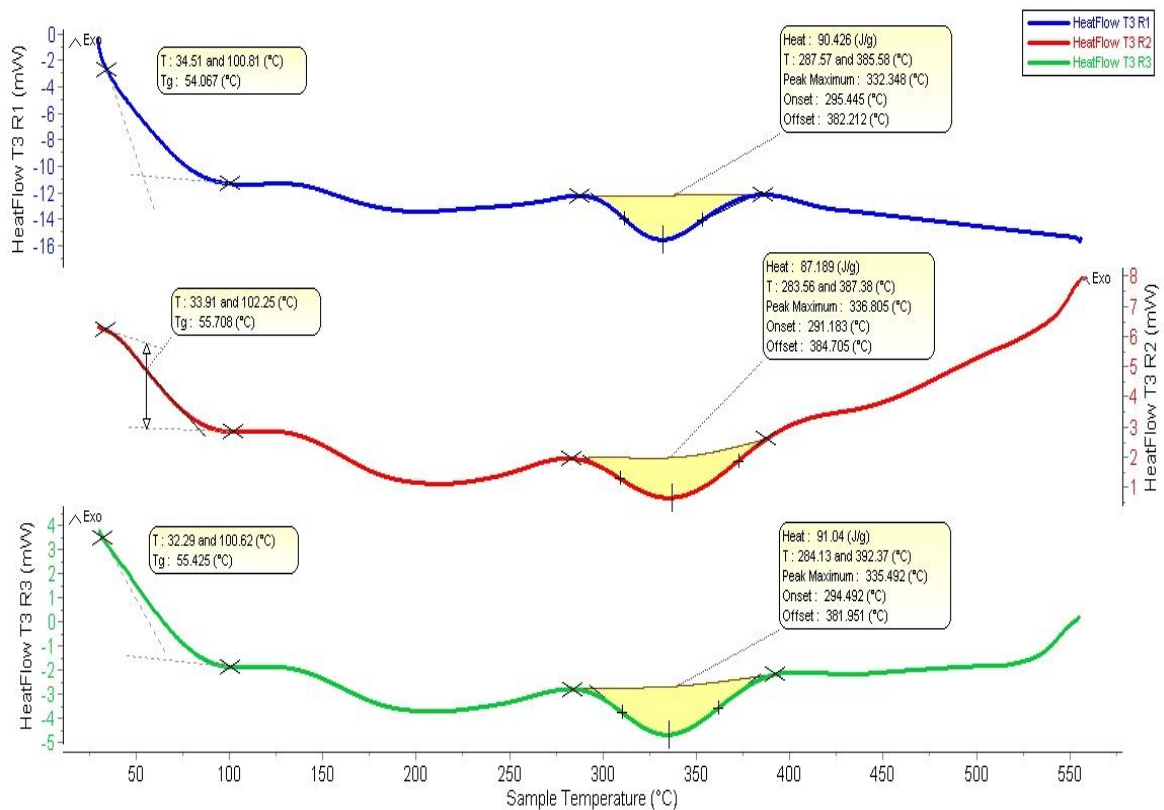


Figura 6. Termo grama DSC de la cocona liofilizada con almidón 7%.

Tabla 12. Resultados Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) en T4 Cocona con encapsulante de goma arábica al 10%

Transición	Repetición	Tipo de reacción	To (°C)	Tp (°C)	Tf (°C)	ΔH (J/g)
Primero	R1	Endotérmica	146.30	189.16	221.88	43.16
	R2	Endotérmica	143.86	188.31	220.04	48.60
	R3	Endotérmica	144.72	192.36	222.51	45.23
Segundo	R1	Endotérmica	305.17	337.56	374.25	95.12
	R2	Endotérmica	309.85	339.68	373.24	98.57
	R3	Endotérmica	308.89	337.58	371.52	94.78

To : Temperatura inicial Tf : Temperatura final Tp : Temperatura pico ΔH : Entalpia (calor)

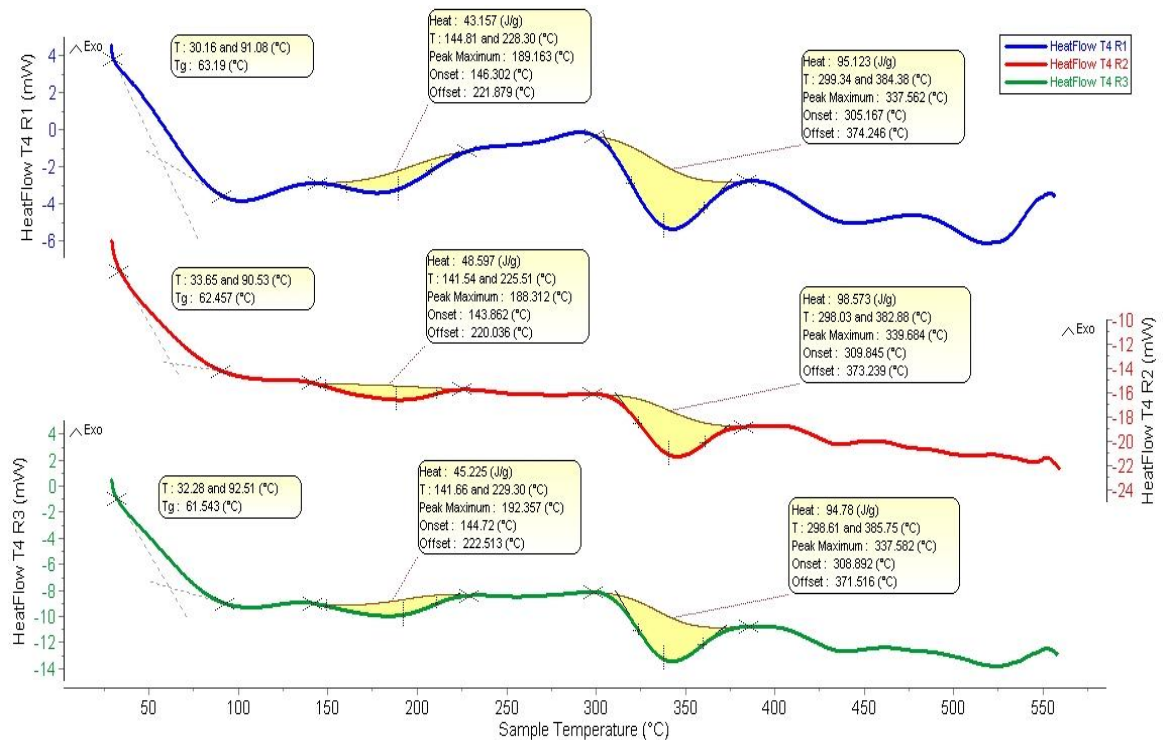


Figura 7. Termo grama DSC de la cocona liofilizada con goma arábica 10%.

Tabla 13. Resultados Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) en T5 cocona con encapsulantes con gelatina al 7 %

Transición	Repetición	Tipo de reacción	To (°C)	Tp (°C)	Tf (°C)	ΔH (J/g)
Primero	R1	Endotérmica	124.47	183.39	210.84	125.89
	R2	Endotérmica	125.52	184.29	216.99	130.02
	R3	Endotérmica	127.59	187.27	215.15	124.84
Segundo	R1	Endotérmica	246.33	336.00	365.95	223.09
	R2	Endotérmica	242.19	328.40	369.43	218.63
	R3	Endotérmica	244.30	334.03	367.59	225.75
Tercero	R1	Endotérmica	401.75	436.59	458.00	104.22
	R2	Endotérmica	398.14	425.58	454.38	106.98
	R3	Endotérmica	397.36	433.46	456.43	103.52

To : Temperatura inicial Tf : Temperatura final Tp : Temperatura pico ΔH : Entalpia (calor)

