



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO



FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA EN ALIMENTOS

CARRERA DE INGENIERIA EN ALIMENTOS

Tema: Obtención y caracterización de agua de coco (*Cocos nucifera*) en polvo mediante secado por aspersion utilizando coadyuvantes de secado.

Trabajo de Titulación, Modalidad: Proyecto de Investigación, previa a la obtención del Título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

AUTORA: Zoila Raquel Riofrio Cueva

TUTOR: Orestes Darío López Hernández Ph.D.

Ambato - Ecuador

Septiembre-2017

APROBACIÓN DEL TUTOR

Orestes Darío López Hernández

CERTIFICO:

Que el presente trabajo de trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 17 de julio de 2017



Ing. Orestes Darío López Hernández Ph.D.

C.I. 1754784884

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Zoila Raquel Riofrio Cueva, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas.



Zoila Raquel Riofrio Cueva


CI. 070635664-9

AUTORA

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:



Presidente de tribunal



Mg. Castillo Fernández Giovanna Victoria

C.I. 180389187-6



PHD. Guamán Bautista Linda Priscila

C.I. 010481184-9

Ambato, 05 de septiembre del 2017

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto de Investigación o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi proyecto, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Proyecto dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Zoila Raquel Riofrio Cueva

CI. 070635664-9

AUTORA

DEDICATORIA

El siguiente trabajo está dedicado a mi familia por su apoyo incondicional en el transcurso de toda mi vida, en cada triunfo y fracaso en mi carrera universitaria.

A la memoria de mi gran amigo Cristhian Sigcho, quien fue y será mi mayor admiración y ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme dado esta linda familia y permitirme conocer grandes personas que formaron parte en la culminación de una meta más de mi vida.

Agradezco a mis padres por su esfuerzo que han permitido que siga estudiando y por guiarme en el correcto camino gracias a sus consejos y valores que han hecho de mí una persona de bien.

A mis hermanos y prima Gissela Simancas que de alguna forma estuvieron ahí cuando más los necesitaba.

A Cristhian Sigcho quien fue una de las mejores personas que he conocido que además de ser mi amigo fue como mi familia, quien me enseñó a sonreír siempre a pesar de las dificultades, por tantos momentos que compartimos que estarán siempre en mi mente y mi corazón. Te quiero amigo.

A mi tutor Orestes López por el gran ser humano y profesional, por su paciencia, apoyo y enseñanza en el desarrollo de mi trabajo de tesis.

A mis amigos con quienes vivimos alegrías y tristezas durante toda nuestra carrera universitaria, por las amanecidas estudiando con el fin de conseguir cumplir nuestros sueños.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PÁGINAS PRELIMINARES

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	I
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	II
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO.....	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN EJECUTIVO.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
EL PROBLEMA.....	3
1.1. Tema de investigación.....	3
1.2. Justificación	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes investigativos	5
2.1.1. Secado por aspersión	6
2.1.2. Etapas del secado por aspersión	7
2.1.3. Parámetros de secado	9

2.1.4. Calorimetría diferencial de barrido (DSC)	10
2.2. Hipótesis	10
2.3. Señalamiento de las variables de hipótesis	11
2.3.1. Variable dependiente	11
2.3.2. Variable independiente.....	11
CAPÍTULO III	12
MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1. Materiales	12
3.1.1. Materia prima	12
3.1.2. Materiales de laboratorio.....	12
3.1.3. Equipos de laboratorio.	13
3.1.4. Reactivos	13
3.2. Métodos.....	14
3.2.1. Determinación de sólidos totales.....	14
3.2.2. Determinación de contenido de carbohidratos en el agua de coco pura y obtenida en el secado	14
3.2.3. Determinación de las concentraciones de coadyuvantes del secado por aspersion y las temperaturas de entrada y salida en el secador.....	15
3.2.4. Rendimiento	17
3.2.5. Evaluación sensorial y físico-química del producto.....	17
3.2.6. Balance de costos del producto	18
3.3. Diseño experimental	18
CAPÍTULO IV.....	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1. Análisis y discusión de los resultados.....	20

4.1.1.	Determinación del contenido de sólidos totales en agua de coco .	20
4.1.2.	Contenido de carbohidratos en el agua de coco pura.	20
4.1.3.	Determinación de las concentraciones de coadyuvantes del secado por aspersión y las temperaturas de entrada y salida en el secador.....	21
4.1.4.	Rendimiento del agua de coco secada por aspersión.....	27
4.1.5.	Evaluación sensorial y físico-química de producto.....	28
4.1.6.	Balance de costos del producto secado.....	32
4.2.	Verificación de hipótesis	33
CAPÍTULO V.....		35
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		35
5.1.	Conclusiones	35
5.2.	Recomendaciones	36
BIBLIOGRAFÍA		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Absorbancia del agua de coco pura.....	21
Tabla 2. Relación de temperaturas e índices determinados para el agua de coco	26
Tabla 3. Rendimientos del agua de coco en polvo	27
Tabla 4. Porcentaje de humedad del producto en polvo (agua de coco más maltodextrina)	29
Tabla 5. Absorbancias del agua de coco en polvo.....	31
Tabla 6. Balance de costos del agua de coco en polvo	32
Tabla 7. Análisis de varianza para el rendimiento del agua de coco en polvo...33	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del expendio de agua de coco	12
Figura 2. Curva de calibración de glucosa.	20
Figura 3. Termograma de la mezcla	22
Figura 4. Porcentaje de similitud y diferencia apreciado por los catadores	28
Figura 5. pH del agua de coco medido durante cinco semanas	30
Figura 6. Comparación de los rendimientos obtenidos para el agua de coco en polvo.	34

RESUMEN EJECUTIVO

El secado por aspersión es el método empleado en la industria alimentaria para la obtención de alimentos en polvo por la estabilidad que presentan los productos. El objetivo de esta investigación fue la obtención y caracterización del agua de coco (*Cocos nucifera*) en polvo mediante secado por aspersión utilizando coadyuvantes del secado. Las condiciones con las que se realizó el proceso fueron: temperatura de entrada 140 °C y temperatura de salida 80 °C. Las concentraciones de coadyuvantes del secado fueron: maltodextrina 82 % y almidón soluble 76 %. De acuerdo a las concentraciones se determinó el rendimiento de producto en polvo siendo 78,58 % con maltodextrina y 20,68 % almidón soluble. Se evaluó sensorialmente y físico-químicamente el tratamiento con el mejor rendimiento, los resultados presentaron un producto con contenido de humedad de 4,67 % y pH 4,7 estos dos valores son obtenidos después de cinco semanas, solubilidad 70,28 % y contenido de carbohidratos totales de 52,55 %. Las características presentadas identifican un producto más estable permitiendo prolongar su vida útil y que además podrá ser utilizado como producto final o intermedio para el uso en otros productos como bebidas para deportistas.

Palabras claves: agua de coco, secado por aspersión, alimentos en polvo, coadyuvantes del secado, maltodextrina y almidón soluble

ABSTRACT

Spray drying is the most widely used method in food industry because of the stability of products. The objective of this research was to obtain and characterize coconut water (*Cocos nucifera*) powder by spray drying using drying coadjuvants. The conditions in the process were: inlet temperature 140 °C and outlet temperature 80 °C. The concentrations of adjuvants for drying were established in: maltodextrin 82 % and soluble starch 76 %. According to the concentrations the yield of powdered product was determined being 78.58 % with maltodextrin and 20.68 % soluble starch. The treatment with the best yield was evaluated sensorially and physico-chemically, the results presented a product with a moisture content of 4.67 % and pH 4,7, these two values are obtained after five weeks, solubility 70.28 % and carbohydrate content totals of 52.55 %. The characteristics presented identify a product with useful life and that can also be used as a final or intermediate product for use in other products such as sports drinks.