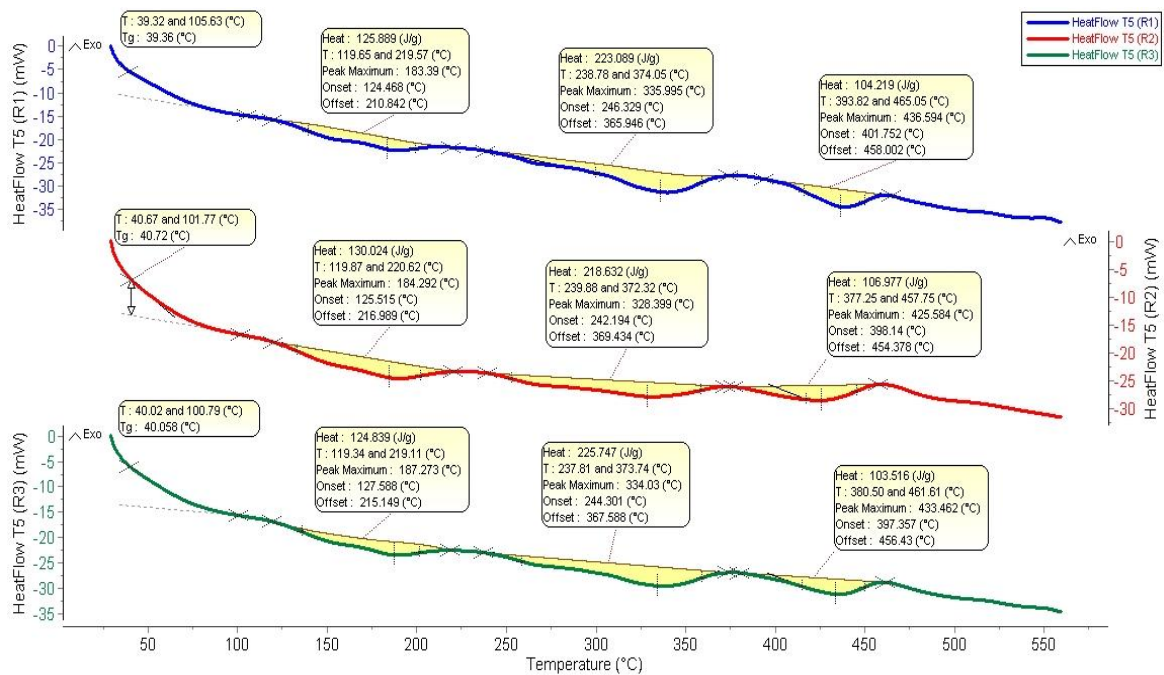


Figura 8. Termo grama DSC de la cocona liofilizada con gelatina 7%.

En la Tabla 14 se presenta los resultados promedio de la determinación térmica por DSC (Calorimetría diferencial de barrido).

Tabla 14. Resultados de Calorimetría diferencial de barrido DSC en la cocona liofilizada con diferentes encapsulantes

Tratamiento	Temperatura Inicio (To) °C	Temperatura Pico (Tp) °C	Temperatura Final (Tf) °C	Entalpía de calor (J/g)	Rango (Tf-To) °C
T1	247,37 ± 0,33 ^b	285,41 ± 0,43 ^{bc}	311,94 ± 0,55 ^d	28,94 ± 0,19 ^d	64,57 ± 0, 18 ^d
T2	214,6 ± 0,26 ^{cd}	265,26 ± 0,48 ^{cd}	310,67 ± 0, 56 ^{cd}	130,41 ± 0,31 ^c	90,01 ± 0,26 ^b
T3	293,71 ± 0,44 ^a	334,88 ± 0,37 ^a	382,96 ± 0,43 ^a	89,55 ± 0,22 ^a	89,25 ± 0,08 ^a
T4	226, 47 ± 0,45 ^c	264,11 ± 0,42 ^c	301,57 ± 0, 45 ^d	136,58 ± 0,22 ^{bc}	75,11 ± 0,19 ^{cd}
T5	256,41 ± 0,46 ^b	316,56 ± 0,52 ^b	346,08 ± 0, 51 ^b	151,44 ± 0,29 ^b	85,68 ± 0, 25 ^b

T1= Sin encapsulante, T2= Maltodextrina 15%, T3= almidón 7%, T4= goma arábiga 10%, T5= gelatina 7%

De los resultados obtenidos donde se evaluó que encapsulante resultó tener más resistencia frente al incremento de temperatura fue el T3 con una temperatura de inicio de 293,71 °C (To) como se ve tiene un valor alto de temperatura de resistencia, esto podría deberse a que la cocona liofilizada presentaría almidones resistentes, también se presentó diferencia significativa entre los tratamientos, excepto entre sin encapsulante (T1) y gelatina 7% (T5), el

mayor valor se tiene en almidón 7% (T3) con 293,71 °C y el menor valor en T2 (maltodextrina 15%) con 214,1 °C.

Con respecto a la temperatura pico T_p existe diferencia significativa entre los tratamientos, siendo estadísticamente iguales T1 y T5, así como T1, T2 y T4. Los picos endotérmicos vienen a ser la temperatura a la cual todos los almidones son hidratados, lo que produce la ruptura del gránulo (Rendón, 2016).

En la temperatura final (T_f) hubo diferencia significativa entre los tratamientos, siendo estadísticamente iguales T1, T2 y T4.

La cocona liofilizada con encapsulante goma arábica (T3) mostró valores más elevados iniciando a T_o $293,71 \pm 0,44^\circ\text{C}$ hasta T_f ($382,96 \pm 0,43^\circ\text{C}$) con T_p ($334,88 \pm 0,37^\circ\text{C}$) a comparación de la cocona liofilizada con encapsulante maltodextrina (T2) que obtuvo los valores más bajos T_o ($214,66 \pm 0,26^\circ\text{C}$) hasta T_f ($310,67 \pm 0,56^\circ\text{C}$), alcanzando una temperatura tope (T_p) de $265,26 \pm 0,48^\circ\text{C}$. Las temperaturas T_o , T_p y T_f de la transición térmica fueron similares a lo reportado por Sobral & Wagner (2009), T_p 205 °C.

La diferencia máxima de temperatura (T_p) se puede relacionar con el contenido de almidón. Un estudio anterior mostró que la amilosa actúa como plastificante o suavizante y afecta la temperatura de fusión (Granda y Ramos, 2019). Por otro lado, Colli (2018) sugiere que las diferencias en la temperatura de la resistencia de los encapsulantes pueden estar relacionadas con las diferencias en el contenido de amilosa, la forma, la distribución y la capacidad de retención de agua de los gránulos de almidón. Espinoza (2012) demostró que estas diferencias en las temperaturas extremas se pueden atribuir a diferencias en la cristalización del almidón de diferentes fuentes.

Se requieren valores altos de entalpía que viene a ser la energía que se necesita para romper los enlaces de almidón en un proceso endotérmico, dan una medida global de la cristalinidad en calidad y cantidad indicando la pérdida de orden molecular en el gránulo. Robles (2012) reportó 0,68 J/g en semillas de arveja y Roskhrua et al. (2014) 0,87 J/g en semilla de frijol palo.

IV. CONCLUSIONES

- Se obtuvo polvo de cocona por liofilización con encapsulantes maltodextrina, almidón, goma arábica y gelatina en niveles de 7, 10 y 15%.
- El polvo de cocona liofilizado con encapsulante maltodextrina 15% presentó mejores atributos sensoriales y fue calificado como “me gusta” en color, sabor, aroma y aceptabilidad.
- En las características físicas del polvo de cocona liofilizado encapsulado con maltodextrina al 15% se obtuvo menor valor de a_w (0,55), mayor densidad volumétrica ($0,6024 \text{ g/m}^3$), mayor ISA (88,533) e IAA (5,927), y los parámetros de color con el encapsulante fueron: $a^* = -2,75 \pm 0,04$; $b^* = 39,21 \pm 0,09$; $L = 75,30 \pm 0,1$; $h = 97,83 \pm 0,01$; $C = 15,67 \pm 0,04$ que indican que no disminuye el color de la cocona fresca comparada con la cocona liofilizada, la higroscopicidad más baja se obtuvo con el encapsulante de almidón de maíz al 7% con $1,016 \text{ g agua/100 g m.s.}$
- Del análisis térmico por DSC el polvo de cocona liofilizado, encapsulado con gelatina 7% presentó mayor valor de T_o ($256,41^\circ\text{C}$), T_p ($316,56^\circ\text{C}$), T_f ($85,68$) con entalpía de calor $151,44\text{J/g}$ con lo que se concluye que la gelatina es el encapsulante que tiene más resistencia frente al incremento de temperatura y puede resistir procesos térmicos sin sufrir alteraciones.

V. PROPUESTAS A FUTURO

- Estudiar la estructura del polvo obtenido mediante microscopía electrónica de barrido
- Comprobar la eficiencia en la retención de los componentes volátiles.
- Estudiar encapsulación en la de la cocona en la atomización.
- Estudiar otros tipos de encapsulantes como el almidón de arroz, almidón de yuca.
- Realizar un estudio de mercado en la ciudad de tingo Maria con los alimentos Liofilizados

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ambicho, A. M. (2009). *Evaluación Durante el Almacenamiento del Sacha Culantro (Eryngium Foetidum L.) Secado, Deshidratado y Liofilizado*. [Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María] <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/287/FIA-205.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Amorín, G. (2012). “La Sublimación. Versión digital recuperada el 9 -02- 2019.
- Anteparra, M., Vargas, K., Granados, L. (2010). Primer registro para el Perú del perforador del fruto de cocona *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae) Laboratorio de Entomología, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María-Perú.
- Ayala, A. S. (2010). Liofilización de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). *Revista de la facultad Farmacéutica*, 17(2) 121-127
- Barbosa, G.; Vega, H. (2000). *Deshidratación de alimentos*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza - España.
- Barbosa-Canovas, G., Ortega-Rivas, E., Juliano, P., Van, H. (2005). *Food powders: physical properties, processing, and functionality*. Kluwer Academic/Pienum Publisher New York, N. Y. 372 p.
- Cahuaya, G. (2017). Efecto del secado por aspersión en el contenido de vitamina C, capacidad antioxidante y características fisicoquímicas de jugo de naranja. [Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1583/Cahuaya%20Rivera%20-%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cajiao, L. & Luna, M. (2019). Microencapsulación de Antocianinas de Mortiño (*Vaccinium floribundum*) utilizando una combinación de Alginato y Pectina [Tesis Ingeniero e Alimentos. Universidad San Francisco de Quito]. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/8088/1/142047.pdf>
- Carbajal, C., Balcázar L. (1996). *Cultivo de Cocona*. Tingo María. 28-40 p
- Carbajal, C.; Balcázar, L. (2006). *Cultivo de Cocona*. IIAP. Programa Biodiversidad. Tingo María - Perú. 54 p.
- Cardona, F. (2019). Actividad del agua en alimentos: concepto, medida y aplicaciones. Universidad Politécnica de Valencia.

- Castrillón, P., Vargas, J., Rendón, D. (2016). Encapsulación de DHA/EPA mediante secado por aspersión: identificación de metodologías de proceso y agentes encapsulantes compatibles [Trabajo de grado para título de Especialistas de Alimentación y Nutrición. Corporación Universitaria Lasallista]. Repositorio http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1767/1/Encapsulacion_de_DHAEPA.pdf
- Ceballos, A. (2008). *Estudio comparativo de tres sistemas de secado para la producción de un polvo deshidratado de fruta*. [Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia] Repositorio: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2687>.
- Cisneros, A. (2013). *Estudio de la composición químico proximal, compuestos volátiles, actividad antioxidante y antielastasa de dos frutos amazónicos: Solanum sessiliflorum Dunal ("cocona") y Matisia cordata Humboldt & Bonpland ("sapote")*. [Tesis Químico farmacéutico. Universidad Peruana Cayetano Heredia]. Repositorio <https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/1283>
- Colli, J. (2018). *Estudio del efecto del contenido y tamaño de partículas de la testa de la semilla del fruto de pich (Enterolobium cyclocarpum) sobre las propiedades de un almidón termoplástico a base de dicho fruto*. [Tesis Maestro en Materiales poliméricos. Centro de Investigación Científica de Yucatán]. Repositorio https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1190/1/PCM_M_Tesis_2018_Colli_Juan.pdf
- Contreras, N., Ramírez, Y., Follegatti, L. (2019). Estudio de los parámetros cinéticos en los cambios de color en pulpa de cocona (*Solanum sessiliflorum*) durante el tratamiento térmico. *Ciencias Agroindustriales*. 8 (2), 111-116.
- Coto, A. C., Zamora, E., & González, M. (2002). Isoterma de adsorción de postre de gelatina. *Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos* (333), 133-136.
- Dávila, L. (2020). *Efecto de diferentes concentraciones de ácido cítrico como antipardeante en Cocona Ecotipo III (Solanum sessiliflorum Dunal) mínimamente procesada*. [Tesis Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4200/UNU_AGROINDUSTRIAS_2020_T_LEA-DAVILA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Domínguez, P. (2022). *Cambios en las propiedades funcionales de concentrado de proteínas séricas por ultrasonido de potencia y su uso como agente ligante en un producto cárnico*

- fresco* [Tesis Maestría en Ingeniería Química. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. Repositorio
<https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/16246>
- Duarte, O. (2011) Cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal). In: Yahia E (ed) Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. *Woodhead Publishing*, Wallingford, 1–7
- Espinosa, M. (2017). Evaluación del efecto de los alimentos enriquecidos en pacientes con osteoporosis en la Comunidad Valenciana. [Memoria Máster Universitario en Nutrición y Alimentación Humana, Universitat de les Illes Balears]
https://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/146184/tfm_2016-17_MNAH_mef834_860.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Espinoza, J. E. (2017). Efecto del tratamiento térmico sobre el color y el contenido de carotenoides totales en salsas de ajíes (*Capsicum* spp) nativos.
- Espinoza, R. (2012). *Relación entre el contenido de fósforo y algunas propiedades térmicas y reológicas en almidón de papa nativa de Chiloé*. [Tesis Ingeniero de Alimentos. Universidad Austral de Chile].
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2012/fae.77r/doc/fae.77r.pdf>
- Fajardo, A. (2009). Estudio de los componentes volátiles libres y enlazados y de los precursores no volátiles de arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) y cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal). [Tesis grado de doctor en Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Colombia]
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/9546/197921.2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fellows, J. (2018). *Tecnología del procesamiento de los alimentos: principios y prácticas*. 3ª.ed. Editorial Acribia. S.A.
- Fennema, O. (2000). *Química de los alimentos*. Editorial Acribia, Zaragoza - España.
- Fernández, N. (1995) *Estudio de la extracción y pre purificación de antocianinas de maíz morado (Zea mays L.)*. [Trabajo Profesional. Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú].
- Flores, S. (1997). *Cultivo de frutales nativos amazónicos "manual para el extensionista"*. Lima.
- Gamarra, A. (2017). *Efecto de la concentración de aceite esencial de clavo de olor en la cobertura comestible a base de gelatina-almidón y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en*

bayas de aguaymanto (Physalis peruviana L.) [Tesis ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Antenor Orrego. Trujillo]. Repositorio:

https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/2885/1/re_ind.alim_ana.gamarra_aceite.esencial.de.clavo_datos.pdf

Gamboa, W. B. (2018). *Determinación de la temperatura y concentración de la solución osmótica en la deshidratación del arándano (Vaccinium corymbosum L.)*. [Tesis Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional del Santa].

<https://core.ac.uk/download/pdf/225485942.pdf>

García, C.; González Maldonado, M. B.; Ochoa Martínez, L. A.; Medrano Roldán, (2004). Microencapsulación del jugo de cebada verde mediante secado por aspersión. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 4(4): 262-266.

Gómez, A., Cerón, T., Rodríguez, V., Vásquez, M. (2007). Aspectos tecnológicos de la congelación en alimentos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 1 (2007): 80 – 96. <file:///C:/Users/yorat/Downloads/congelacion2.pdf>

Granda, J. J., Ramos, Y. M. (2019). *Estudio de la resistencia a la tracción y deformación de bioplásticos obtenidos a partir de almidón de Solanum Tuberosum a diferentes porcentajes de plastificante*. [Tesis Ingeniero de Materiales. Universidad Nacional de Trujillo].

<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/13393/GRANDA%20S%c3%81NCHEZ%2c%20Jorge%20Jeyson%3b%20RAMOS%20CONTRERAS%2c%20Yenny%20Merly.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hipo, P. (2021). Estudio de una mezcla de sacarosa más mora (*Rubus glaucus*) liofilizada para su aplicación en la industria alimentaria. [Trabajo de titulación Ingeniero en Industrias Pecuarias. Universidad de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15529/1/27T00482.pdf>

Huachuillca, L. (2017). Efecto de Liofilización Sobre los Compuestos Bioactivos y Capacidad Antioxidante en la Pulpa de Aguaymanto (*Physalis Peruviana L.*). [Tesis Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional de Apurímac] Repositorio: https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/263/Dina_Huachuillca_Tesis_Titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hurtado, S., & Quispe, W. (2022). *Aceptabilidad de un yogurt probiótico elaborado con Pectina de la cáscara de Citrus aurantium L. (Naranja criolla)*. [Tesis Químico Farmacéutico. Universidad María Auxiliadora]. Repositorio.