Key words: coconut water, spray drying, powdered foods, drying aids, maltodextrin and starch solubl

INTRODUCCIÓN

El agua de coco es una solución isotónica natural que contiene electrólitos entre ellos sodio, potasio, cloro y fósforo **(Adams y Bratt, 1992)**. Los componentes principales son los azúcares con 1,4 y 5 % según la variedad del coco y el grado de madurez de la nuez. El agua de coco también contiene pequeñas cantidades de proteínas 0,7 %, grasas 0,2 % y vitaminas A, B₁, B₂, B₅ y C **(Rolle, 2007)**.

El agua de coco se trata de un producto biológicamente puro, refrescante y rehidratante, por sus características nutricionales se vuelve un competidor potencial de las bebidas energéticas para deportistas **(Rodny, 2010)**.

Esta bebida almacenada dentro del coco es estéril, pero una vez extraído de su recipiente de almacenamiento natural, esta esterilidad se pierde y a su vez por el contacto con el aire, comienza a fermentarse por la oxidación de pequeñas cantidades de grasa que contiene el líquido afectando a casi todas sus propiedades organolépticas y nutritivas **(Rodny, 2010 y Rolle, 2017)**.

La **Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2007** anuncio la tecnología de conservación del agua de coco mediante su embotellamiento, la misma que podrá almacenarse aproximadamente por 10 días, sin embargo, por este método es esencial mantener el agua de coco a una temperatura de 0 ° a 4 °C durante el transporte, cualquier cambio de temperatura afectaría su calidad y su duración. Por lo que en esta investigación se realizará mediante el secado por aspersión para obtener agua de coco en polvo siendo ideal para la protección de sus componentes naturales por factores como calor y humedad, permitiendo mantener su estabilidad **(Parra, 2010)**.

El secado por aspersión es el método más empleado para la conservación de las características originales del producto y para la transformación de líquidos y pulpas en polvo, ya que es un método ideal para trabajar con alimentos sensibles

al calor debido a que llegan a estar en contacto por un corto tiempo a altas temperaturas eliminando gran parte de agua del alimento impidiendo cualquier actividad microbiana o enzimática que ocasione su degradación o desnaturalización (**Botero, 2015; Mondragón et al., 2013; Wisniewski, 2015**).

Tomando en cuenta todas las características y beneficios que ofrece este procesamiento para la conservación del agua de coco, la presente investigación tiene como objetivo la obtención y caracterización de agua de coco (*cocos nucifera*) en polvo mediante secado por aspersion utilizando coadyuvantes del secado, para la conservación de las características originales, mayor duración y para una mejor facilidad de transporte del producto.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Tema de investigación

Obtención y caracterización de agua de coco (*cocos nucifera*) en polvo mediante secado por aspersión utilizando coadyuvantes del secado.

1.2. Justificación

En la actualidad la búsqueda por obtener alimentos saludables es primordial, principalmente si se conservan sus componentes nutricionales y además son de fácil movilización, siendo estos requisitos los más requeridos por la sociedad vigente.

El agua de coco es un recurso natural de gran fuente de azúcares, contiene pequeñas cantidades de lípidos, proteínas, vitaminas y minerales, sin embargo, después de cierto tiempo, en contacto con el aire se fermenta debido a la oxidación de los lípidos afectado su valor nutricional (**Rolle, 2007**), por lo tanto, es importante realizar un procesamiento que permita conservar este producto.

Por esta razón se empleará el secado por aspersión por ser un método no destructivo, permitiendo preservar los componentes naturales, presentes en el producto original (**López y Martínez, 2010**), ya que durante el proceso el disolvente se evapora de forma inmediata sin causar daño, además, puede ser utilizado con materiales sensibles al calor sin afectar su estructura y al final del proceso obtener un producto intermedio o final con gran estabilidad (**Alonso, 2011**).

Este método involucra transferencia de calor y masa, ocasionando transformaciones físicas en el producto, reduce el deterioro químico y reacciones

bioquímicas (Orna, 2012), lo que posibilitará un aumento de la vida útil del producto.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Obtener y caracterizar agua de coco (*Cocos nucifera*) en polvo mediante secado por aspersion utilizando coadyuvantes del secado.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las temperaturas de entrada y salida en el proceso de secado.
- Determinar el mejor rendimiento del agua de coco en polvo en base a las concentraciones de maltodextrina y almidón soluble empleadas en el secado.
- Caracterizar sensorial y físico – químicamente el agua de coco en polvo obtenida en el proceso de secado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos

El agua de coco desde hace algunos años ha venido siendo una bebida de gran interés científico dadas sus cualidades nutricionales. Durante la época de la segunda Guerra Mundial, se publicaron varios estudios resaltando el valor biológico, su uso médico para la nutrición de niños y la posibilidad de administración por vía oral o intravenosa, para efectuar la rehidratación, demostrando que no causa alergia o daño alguno a la salud **(Pérez y Aragón, 2011)**.

Estudios ejecutados sobre las propiedades del agua de coco han demostrado que las citoquininas presentes entre sus componentes, tienen grandes propiedades antioxidantes y antitrombóticas. Así mismo, se ha indicado que tiene propiedades antivirales, antibacterianas y antiinflamatorias **(Fernández, 2010)**.

Una de las primeras marcas en comercializar mundialmente agua de coco en polvo es BULK POWDERS, el producto se caracteriza por tener un suave y agradable sabor similar al agua de coco natural.

Elaborada a partir de agua de coco fresca, la cual se seca mediante pulverización para finalmente obtener un polvo fino. Como resultado, el agua de coco BULK POWDERS es una mezcla de gran fuente de electrolitos, como potasio, magnesio, además de contener vitamina C y hierro **(BULK POWDERS, 2016)**.

En Ecuador la marca MYPROTEIN también oferta al mercado agua de coco en polvo obtenida de igual manera por pulverización, menciona que contribuye a la función muscular normal y ayuda a reponer las sales minerales perdidas durante el ejercicio, siendo ideal para aquellos que les gusta el deporte y que

consecuentemente, se deshidratan. Además, debido alto contenido en potasio puede ser utilizado como un aditivo o ingrediente para añadir en batidos **(MYPROTEIN, 2016)**.

Tomando en cuenta que en ambas marcas realizan el proceso de obtención de agua de coco en polvo por pulverización, en esta investigación realizará el mismo método, para evaluar la concentración de maltodextrina y almidón soluble que permita conservar las características del producto.

2.1.1. Secado por aspersion

El secado por aspersion es el método más utilizado en la industria de alimentos debido a su bajo costo y disponibilidad **(Gharsallaoui et al., 2007)**. Este método sería el idóneo para la obtención de agua de coco en polvo, ya que permite preservar los componentes naturales en este producto **(López et al., 2006)**. Al disminuir el contenido y actividad de agua asegura la estabilidad del producto, evita el riesgo de degradación química y biológica, también reduce los costos de transporte y almacenamiento, lo más importante permite obtener un producto con solubilidad instantánea **(Esquivel – González et al., 2015)**.

2.1.1.1. Factores a considerar en el proceso de secado por aspersion

Antes de iniciar el proceso de secado por aspersion, es importante considerar que la muestra a secar sea estable en un periodo de tiempo. La viscosidad de la muestra deberá ser baja para evitar la inclusión de aire en las partículas durante el proceso de secado **(Gharshaloui et al, 2007)**.