<https://repositorio.uma.edu.pe/handle/20.500.12970/928>

- Lino, E. (2012). Influencia de Encapsulantes: Goma Arábica y Maltodextrina en los Fitoquímicos de la Cocona (*Solanum Sessiliflorum Dunal*) Ecotipo T-2 Liofilizado. [Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio: <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/286/FIA-204.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Loksuwan, J. (2007). Characteristics of microencapsulated β -carotene formed by spray drying with modified tapioca starch, native tapioca starch and maltodextrin. *Food Hydrocolloids* 21: 928-935.
- Lopera, S., Gallardo, C. (2010). Estudio de la fotodegradación de ácido fólico encapsulado en microesferas de goma arábica y maltodextrina. *Revista Cubana de Farmacia*, 44(4), 443-455.
- López, M. (2016) Formulación del Proceso de Liofilización en la Frutas y Hortalizas Como Valor Agregado a su Presentación a Mercados Tipo Exportación. Universidad Militar de Granada.
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/14989/Maritzal%c3%b3pezMart%c3%adnez2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Madene, A., Scher, J., Desobry, S. (2006). Flavour encapsulation and controlled release - a review. *International Journal of Food Science and Technology* 4(1):1-21, 2006.
- Mamani, K. (2019). Efecto de la concentración de Maltodextrina como agente encapsulante de la vitamina C en el deshidratado por liofilización de la pulpa de Camu camu (*Myrciaria dubia HBK McVaugh*) en Pucallpa. [Tesis Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio: <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3898>
- Manfugás, J. E. (2020). Evaluación sensorial de los alimentos. Editorial Universitaria (Cuba).
- Marín, D. (2019). Nanoliposomas a partir de productos naturales infrautilizados y residuos agroalimentarios como ingrediente funcional en alimentos. [Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid] <https://eprints.ucm.es/id/eprint/57956/1/T41485.pdf>
- Mosquera, H. (2010). *Influencia de la humedad y de la adición de solutos (maltodextrina o goma arábica) en las propiedades fisicoquímicas de borjón y fresa en polvo*. [Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València].
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/9035/tesisUPV3449.pdf>

- Natividad, L.; Cáceres, J. (2013). Algunos aspectos técnicos sobre la liofilización de pulpa de cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal). *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 4 (2): 207-218.
- Orrego, C. (2003). Procesamiento de alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales.
- Pacheco, C. & Toapanta, J. (2022). Microencapsulación de un extracto de eneldo (*Anethum graveolens*) mediante secado por aspersion. [Tesis Ingenieros Agroindustriales. Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9357/1/PC-002373.pdf>
- Palma, M., Soledispa, G. (2018). Efecto de la Harina de papa oca en diferentes niveles en la capacidad higroscópica en una Galleta Dulce. [Tesis Ingeniero Agroindustrial. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Manuel Félix López]. Repositorio: <https://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/789/TAI137.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Parra, R. (2010). Biopolímeros utilizados en la encapsulación, goma arábiga. *Revista de Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos de la UDLAP*
- Parra, R. (2010). Revisión: microencapsulación de alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 63(2), 5669-5684.
- Pauca, C. (2018). Microencapsulamiento para la obtención de polvo a partir del subproducto de mango. [Tesis Bioquímico Farmacéutico, Universidad Técnica Particular de Loja]. <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/20.500.11962/23366/1/Paucar%20Agreda%20Celen%20Yadira.pdf>
- Peña, D. (2017). Estudio de las propiedades emulsionantes del mucílago de la semilla de tamarindo. [Tesis Ingeniero Químico. Universidad Autónoma del estado de México]. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67587/Tesis%20Daniel%20Enrique%202017-split-merge.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Picasso, M. (1997). *Cultivo de Frutales Nativos Amazónicos*, bajo formato de Manual para el Extensionista. Secretaría Pro Tempore del TCA y el IIAP, Lima Perú.
- Ponce, M., Navarrete, D., & Vernaza, M. G. (2018). Sustitución parcial de harina de trigo por harina de lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet) en la producción de pasta larga. *Información tecnológica*, 29(2), 195-204.
- Ramírez, J. (2006). Liofilización de alimentos. *Revista ReCiTeIA*.

- Rios-Aguirre, S., & Gil-Garzón, M. A. (2021). Microencapsulación por secado por aspersión de compuestos bioactivos en diversas matrices: una revisión. *TecnoLógicas*, 24(51), 206-229.
- Robles, M. (2012). Relación entre algunas propiedades fisicoquímicas y térmicas de gelatinización y retrogradación en almidón de papa nativa de Chiloé. [Tesis Ingeniero en Alimentos, Universidad Austral de Chile] <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2012/far666r/doc/far666r.pdf>.
- Roskhrua, P., Tran, T., Chaiwanichsiri, S., Kupongsak, S., Pradipasena, P. (2014). Physicochemical properties of thermal alkaline treated pigeonpea (*Cajanus cajan* L.) flour. *Food Science and Biotechnology*, 23(2), 381–388. doi:10.1007/s10068-014-0053-0
- Sáenz, C., Tapia, S., Chávez, J. (2009). Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus-Indica*). *Food Chemistry* 114(2): 616–622. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.095>
- Saravia, L. (2018). *Secado de la pulpa de Solanum sessiliflorum (cocona) por el método de atomización aplicando diversos encapsulantes*. [Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/7043/Lucero_Tesis_Titulo_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Semyonov, D. O., Ramon, Z., Kaplun, L., Brener, N., Gurevich E., Shimoni. (2010). Microencapsulation of *Lactobacillus paracasei* by spray freeze drying. *Food Research International* 43(1): 193-202.
- Serna, C. L., Vargas, D.P., Rengifo, C. A. (2015). Chemical characterization of the pulp, peel and seeds of cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal). *Bras. J. Food Technol. Brasil*. 18 (3), 192-198.
- Sobral, P., Wagner, J. (2009). Estudio de la cristalización térmicamente inducida en suero de soja liofilizado. In III Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos-CICyTAC (Córdoba, 15 al 17 de abril de 2009).
- Talens P. (2017). *Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB*. Universidad Técnica de Valencia.
- Tang, H.; Watanabe, K.; Mitsunaga, T. 2002. Characterization of storage starches from quinoa, barley and adzuki seeds. *Carbohydrate Polymers* 49: 13-22.

- Valenzuela, E. (2020). Revisión de literatura en métodos de fabricación y caracterización de micro/nanopartículas para encapsulación de compuestos bioactivos usando quitosano como material encapsulante. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/901d1485-9d6a-4359-8588-54be06234f8e/content>
- Vargas, D. (2015). *Efecto de la liofilización sobre propiedades fisicoquímicas y vida útil de cocona (Solanum sessiliflorum Dunal) en polvo*. [Tesis Magister en Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de Colombia]. file:///C:/Users/yorat/Downloads/Diana_Patricia_Vargas_Mu%C3%B1oz.pdf
- Veranes, Y., Krael, R., Gerber, M., Correa, D., Álvarez, R. (2006). Estudio de la absorción y solubilidad en agua de composites dentales fotopolimerizables. *Revista Cubana de Química*, 18(1), 298-299.
- Villachica, H. (1996). Frutales y Hortalizas promisorios de la Amazonía. Lima
- Villegas, J. (2015). Determinación de parámetros tecnológicos óptimos para la elaboración y conservación de pulpa de cocona (*Solanum sessiliflorum Dunal*) concentrada con la aplicación de método de factores combinados. [Tesis Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional de San Martín] Repositorio: https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/531/TFAI_26.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Yeu-Pyng L., Tsai-Yun, L., Jen-Horng, T., An-Erl, K. (2007). Dehydration of yam slices using FIR Freeze drying. *Journal of Food Engineering* 79(4) 1295-1301

ANEXOS

Anexo 1. Tabla ANOVA para COLOR MALTODEXTRINA 15%

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	29.0556	2	14.5278	38.10	0.0000
Intra grupos	12.5833	33	0.381313		
Total (Corr.)	41.6389	35			

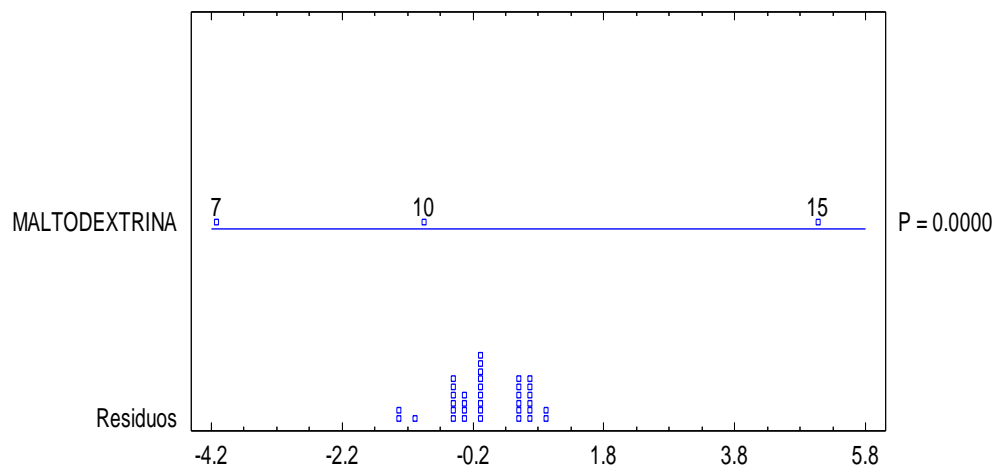
Anexo 2. Prueba de Kruskal-Wallis para COLOR MALTODEXTRINA

<i>MALTODEXTRINA</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
7	12	9.41667
10	12	16.0833
15	12	30.0

Estadístico = 26.2096 Valor-P = **0.00000203547**

Anexo 3. Gráfico de la Maltodextrina para el atributo color

ANOVA Gráfico para COLOR



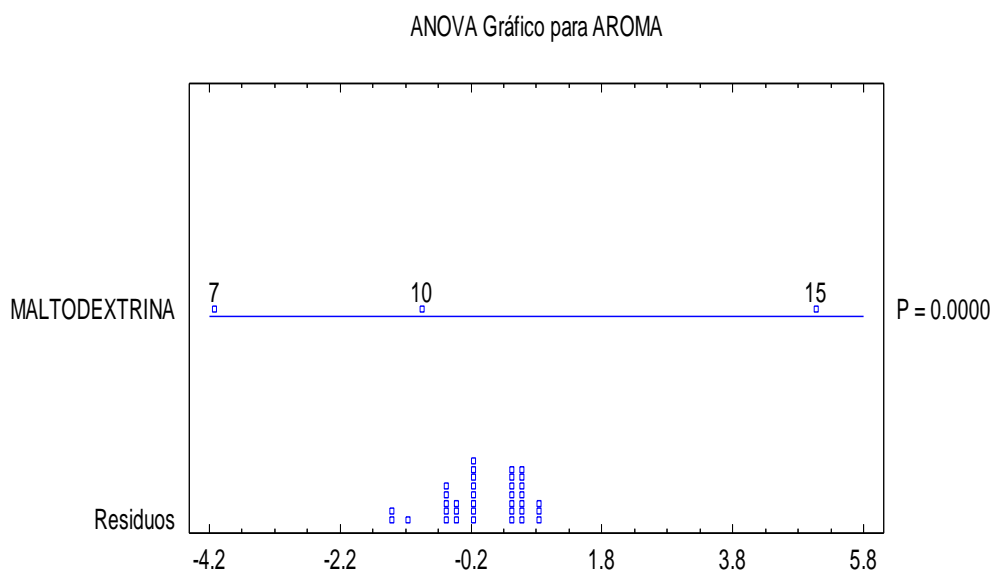
Anexo 4. Tabla ANOVA para AROMA MALTODEXTRINA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	29.0556	2	14.5278	35.51	0.0000
Intra grupos	13.5	33	0.409091		
Total (Corr.)	42.5556	35			

Anexo 5. Prueba de Kruskal-Wallis para AROMA por MALTODEXTRINA

MALTODEXTRINA	Tamaño Muestra	Rango Promedio
7	12	9.54167
10	12	16.0833
15	12	29.875

Estadístico = 25.6418 Valor-P = 0.00000270368

Anexo 6. Gráfico de la Maltodextrina para el atributo Aroma

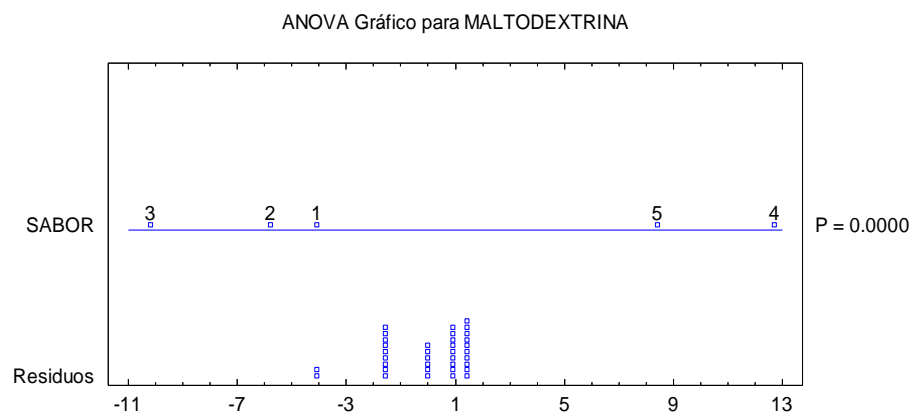
Anexo 7. ANOVA para MALTODEXTRINA por SABOR

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	308.459	4	77.1148	28.62	0.0000
Intra grupos	83.5407	31	2.69486		
Total (Corr.)	392.0	35			

Anexo 8. Prueba de Kruskal-Wallis para MALTODEXTRINA por SABOR

SABOR	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1	1	6.5
2	2	6.5
3	19	12.8158
4	11	28.3182
5	3	30.5

Estadístico = 25.7057 Valor-P = 0.0000362751

Anexo 9. Gráfico de la Maltodextrina para el atributo SABOR

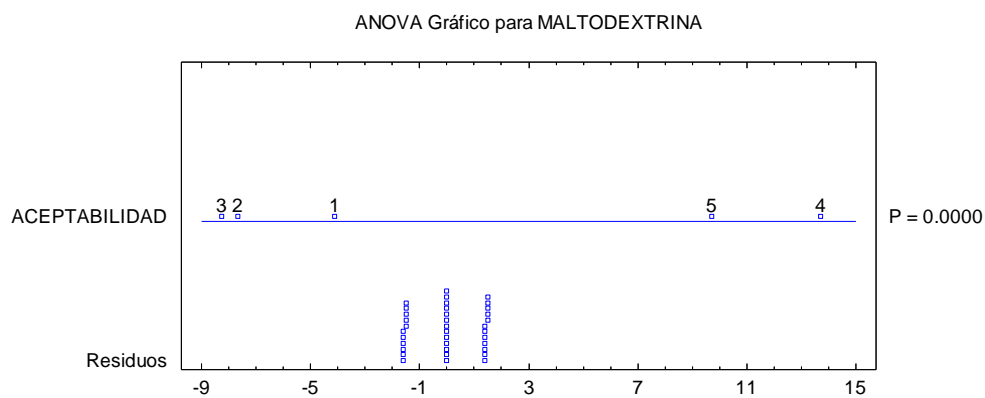
Anexo 10. Tabla ANOVA para MALTODEXTRINA por ACEPTABILIDAD

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	340.423	4	85.1058	51.15	0.0000
Intra grupos	51.5769	31	1.66377		
Total (Corr.)	392.0	35			

Anexo 11. Prueba de Kruskal-Wallis para MALTODEXTRINA por ACEPTABILIDAD

ACEPTABILIDAD	Tamaño Muestra	Rango Promedio
1	1	6.5
2	10	12.5
3	13	12.9615
4	8	30.5
5	4	30.5