Las propiedades físicas que presente el polvo se verán afectadas según el contenido de sólidos totales y viscosidad de la muestra, el tipo de secador, el coadyuvante del secado, el volumen de muestra a secar y las temperaturas de entrada y salida del secador **(Gómez - Cruz y Jiménez – Munguía, 2014)**.

2.1.1.2. Contenido de sólidos totales

Según el contenido de sólidos totales y la viscosidad dependerá la capacidad de bombeo de la muestra hacia el atomizador afectando la velocidad de secado **(Gómez - Cruz y Jiménez – Munguía, 2014)**.

La cantidad total de sólidos y la viscosidad puede variar dependiendo del coadyuvante del secado agregado a la solución.

2.1.1.3. Coadyuvantes del secado

La presencia de compuestos como azúcares en pulpas y extractos, evita que estos productos puedan ser secados por aspersion sin que estos se adhieran a las paredes internas del equipo, produciendo un bajo rendimiento en la recuperación del producto **(Bhandari et al., 1997)**.

Es por esta razón que se empleará maltodextrina y almidón soluble como coadyuvantes del secado por su alto peso molecular y porque al ser añadidos en líquidos o pulpas de frutas aumenta la temperatura de transición vítrea (Tg), reduciendo la adherencia y mejorando la estabilidad del producto **(Sablani et al., 2008)**. Además se usarán estos aditivos porque no presentan sabores residuales en el producto, aumentan la retención de los compuestos volátiles y por su bajo costo **(Osorio et al., 2011; Villacrez, 2012 y Villada, 2016)**.

2.1.2. Etapas del secado por aspersion

En el proceso de secado por aspersion se pueden distinguir las siguientes etapas:

2.1.2.1. Atomización

La atomización se lleva a cabo por presión o energía centrífuga. En esta etapa se crea un área de transferencia de calor entre el aire seco y el líquido para optimizar la transferencia de masa y calor.

El tamaño de las partículas resultantes aumenta mientras incrementa la velocidad de alimentación, viscosidad y cuando la tensión superficial del líquido al inicio es grande **(Gharsallaoui et al., 2007)**.

2.1.2.2. Contacto de gota-aire caliente

El contacto de gota-aire caliente se lleva a cabo en la etapa de atomización y se inicia en la etapa de secado. En corriente paralela el producto líquido es asperjado en igual dirección que el flujo de aire caliente, en la cual la temperatura de entrada puede oscilar entre 150 – 220 °C y de salida de 50 – 80 °C en estas condiciones la evaporación se realiza rápidamente **(Esquivel-González et al., 2015)**.

2.1.2.3. Evaporación de agua

En el proceso de evaporación de agua del producto se distinguen dos periodos:

- Periodo de velocidad constante: se inicia cuando el agua libre empieza a evaporarse, la superficie de la gota se solidifica, porque los solutos y sólidos suspendidos del líquido forman una capa sobre la superficie de la partícula a través de la cual se difunde el agua del interior para salir.
- Periodo de velocidad decreciente: mediante se solidifica la partícula se hace más gruesa, desarrollándose resistencia a la difusión del agua a la superficie, la velocidad de deshidratación disminuye, dependiendo en gran

medida de la velocidad de transferencia de masa, temperatura de la partícula aumenta y el líquido atrapado en el interior de la partícula se vaporiza generando presión, lo que finalmente rompe la capa dura, liberando el vapor (**Baker, 1997**).

2.1.2.4. Separación del producto seco y aire húmedo

Esta etapa se realiza por medio de un separador de ciclón ubicado en el exterior de la cámara de secado, por otro lado, los compuestos volátiles que pudieran presentarse son eliminados por filtros integrados en el aspersor (**Gharsallaoui et al., 2007**).

2.1.3. Parámetros de secado

Según **Medina-Torres et al. (2013)** los principales parámetros a controlar para optimizar el proceso de secado son los siguientes:

2.1.3.1. Temperatura de alimentación

La temperatura de alimentación ocasiona que la viscosidad de la muestra se modifique así como su capacidad de ser homogéneamente asperjada. El aumento de la temperatura de alimentación puede ocasionar volatilización o degradación de compuestos sensibles al calor.

2.1.3.2. Temperatura de entrada

La temperatura de entrada es directamente proporcional a la temperatura interna del producto, se establece por la temperatura que no ocasione daño térmico al producto o altere la operación (velocidad de evaporación). De la misma manera

la velocidad de secado es directamente proporcional a la temperatura de entrada del producto y a la humedad final deseada.

2.1.3.3. Temperatura de salida

La temperatura de salida del proceso es un parámetro que debe ser controlado, además depende de la temperatura de entrada y la velocidad de flujo, la cual varía entre 50 a 80 °C en función del tipo de producto a secar.

2.1.4. Calorimetría diferencial de barrido (DSC)

La calorimetría diferencial de barrido, es una técnica dinámica-térmica empleada para medir las temperaturas y flujos asociados al intercambio de materia como cristalización, fusión y evaporación. Esta técnica permite determinar la temperatura de transición vítrea y pico de cristalización en un intervalo de temperaturas observados al inicio y final del pico de cristalización (**Jiménez y Beltrán, 2003**).

2.2. Hipótesis

Influencia de la concentración de los coadyuvantes de secado maltodextrina y almidón soluble sobre el rendimiento del agua de coco en polvo mediante secado por aspersión.

Hipótesis nula (H_0): La concentración de los coadyuvantes de secado maltodextrina y almidón soluble respectivamente no alteran el rendimiento del agua de coco en polvo mediante secado por aspersión.

Hipótesis alternativa (H_a): la concentración de los coadyuvantes de secado maltodextrina y almidón respectivamente alteran el rendimiento del agua de coco en polvo mediante secado por aspersión.

2.3. Señalamiento de las variables de hipótesis

2.3.1. Variable dependiente

- Rendimiento (%) del agua de coco en polvo

2.3.2. Variable independiente

- Concentración (mg/l) de coadyuvantes de secado maltodextrina y almidón soluble respectivamente.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Materia prima

La materia prima recolectada es originaria de la provincia de Manabí, la misma que se expende en la avenida Atahualpa y Rio Guayllabamba, en la ciudad de Ambato de la provincia de Tungurahua.

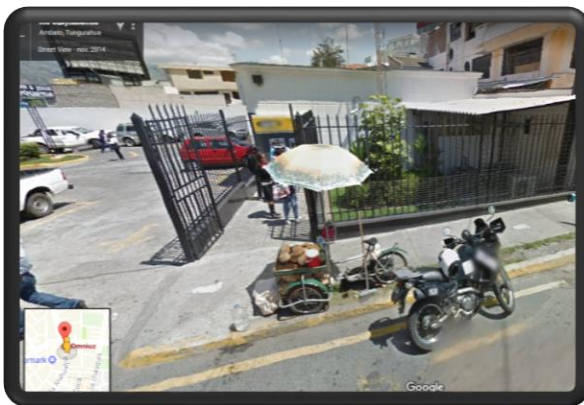


Figura 1. Localización del expendio de agua de coco

3.1.2. Materiales de laboratorio.

- Espátula de acero inoxidable.
- Vaso para precipitado de 250 ml.
- Vasos para precipitado de 25 ml.
- Matraz de un solo trazo de 100 ml con tapa esmerilada.
- Tubos de ensayo con tapa de rosca (15 cm).
- Pipetas técnicas de un solo trazo de 5 ml
- Micropipeta 1000 μ l.