Estadístico = 26.6426 Valor-P = 0.0000234752

Anexo 12. Gráfico de la Maltodextrina para el atributo Aceptabilidad

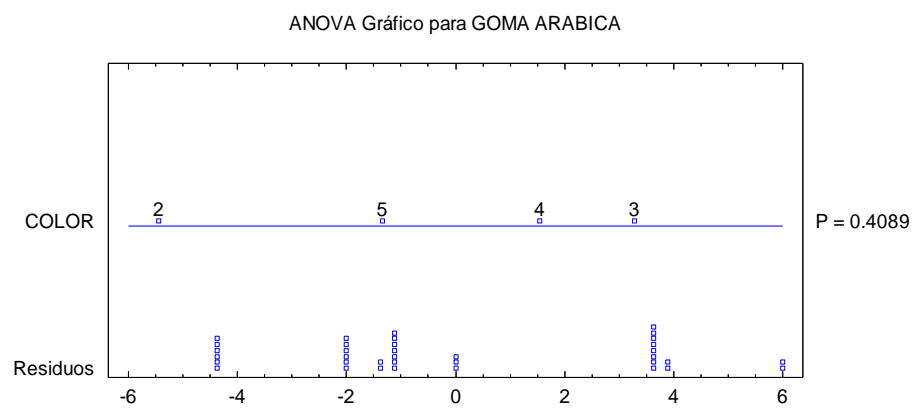
Anexo 13. ANOVA para GOMA ARABICA por COLOR

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	33.3611	3	11.1204	0.99	0.4089
Intra grupos	358.639	32	11.2075		
Total (Corr.)	392.0	35			

Anexo 14. Prueba de Kruskal-Wallis para GOMA ARABICA por COLOR

COLOR	Tamaño Muestra	Rango Promedio
2	8	12.5
3	16	20.0
4	9	21.1667
5	3	18.5

Estadístico = 3.9294 Valor-P = 0.269186

Anexo 15. Gráfico de la Goma Arábica para el atributo Color

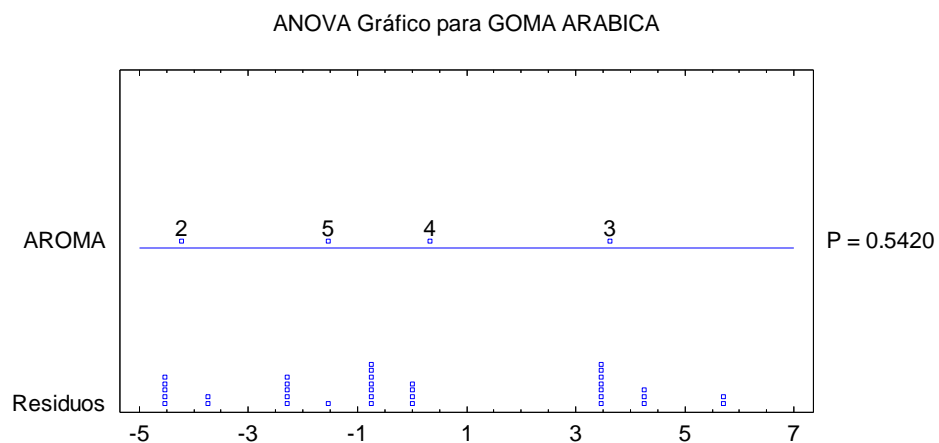
Anexo 16. Tabla ANOVA para GOMA ARABICA por AROMA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	25.0907	3	8.36355	0.73	0.5420
Intra grupos	366.909	32	11.4659		
Total (Corr.)	392.0	35			

Anexo 17. Prueba de Kruskal-Wallis para GOMA ARABICA por AROMA

AROMA	Tamaño Muestra	Rango Promedio
2	7	13.3571
3	13	20.3462
4	12	19.5
5	4	18.5

Estadístico = 2.44525 Valor-P = 0.485264

Anexo 18. Gráfico para GOMA ARABICA por AROMA

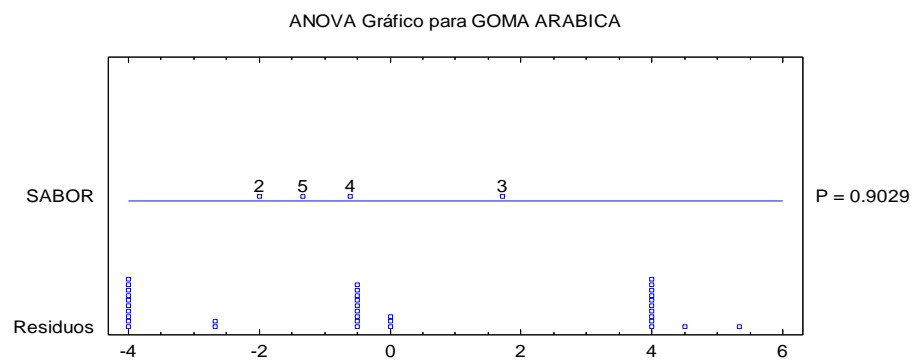
Anexo 19. ANOVA para GOMA ARABICA por SABOR

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6.83333	3	2.27778	0.19	0.9029
Intra grupos	385.167	32	12.0365		
Total (Corr.)	392.0	35			

Anexo 20. Prueba de Kruskal-Wallis para GOMA ARABICA por SABOR

SABOR	Tamaño Muestra	Rango Promedio
2	3	14.5
3	20	18.5
4	10	19.7
5	3	18.5

Estadístico = 0.631944 Valor-P = 0.889081

Anexo 21. Gráfico para GOMA ARABICA por Sabor

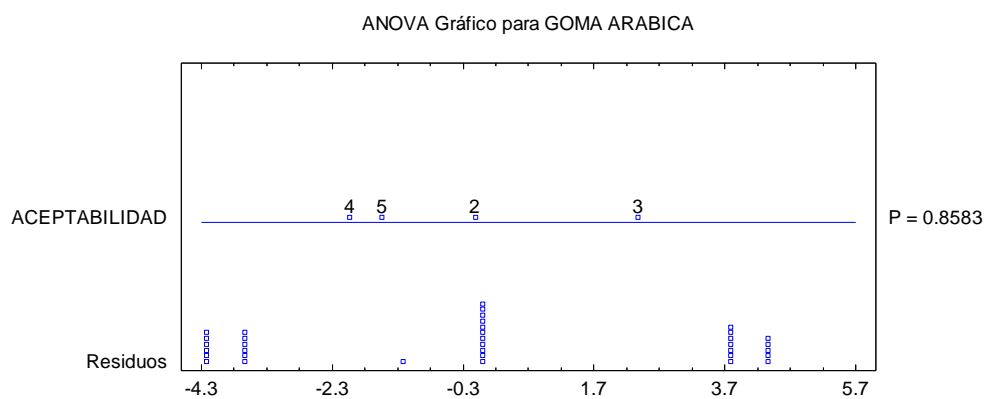
Anexo 22. ANOVA para GOMA ARABICA por ACEPTABILIDAD

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	9.0974	3	3.03247	0.25	0.8583
Intra grupos	382.903	32	11.9657		
Total (Corr.)	392.0	35			

Anexo 23. Prueba de Kruskal-Wallis para GOMA ARABICA por ACEPTABILIDAD

ACEPTABILIDAD	Tamaño Muestra	Rango Promedio
2	11	17.4091
3	14	19.3571
4	7	18.5
5	4	18.5

Estadístico = 0.236742 Valor-P = 0.97145

Anexo 24. Gráfico para GOMA ARABICA por Aceptabilidad

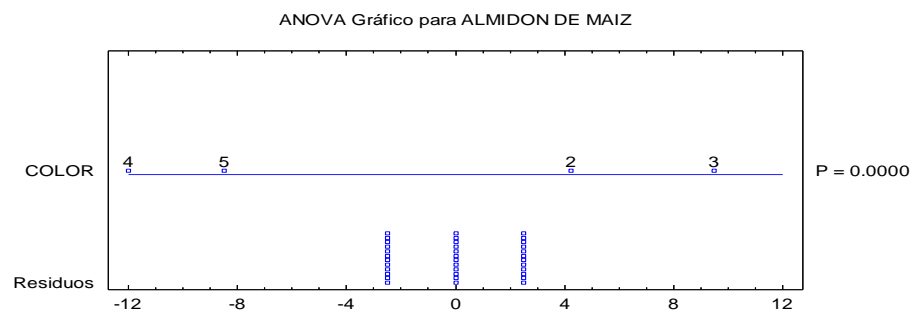
Anexo 25. ANOVA para ALMIDON DE MAIZ por COLOR

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	242.0	3	80.6667	17.21	0.0000
Intra grupos	150.0	32	4.6875		
Total (Corr.)	392.0	35			

Anexo 26. Prueba de Kruskal-Wallis para ALMIDON DE MAIZ por COLOR

COLOR	Tamaño Muestra	Rango Promedio
2	4	24.5
3	20	24.5
4	8	6.5
5	4	6.5

Estadístico = 26.25 Valor-P = 0.00000845431

Anexo 27. Gráfico de almidón de maíz atributo color

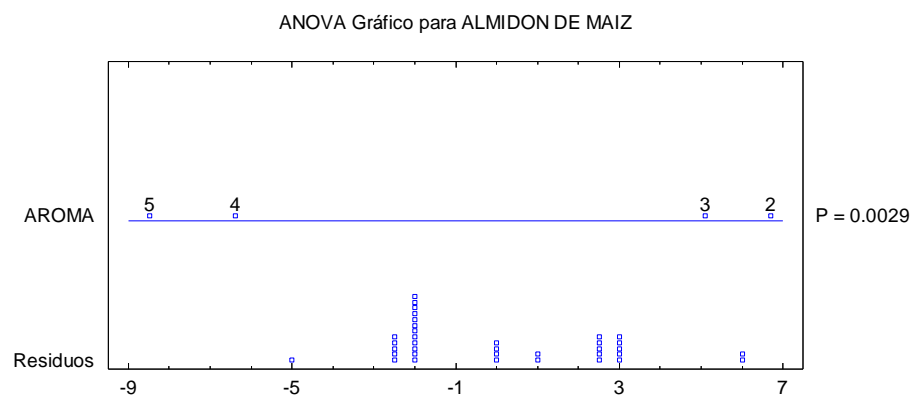
Anexo 28. ANOVA para ALMIDON DE MAIZ por AROMA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	137.5	3	45.8333	5.76	0.0029
Intra grupos	254.5	32	7.95313		
Total (Corr.)	392.0	35			

Anexo 29. Prueba de Kruskal-Wallis para ALMIDON DE MAIZ por AROMA

<i>AROMA</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
2	10	24.5
3	11	22.8636
4	11	13.0455
5	4	6.5

Estadístico = 14.9148 Valor-P = 0.00189095

Anexo 30. Gráfico de almidón de maíz atributo Aroma

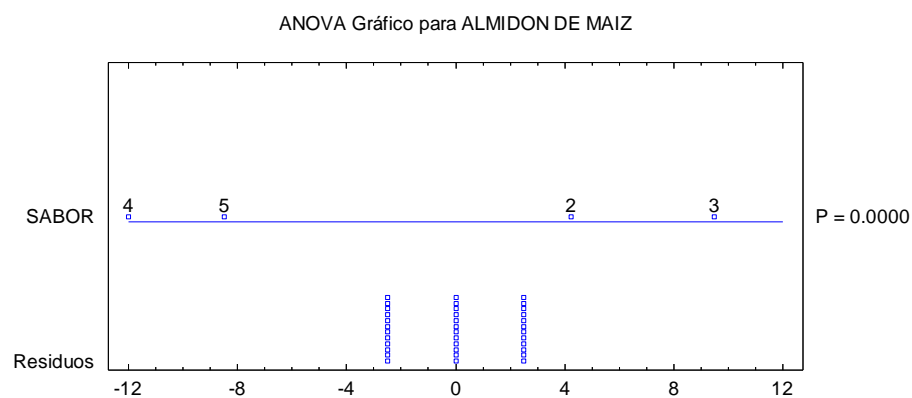
Anexo 31. ANOVA para ALMIDON DE MAIZ por SABOR

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	242.0	3	80.6667	17.21	0.0000
Intra grupos	150.0	32	4.6875		
Total (Corr.)	392.0	35			

Anexo 32. Prueba de Kruskal-Wallis para ALMIDON DE MAIZ por SABOR

<i>SABOR</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
2	4	24.5
3	20	24.5
4	8	6.5
5	4	6.5

Estadístico = 26.25 Valor-P = 0.00000845431

Anexo 33. Gráfico de ALMIDON de MAIZ atributo SABOR

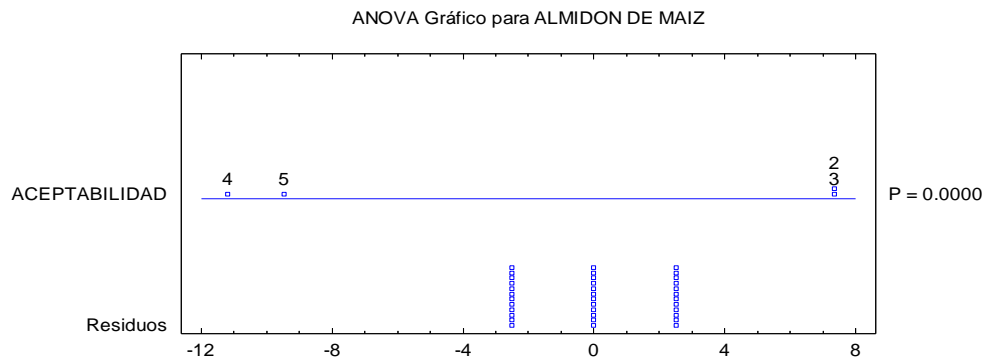
Anexo 34. ANOVA para ALMIDON DE MAIZ por ACEPTABILIDAD

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	242.0	3	80.6667	17.21	0.0000
Intra grupos	150.0	32	4.6875		
Total (Corr.)	392.0	35			

Anexo 35. Prueba de Kruskal-Wallis para ALMIDON DE MAIZ por ACEPTABILIDAD

ACEPTABILIDAD	Tamaño Muestra	Rango Promedio
2	12	24.5
3	12	24.5
4	7	6.5
5	5	6.5

Estadístico = 26.25 Valor-P = 0.0000084543146

Anexo 36. Gráfico de almidón de maíz atributo Aceptabilidad

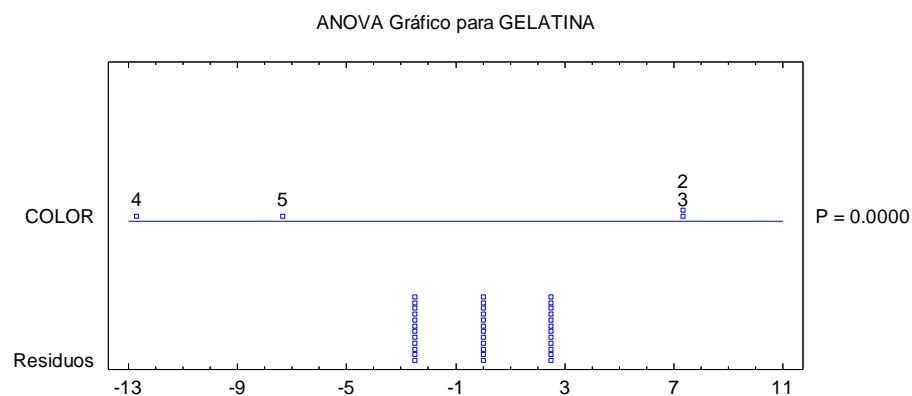
Anexo 37. ANOVA para GELATINA por COLOR

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	242.0	3	80.6667	17.21	0.0000
Intra grupos	150.0	32	4.6875		
Total (Corr.)	392.0	35			

Anexo 38. Prueba de Kruskal-Wallis para GELATINA por COLOR

COLOR	Tamaño Muestra	Rango Promedio
2	12	24.5
3	12	24.5
4	9	6.5
5	3	6.5

Estadístico = 26.25 Valor-P = 0.00000845431

Anexo 39. Gráfico de GELATINA atributo SABOR

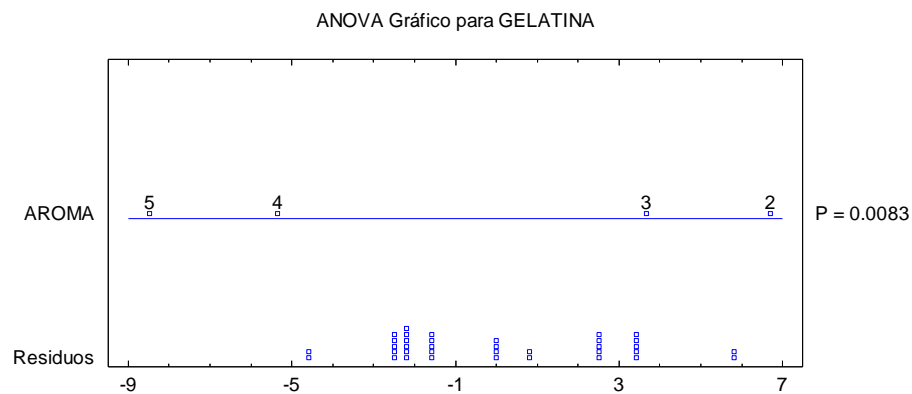
Anexo 40. ANOVA para GELATINA por AROMA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	118.983	3	39.6611	4.65	0.0083
Intra grupos	273.017	32	8.53177		
Total (Corr.)	392.0	35			