- Puntas de micropipeta de 20 – 200 y 1000 μl .
- Papel de filtro.
- Cubeta de cuarzo de 1 cm de paso óptico.
- Piseta.
- Cajas Petri desechables.
- Tubos falcon

3.1.3. Equipos de laboratorio.

- Balanza Infrarroja.
- Balanza analítica con precisión de 0,0001 g
- Vórtex.
- Espectrofotómetro UV- visible
- Plancha de agitación
- Spray dryer
- Estufa.
- Campana de gases.
- pH-metro
- Centrifuga

3.1.4. Reactivos

- Maltodextrina.
- Almidón soluble
- Glucosa anhidra. (p.a).
- Ácido sulfúrico concentrado 95-98 % (p.a).
- Solución de fenol al 5 % (p/p).

3.2. Métodos

3.2.1. Determinación de sólidos totales

La determinación de sólidos totales de la muestra de agua de coco se realizó mediante la desecación de la muestra en la balanza infrarroja (Kern MLS 50), para ello se colocó 5 ml de agua de coco y la lectura se efectuó una vez la balanza término la medición (**AOAC 925.10, 1990**).

Según la humedad registrada se determinó la cantidad de sólidos totales de la muestra mediante la ecuación:

$$\%ST = 100 - \%H \quad \text{Ec. 1}$$

3.2.2. Determinación de contenido de carbohidratos en el agua de coco pura y obtenida en el secado

Se determinó el contenido de carbohidratos totales en el agua de coco pura mediante el método del fenol-sulfúrico (**Dubois et al., 1956**). Para el método se elaboró una curva de calibración de glucosa como estándar, para lo cual se preparó una solución de glucosa al 1% (p/v), a partir de esta solución se realizaron diluciones al 0,02 mg/l, 0,04 mg/l, 0,06 mg/l, 0,08 mg/l y 0,1 mg/l, luego se tomó 0,5 ml de cada solución y se colocó en tubos de ensayo con tapa rosca se les añadió 0,5 ml de solución de fenol al 5 % y 2,5 ml de ácido sulfúrico concentrado al 98 %, se agitaron durante un minuto en un vórtex (Mixer, Reino Unido), se dejó reaccionar por unos segundos y se midió la absorbancia a 490 nm en un espectrofotómetro UV-visible (Hach, U.S.A), una vez obtenidos los datos se elaboró la curva de calibración.

Con las muestras de agua de coco pura y en polvo, se realizó una dilución al 1 % (p/v), en el agua de coco pura se obtuvieron diluciones de 5 mg/l, 10 mg/l y 15 mg/l, mientras que en la muestra en polvo se realizaron diluciones al 0,10 mg/l,

0,25 mg/l y 0,50 mg/l, después se efectuó el mismo procedimiento realizado para la curva de calibración de glucosa, con los resultados obtenidos se calculó el contenido de carbohidratos totales por cada 100 g.

3.2.3. Determinación de las concentraciones de coadyuvantes del secado por aspersión y las temperaturas de entrada y salida en el secador.

La determinación de las concentraciones de coadyuvantes del secado por aspersión y las temperaturas de entrada y salida del secador, se realizó en base al contenido de sólidos totales y carbohidratos del agua de coco, según la metodología empleada por **López y Martínez (2010)**.

- **Determinación de la temperatura de transición vítrea del producto (Tg₁).**

Consecutivamente se determinó la temperatura de transición vítrea de la mezcla, por calorimetría diferencial de barrido DSC en un calorímetro (Mettler Toledo, Switzerland) efectuando el barrido a una velocidad de 10 °C/min en un intervalo de 40 -140 °C.

Con los resultados obtenidos por DSC, se calculó la temperatura de transición vítrea (Tg₁), mediante el despeje de la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{Tg} = \frac{w_1}{Tg_1} + \frac{w_2}{Tg_2} \quad \text{Ec. 2}$$

Dónde: Tg se refiere a la Tg mezcla determinada en el DSC, Tg₁ al agua de coco que se calculará y Tg₂ a la maltodextrina y almidón soluble utilizados como aditivo o coadyuvante del secado, w₁ y w₂ es la fracción en peso del agua de coco pura y del coadyuvante del secado respectivamente.

- **Determinación del índice individual de secado de la muestra.**

El índice individual de secado se calculó mediante el despeje de la siguiente ecuación:

$$Y = \sum_{i=1}^n a_i x_i \quad \text{Ec. 3}$$

En donde, a_i : corresponde al índice individual de secado de cada componente (sustrato y coadyuvante), siendo para el coadyuvante de secado maltodextrina de a_i : 1.60 y almidón soluble de a_i : 2.08, x_i : corresponde a la fracción en peso de cada componente, Y : el índice total de secado. Considerando cuando $Y=1$ indica posibilidad de secar y si $Y > 1,3$ perfectamente posible de secar.

$$Y = (a_{agua\ coco} * x_{agua\ coco}) + (a_{aditivo} * x_{aditivo}) \quad \text{Ec. 4}$$

Con el valor del índice individual de secado se determinó la nueva concentración del aditivo para un secado exitoso.

$$x_{aditivo} = \frac{Y - (a_{agua\ coco} * x_{agua\ coco})}{a_{aditivo}} \quad \text{Ec. 5}$$

Con la nueva concentración del aditivo $x_{aditivo} = w_2$ se recalculó la Tg de la nueva mezcla en la ecuación **Ec.2**.

A partir de la Tg de la nueva mezcla se calculó la temperatura de apelmazamiento de la mezcla según la ecuación:

$$T_A = T_g + 20\text{ }^\circ\text{C} \quad \text{Ec. 6}$$

Se seleccionó la temperatura de salida en el secador (T_s), considerando que $T_s < T_A$. De igual manera se determinó la temperatura de entrada en el secador (T_e), mediante el diagrama Psicrométrico (es una gráfica de las propiedades correlacionadas de temperatura y humedad) para el sistema aire vapor de agua,

teniendo en cuenta la temperatura de salida en el secador y la humedad deseada del producto final.

3.2.4. Rendimiento

Se evaluó el rendimiento del producto obtenido en relación a la cantidad de sólidos totales, carbohidratos en el agua de coco y la masa de polvo obtenida.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{masa de polvo obtenido (g)}}{\text{masa de sólidos en la alimentación (g)}} * 100 \quad \text{Ec. 7}$$

3.2.5. Evaluación sensorial y físico-química del producto.

3.2.5.1. Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó mediante pruebas de igualdad o diferencia triangular adaptada por **O' Mahony y Rousseau (2002)**. Se empleó la tabla 1 descrita en el anexo 1.

3.2.5.2. Caracterización físico-química

3.2.5.2.1. Humedad

La humedad se evaluó tomando 3 g de la muestra de agua de coco en polvo secada por aspersión y colocándola en una balanza infrarroja (Kern MLS 50-3), mediante lectura directa. Las mediciones se realizaron a las 0, 1, 2, 3 y 5 semanas, cada medición se realizó por triplicado (**AOAC 925.10, 1990**).

3.2.5.2.2. pH

El pH se evaluó disolviendo 25 g del agua de coco en polvo en 100 ml de agua destilada, la solución se midió en un pH-metro portátil (Meter), mediante lectura directa se obtuvo el resultado del pH de la muestra, cada medición se realizó por triplicado (**NTE INEN 2 304, 2008**).