Anexo 41. Prueba de Kruskal-Wallis para GELATINA por AROMA

AROMA	Tamaño Muestra	Rango Promedio
2	10	24.5
3	12	21.5
4	10	13.7
5	4	6.5

Estadístico = 12.9062 Valor-P = 0.00484357

Anexo 42. Gráfico de GELATINA atributo AROMA

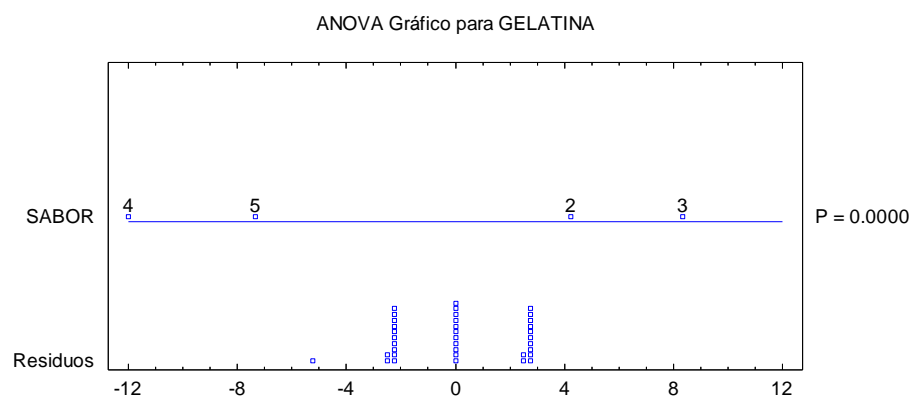
Anexo 43. ANOVA para GELATINA por SABOR

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	213.19	3	71.0635	12.72	0.0000
Intra grupos	178.81	32	5.5878		
Total (Corr.)	392.0	35			

Anexo 44. Prueba de Kruskal-Wallis para GELATINA por SABOR

SABOR	Tamaño Muestra	Rango Promedio
2	4	24.5
3	21	23.6429
4	8	6.5
5	3	6.5

Estadístico = 23.125 Valor-P = 0.0000380313

Anexo 45. Gráfico de GELATINA atributo SABOR

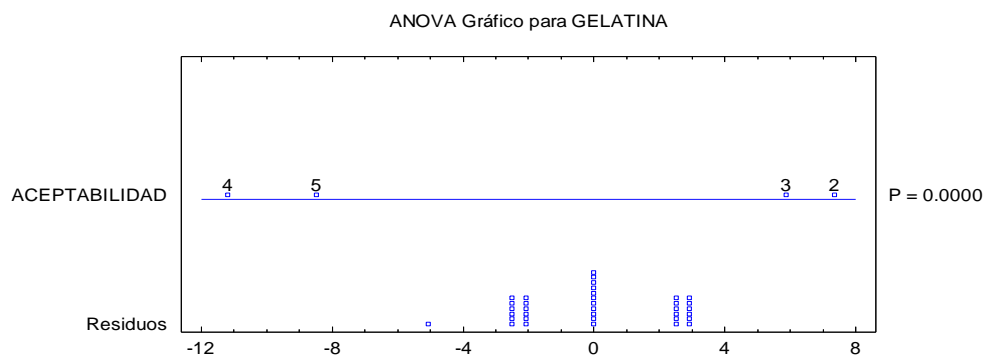
Anexo 46. ANOVA para GELATINA por ACEPTABILIDAD

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	214.077	3	71.359	12.83	0.0000
Intra grupos	177.923	32	5.5601		
Total (Corr.)	392.0	35			

Anexo 47. Prueba de Kruskal-Wallis para GELATINA por ACEPTABILIDAD

ACEPTABILIDAD	Tamaño Muestra	Rango Promedio
2	12	24.5
3	13	23.1154
4	7	6.5
5	4	6.5

Estadístico = 23.2212 Valor-P = 0.0000363157

Anexo 48. Gráfico de GELATINA atributo ACEPTABILIDAD

Galería de fotografías



Frutos de cocona Ecotipo I



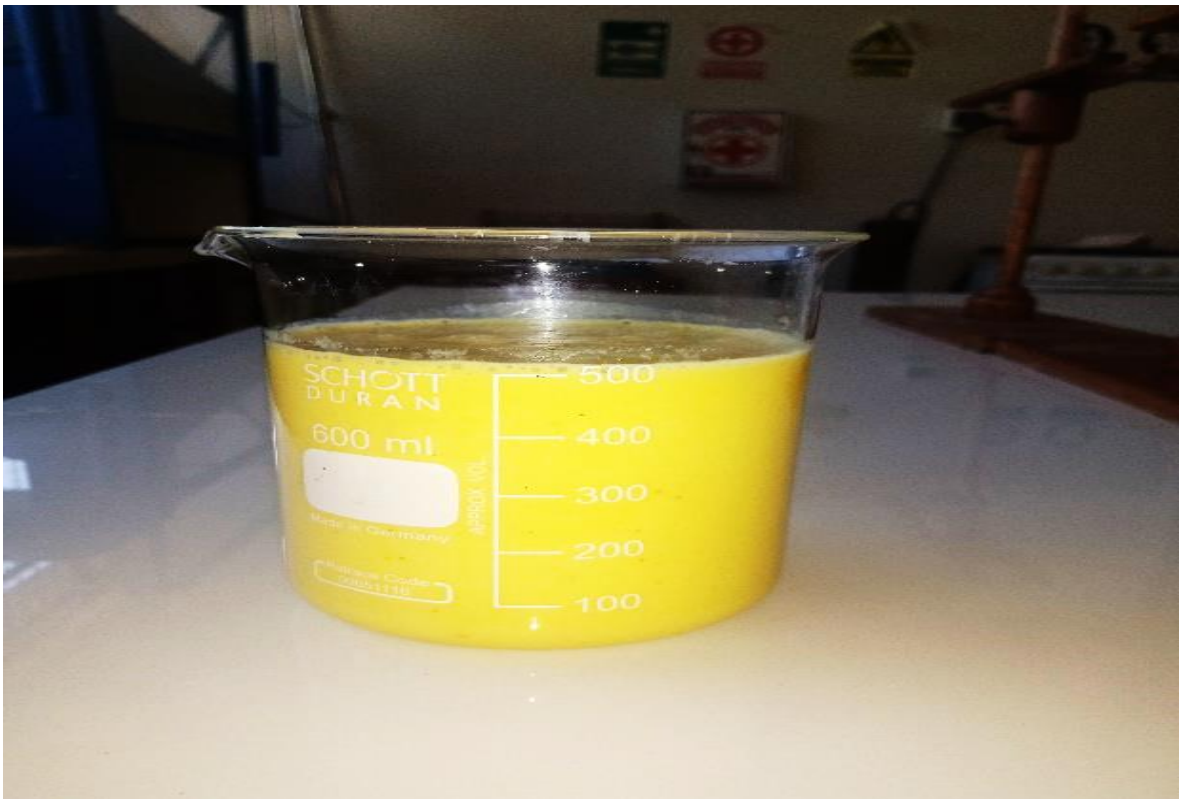
Selección manual de la cocona Ecotipo I



Lavado de la cocona Ecotipo I



Tratamiento térmico de la cocona Ecotipo I



Despulpado de la cocona Ecotipo I



Tamizado de la pulpa de cocona Ecotipo I



Microencapsulación de la pulpa de la cocona Ecotipo I



Homogenización de la pulpa micro encapsulada de cocona



Congelado de la pulpa de cocona encapsulado



Liofilizado de la pulpa congelada de cocona



Empacado de la cocona liofilizada



Almacenado del polvo de cocona liofilizado