3.2.5.2.3. Solubilidad

La solubilidad se determinó mediante el método de Eastman y Moore (**Cano et al., 2005**). Se colocó 50 ml de agua destilada en un tubo de centrifuga falcón se adicionó 0,5 g de agua de coco en polvo se homogeneizó en un vórtex (Mixer, Reino Unido) por un minuto, la solución se colocó en una centrifuga (Hettich EBA 12) a 3000 rpm por 5 min. Se tomó 12,5 ml del sobrenadante y se transfirió en una caja petri anteriormente pesadas y se secó en estufa (Memmert) a 105 °C durante 5 h. se calculó el porcentaje de solubilidad mediante la siguiente ecuación:

$$\%S = 100 \frac{\text{peso sólidos en el sobrenadante} * 4}{\text{peso de la muestra}} \quad \text{Ec. 8}$$

3.2.6. Balance de costos del producto

Se determinó el balance de costos en base a la cantidad de muestra, coadyuvantes de secado y rendimiento obtenido en el secado del agua de coco.

3.3. Diseño experimental

Empleando el software Statgraphics Centurion XVI.I, se realizó el análisis estadístico de prueba de rangos múltiples de Duncan para evaluar el rendimiento según las concentraciones de los coadyuvantes de secado maltodextrina y

almidón soluble en el secado del agua de coco. Los tratamientos se realizaron por triplicado y se evaluaron mediante análisis de varianza ($p < 0,05$).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis y discusión de los resultados

4.1.1. Determinación del contenido de sólidos totales en agua de coco

El contenido de sólidos totales del agua de coco se realizó por triplicado, el resultado promedio fue de 6,09 % \pm 0,2 por cada 100 ml de agua de coco este valor se corrobora con lo mencionado por **Flores, 2001** que se encuentra entre 4 a 6 %. Este resultado que se utilizó para determinar la concentración de coadyuvante de secado (maltodextrina y almidón soluble de papa) al ser añadida al agua de coco.

4.1.2. Contenido de carbohidratos en el agua de coco pura.

El contenido de carbohidratos en el agua de coco pura fue determinado mediante el método del fenol-sulfúrico, para el cual se realizó una curva de calibración de glucosa como estándar obteniendo la siguiente curva:

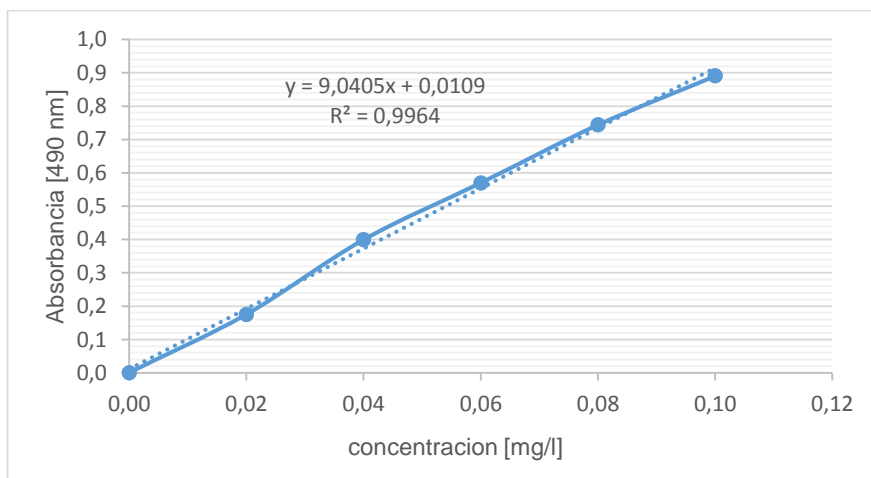


Figura 2. Curva de calibración de glucosa.

Se midió la absorbancia de las soluciones a 490 nm, las mediciones se realizaron por duplicado a concentraciones de 5, 10 y 15 mg/l en la tabla 1 se puede observar un promedio de las absorbancias obtenidas.

Tabla 1. Absorbancia del agua de coco pura

Concentración [mg/l]	Absorbancia (490 nm)
5	0,156 ± 0,012
10	0,326 ± 0,018
15	0,464 ± 0,015

Mediante la ecuación de la curva de calibración de la glucosa se calculó el contenido de carbohidratos en el agua de coco pura:

$$Y = 9,0405x + 0,0109 \quad \text{Ec. 9}$$

$$Abs = 9,0405 (\text{concentración}) + 0,0109$$

De acuerdo a los resultados de la absorbancia, el valor que se encontró dentro de la curva de calibración de la glucosa a la concentración de 10 mg/l fue de 0,326 ± 0,018, con lo cual se calculó un contenido de carbohidratos de 3,49 %. Este resultado se corrobora con **Ovalles et al., 2002** que obtuvo 4,1 % de carbohidratos y con **Infoagro, 2008** que registró un valor de 3,7 %.

El valor determinado de carbohidratos en el agua de coco se consideró en relación a los sólidos totales, para el cálculo de la concentración de coadyuvante de secado.

4.1.3. Determinación de las concentraciones de coadyuvantes del secado por aspersión y las temperaturas de entrada y salida en el secador.

Las concentraciones de coadyuvantes de secado (maltodextrina y almidón soluble de papa) se calcularon según el contenido de sólidos totales de 6.09 g y contenido de carbohidratos totales de 3,49 % en el agua de coco por cada 100 g.

En la figura 3 se presenta el termograma de la mezcla obtenido por DSC

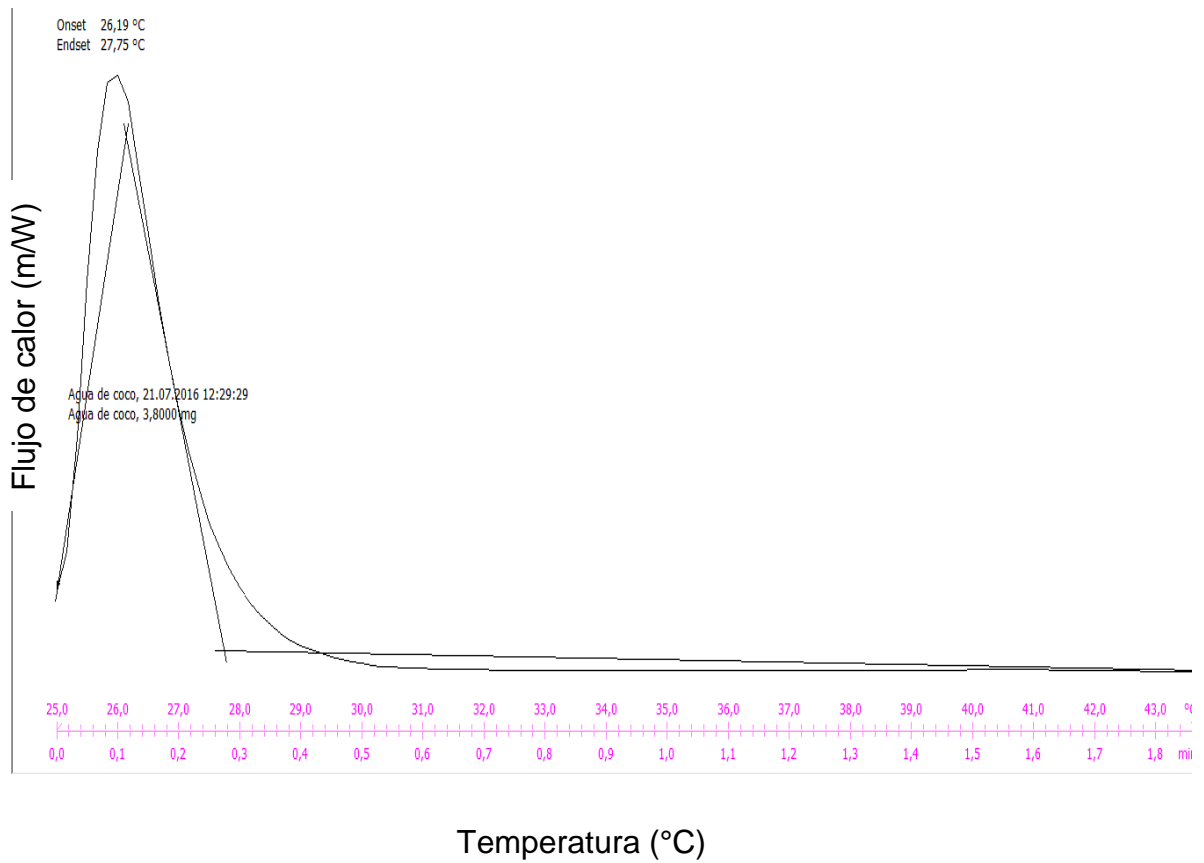


Figura 3. Termograma de la mezcla

Como se observa que la temperatura de transición vítrea (T_g) de la mezcla fue de 26,48 °C iniciando con 26,19 °C y finalizando en 27,75 °C. La temperatura de transición vítrea registrada por el DSC es muy baja por lo tanto es necesario el uso de coadyuvantes ya que presentan temperaturas de transición vítrea altas que garantizan las condiciones de secado.

A continuación, se registran los cálculos para un secado exitoso al añadir coadyuvantes de secado considerando que la fracción en peso w_1 del agua de coco pura fue de 0,57 y w_2 del coadyuvante 0,43

Cálculo de la concentración de Maltodextrina y temperaturas en el secador

- **Cálculo de la temperatura de transición vítrea del producto (Tg_1).**

El índice individual de secado de la maltodextrina es 1,6 con temperatura de transición vítrea de 160 °C (López y Martínez, 2010). Ec.2

$$\frac{1}{Tg} = \frac{w_1}{Tg_1} + \frac{w_2}{Tg_2}$$

$$\frac{1}{26,48^\circ C} = \frac{0,57}{Tg_1} + \frac{0,43}{160}$$

$$Tg_1 = 16.25^\circ C$$

- **Cálculo del índice individual de secado de la muestra**

Considerando cuando $Y=1$ indica posibilidad de secar Ec. 4

$$Y = (a_{agua\ coco} * x_{agua\ coco}) + (a_{aditivo} * x_{aditivo})$$

$$1 = (a_{agua\ coco} * 0,57) + (1,6 * 0,43)$$

$$a_{agua\ de\ coco} = 0,55$$

- **Cálculo de la nueva concentración del aditivo**

Considerando $Y= 1,3$ para un secado exitoso. Ec.5.

$$x_{aditivo} = \frac{1,3 - (0,55 * 0,57)}{1,6}$$

$$x_{aditivo} = \frac{1,3 - (0,55 * 0,57)}{1,6}$$

$$x_{aditivo} = 0,62$$

- **Cálculo de Tg de la nueva mezcla**

$$\frac{1}{Tg} = \frac{0,11}{10,99^{\circ}C} + \frac{0,89}{160^{\circ}C}$$

$$Tg = 64,21^{\circ}C$$

Según las fracciones en peso determinadas y la cantidad de carbohidratos en relación a los sólidos totales en el agua de coco se calculó la cantidad de maltodextrina a añadir de 28,2 g

- **Cálculo de la temperatura de apelmazamiento de la mezcla según la ecuación 6.**

$$T_A = Tg + 20^{\circ}C$$

$$T_A = 64,21^{\circ}C + 20^{\circ}C$$

$$T_A = 84,21^{\circ}C$$

Cálculo de la concentración de almidón soluble y temperaturas en el secador

- **Cálculo de la temperatura de transición vítrea del producto (Tg₁).**

El índice individual de secado del almidón soluble es 2,08 con temperatura de transición vítrea de 243 °C (López y Martínez, 2010). Ec.2

$$\frac{1}{26,48^{\circ}C} = \frac{0,57}{Tg_1} + \frac{0,43}{243}$$

$$Tg_1 = 15,83^{\circ}C$$

- **Cálculo del índice individual de secado de la muestra**

Considerando cuando Y=1 indica posibilidad de secar Ec. 4

$$1 = (\alpha_{agua\ coco} * 0,57) + (2,08 * 0,43)$$

$$a_{\text{agua de coco}} = 0,19$$

- **Cálculo de la nueva concentración del aditivo**

Considerando $Y = 1,3$ para un secado exitoso. Ec.5.

$$x_{\text{aditivo}} = \frac{1,3 - (0,19 * 0,57)}{2,08}$$

$$x_{\text{aditivo}} = 0,57$$

- **Cálculo de Tg de la nueva mezcla**

$$\frac{1}{Tg} = \frac{0,15}{12,14\text{ }^{\circ}\text{C}} + \frac{0,85}{243\text{ }^{\circ}\text{C}}$$

$$Tg = 63,07\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Según las fracciones en peso determinadas y la cantidad de carbohidratos en relación a los sólitos totales en el agua de coco se calculó la cantidad de almidón soluble a añadir de 19,74 g

- **Cálculo de la temperatura de apelmazamiento de la mezcla según la ecuación 6**

$$T_A = Tg + 20\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_A = 63,07\text{ }^{\circ}\text{C} + 20\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_A = 83,07\text{ }^{\circ}\text{C}$$

- **Determinación de la temperatura de entrada y salida en el secado para ambos coadyuvantes del secado**

Se seleccionó la temperatura de salida en el secador (T_s) de $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, considerando que $T_s < T_A$ y la temperatura de entrada en el secador (T_e) de $140\text{ }^{\circ}\text{C}$, se determinó mediante el diagrama Psicrométrico con una humedad deseada

aproximada del 6 % en el producto. En la tabla 2 se presenta el resumen de los valores calculados.

Tabla 2. Relación de temperaturas e índices determinados para el agua de coco

Material a secar	Tg °C (DSC)	Coadyuvante	Tg °C de la mezcla	Ta °C de la mezcla	ai	Te °C	Ts °C
Agua de coco	26,48	Maltodextrina DE10	64,21	84,21	0,51	140	80
		Almidón soluble de papa	63,07	83,07	0,19	140	80

Tg: temperatura de transición vítrea, Ta: temperatura de apelmazamiento, Te: temperatura de entrada y Ts: temperatura de salida del secador, ai: índice individual de secado.

Como se puede observar en la tabla 2 las temperaturas de transición vítrea de las mezclas calculadas fueron de 64,21 °C y 63,08 °C respectivamente, al añadir los coadyuvantes de secado por lo cual son idóneas para el secado ya que se calculó para un índice total de secado aproximado de $Y=1,3$.

Shiga et al. (2004), afirma que, la temperatura de entrada en el secador debe ser alta para que permita la formación de una membrana semipermeable, pero no mayores a 210 °C que pueda causar daño térmico al producto, consecuentemente la temperatura de entrada seleccionada para la mezcla con ambos coadyuvantes fue de 140 °C ideal para el secado.

Como se observa en la tabla 2 la temperatura de salida se calculó por debajo de la Ta, lo que evita el apelmazamiento de la muestra, a esta temperatura se obtiene un producto con menor humedad, haciendo más corto el proceso de secado y el tiempo permanencia del producto en el secador (**Reineccius, 2006**).

4.1.4. Rendimiento del agua de coco secada por aspersión

La determinación del rendimiento se realizó con las mismas condiciones de temperatura de entrada y salida para ambos coadyuvantes de secado. Los valores calculados se registran en la tabla 3.

Tabla 3. Rendimientos del agua de coco en polvo

Tratamientos	Material a secar + coadyuvante	Temperatura de entrada (°C)	Temperatura de salida (°C)	Rendimiento (%) *
M ₁	Agua de coco + maltodextrina	140	80	78,58 ± 3,86
M ₂	Agua de coco + almidón soluble de papa	140	80	20,68 ± 4,05

*El rendimiento registrado corresponde al promedio de dos réplicas.

Para el rendimiento del producto secado, el peso inicial se estableció en relación a los sólidos totales del agua de coco y a la cantidad de coadyuvante a añadir, ya que en el proceso de secado por aspersión el agua se evaporó.

Como se puede observar en la tabla 3, el tratamiento M₁ fue el de mayor rendimiento con 78,58 % en comparación al M₂ con 20,68 %,

El rendimiento con almidón soluble fue probablemente menor debido a que durante el secado la viscosidad del almidón gelatinizado provocó que se adhiriera a las paredes del equipo, disminuyendo la capacidad de aspersión y por ende afectando el rendimiento (**Sandoval et al., 2005**), por otro lado, la maltodextrina al ser producto de la hidrólisis del almidón posee una alta solubilidad y una baja viscosidad (**Kenyon, 1995**), permitiendo un mejor rendimiento del producto.

4.1.5. Evaluación sensorial y físico-química de producto

4.1.5.1. Análisis sensorial

Se analizó sensorialmente las muestras de agua de coco en polvo con maltodextrina y almidón soluble respectivamente, aplicando la prueba de igualdad o diferencia triangular según el anexo 2, utilizando como referencia el agua de coco en su estado natural. Los atributos a tomar en cuenta para determinar similitud o diferencia entre las muestras fueron el sabor, olor y color.

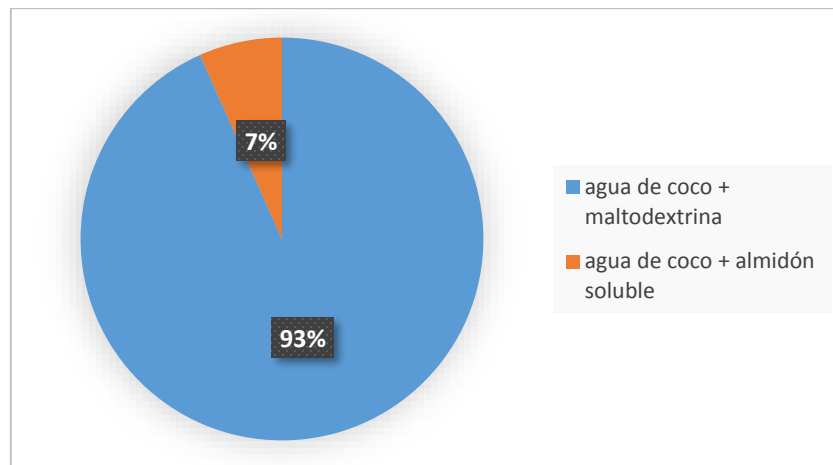


Figura 4. Porcentaje de similitud y diferencia apreciado por los catadores

De acuerdo a los promedios obtenidos para cada muestra el 93 % de las cataciones indican que la muestra de agua de coco con maltodextrina fue la de que mayor similitud tuvo con el agua de coco pura y del 7 % del agua de coco y almidón soluble.

El almidón soluble en algunos alimentos puede influir en las características sensoriales, debido a las interacciones que pueda tener con los componentes del alimento (**Cruz et al., 1994**), por esta razón se puede explicar que en el caso del agua de coco el almidón soluble enmascaró las características sensoriales ya

que el sabor fue algo insípido con relación al característico del agua de coco el cual es ligeramente dulce.

4.1.5.2. Caracterización físico-químico

A continuación se presentan las características físico-químicas realizadas a la muestra con el mejor rendimiento y similitud sensorial con el agua de coco natural.

4.1.5.2.1. Humedad

El porcentaje de humedad se midió para el mejor tratamiento de agua de coco y maltodextrina en polvo. Las mediciones realizadas a las 0, 1, 2, 3 y 5 semanas, se representan en la tabla 4.

Tabla 4. Porcentaje de humedad del producto en polvo (agua de coco más maltodextrina)

Semanas	% de Humedad *
0	0,18 ± 0,01
1	1,46 ± 0,01
2	2,96 ± 0,01
3	3,32 ± 0,01
5	4,67 ± 0,02

*El valor del porcentaje de humedad es el promedio de tres replicas.

Los resultados de la humedad del agua de coco en polvo presentan concordancia con el estudio realizado por **Gabas et al., 2009** para la pulpa de lulo en polvo los cuales variaron de 4,80 % y 5,44 %, lo que indica un porcentaje de humedad adecuado para el producto obtenido. El porcentaje de humedad evaluada en función del tiempo presentó variación, sin embargo se encuentran dentro de los

límites aceptables para el contenido de humedad de los productos en polvo que es del 10%, permitiendo mayor tiempo de vida útil del producto (**Huntington, 2004**).

4.1.5.2.2. pH

Se analizó el pH del agua de coco en polvo durante cinco semanas, cuyos valores se representan en la figura 5.

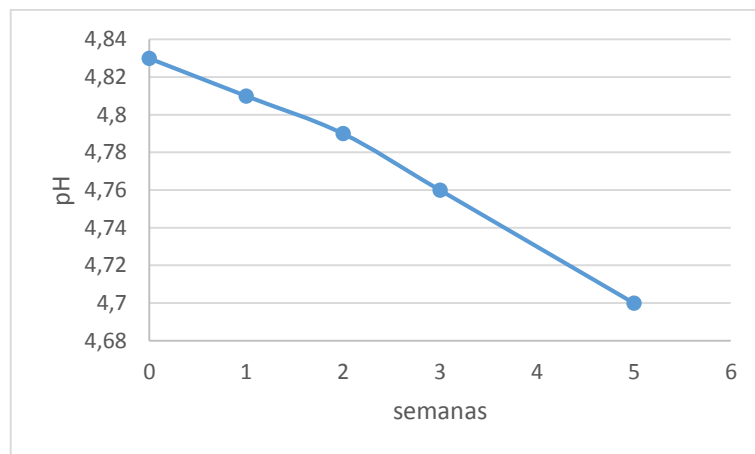


Figura 5. pH del agua de coco medido durante cinco semanas

El pH inicial del agua de coco pura fue de 5,07 que en comparación al del producto de 4,83 no presenta mucha variación después del secado y además según **Carvalho et al., 2005** menciona que el pH mínimo del agua de coco es 4,3 por lo tanto el producto obtenido se encuentra dentro de los valores. Por lo que la transformación del agua de coco en polvo indica que es posible mantener por mucho más tiempo sus propiedades químicas al inactivar enzimas, sin causar el pardeamiento no enzimático responsable del cambio de color en el agua de coco.

4.1.5.2.3. Solubilidad

La solubilidad es un parámetro confiable para la evaluación de calidad de productos en polvo en una solución acuosa (O'Shea et al., 2012), de acuerdo a lo mencionado el agua de coco en polvo obtuvo una solubilidad del 70,28 % considerándose alta, permitiendo disolver sin necesidad de calentar, a este resultado contribuyó la alta solubilidad que presenta la maltodextrina.

4.1.5.2.4. Contenido de carbohidratos totales en el producto.

El contenido de carbohidratos en el agua de coco en polvo se midió a 490 nm, a las concentraciones de 0,10 mg/l, 0,25 mg/l y 0,50 mg/l las absorbancias obtenidas se representan en la tabla 5.

Tabla 5. Absorbancias del agua de coco en polvo

Concentración [mg/l]	Absorbancias
0,10	0,486 ± 0,021
0,25	0,925 ± 0,114
0,50	1,390 ± 0,171

Mediante la ecuación 9 de la curva de calibración de glucosa al 1 %, se calculó el contenido de carbohidratos totales con la absorbancia registrada dentro de la curva de calibración de 0,486 ± 0,021 a la concentración de 0,10 mg/l obteniendo un contenido de carbohidratos de 52,55 %, ya que la maltodextrina como coadyuvante de secado, tiene un contenido de carbohidratos de 98,5 g (AMIDEX, 2017), por lo que al añadir al agua de coco en un 82% genera un contenido de carbohidratos de 52,55 %.

4.1.6. Balance de costos del producto secado

El balance de costo se realizó por cada 100 ml de agua de coco secada los valores se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Balance de costos del agua de coco en polvo

Concepto	Cantidad	Costo/cantidad	Total
Maltodextrina	28,2 g	1,15 /1 kg	0,03
Agua de coco	100 ml	2,50 /1 lt	0,25
Subtotal (USD)			0,28
Concepto	Porcentaje		Total
Mano de obra	15%		0,04
Maquinaria	15%		0,04
Electricidad	20%		0,06
Suministros	15%		0,04
Ganancias	25%		0,07
Subtotal (USD)			0,25
Total (USD)			0,53

El precio estimado calculado es de \$ 0,53 en base a cada 26,95 g de producto por 100 ml de agua de coco en polvo siendo precio accesible al consumidor en comparación marca blue monkey poder pack que se comercializa en el país a \$ 1,19, el valor estimado por kilogramo de producto es de \$ 6,94. En el caso de que el agua de coco en polvo se comercialice en si como producto final podría presentar mucha demanda por parte del consumidor debido a su bajo costo.

4.2. Verificación de hipótesis

Hipótesis nula (H_0): La concentración de los coadyuvantes de secado maltodextrina y almidón soluble respectivamente no alteran el rendimiento del agua de coco en polvo mediante secado por aspersion.

Hipótesis alternativa (H_a): la concentración de los coadyuvantes de secado maltodextrina y almidón respectivamente alteran el rendimiento del agua de coco en polvo mediante secado por aspersion.

Aplicando la prueba de rangos múltiples de Duncan se evaluaron los resultados obtenidos del secado del agua de coco, para determinar la influencia de la concentración de los coadyuvantes de secado en el rendimiento del agua de coco en polvo.

Tabla 7. Análisis de varianza para el rendimiento del agua de coco en polvo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3352,99	1	3352,99	42,37	0,0228
Intra grupos	158,28	2	79,1398		
Total (Corr.)	3511,27	3			

El resultado de la tabla ANOVA (tabla 7) para comparar los rendimientos del agua de coco en polvo registran un valor $p < 0,05$, indicando que existe diferencia significativa, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se determina que la concentración de los coadyuvantes de secado maltodextrina y almidón respectivamente alteraron el rendimiento del agua de coco en polvo mediante secado por aspersion.

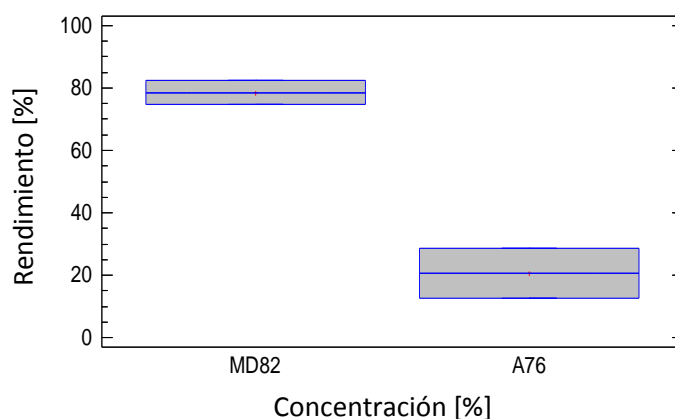


Figura 6. Comparación de los rendimientos obtenidos para el agua de coco en polvo.

MD82: concentración de maltodextrina al 82% y A76: concentración de almidón soluble al 76%.

Se puede observar en la figura 6 la gran diferencia que se obtuvo en el rendimiento del agua de coco con el 82 % de maltodextrina comparado con almidón soluble al 76 %. Este resultado puede deberse a que la solubilidad del almidón no es muy alta por ser una molécula compleja y produce la adherencia del producto en las paredes del equipo (**Sandoval et al., 2005**)

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se obtuvo agua de coco en polvo mediante secado por aspersión empleando coadyuvantes de secado, logrando un rendimiento del 78,58 % con maltodextrina y del 20,68 % con almidón soluble.
- Las condiciones óptimas calculadas para un secado exitoso del agua de coco fueron a la temperatura de entrada de 140 °C y temperatura de salida de 80 °C para ambos coadyuvantes.
- Se determinó que el mejor rendimiento de las muestras secadas fue de 78,58 % del tratamiento de agua de coco con maltodextrina con una concentración de 82 %, esto debido a la alta solubilidad y una baja viscosidad de la maltodextrina que evita que el producto se adhiera a las paredes del equipo y por ende permitió un mejor rendimiento del producto
- La caracterización del agua de coco en polvo se realizó sensorialmente mediante pruebas de similitud o diferencia, siendo la muestra secada con maltodextrina la que presento mayor semejanza con la muestra de agua de coco natural en cuanto a sabor, olor y color. Las pruebas físico – químicas se realizaron para el mejor tratamiento en cuanto a humedad y pH se analizaron por cinco semanas obteniendo 4,67 % y 4,7 respectivamente, una solubilidad del 70,28% y contenido de carbohidratos de 55,22%.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda el estudio de los minerales presentes en el agua de coco en polvo para su posterior uso en bebidas deportivas.
- Realizar el estudio sobre temperaturas de almacenamiento del producto para una mejor estabilidad del pH y humedad que permitan una mejor conservación del producto

BIBLIOGRAFÍA

- Adams W. and Bratt E. (1992). Young coconut water for home rehydration in children with mild gastroenteritis. *Trop Geogr Med*, 44 (1): 55- 149.
- Alonso, M. (2011). Microencapsulación de biocidas. Universidad del País Vasco. España. . Obtenido de [https://addi.ehu.es/bitstream/10810/6944/8/2-%20Cap.II%20\(Tesis-Alonso\).pdf](https://addi.ehu.es/bitstream/10810/6944/8/2-%20Cap.II%20(Tesis-Alonso).pdf).
- AMIDEX. Tecno productos. (2017). Ficha Técnica de la Maltodextrina. Obtenido de: <http://tecno-productos.com/uploads/files/AMIDEX10.pdf>.
- AOAC 925.10. (1990). Determinación de Humedad. Método oficial de la Junta Nacional de Granados.
- Baker, C.G. (1997). *Industrial Drying Of Foods*. Edit. Chapman & Hall, New York.
- Bhandari, B. R., Datta, N., and Howes, T. (1997). Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. *Drying Technology*, 15 (2): 84-671. Obtenido de: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/07373939708917253?needAccess=true>.
- Botero, K. (2015). Secado por atomización. (pp. 3- 43). Obtenido de: <https://es.scribd.com/doc/15456844/Secado-por-atomizacion>.
- BULK POWDERS. (2016). Agua de Coco en Polvo. Obtenido de: <http://www.bulkpowders.es/agua-de-coco-en-polvo.html>.
- Cano, M., Stringheta, P.C., Ramos, A. M. and Cal-Vidal, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6(4): 420-428. Obtenido de: https://www.academia.edu/13714874/Effect_of_the_carriers_on_the_microstructure_of_mango_powder_obtained_by_spray_drying_and_its_functional_characterization.
- Carter, B., Schmidt, S. (2012). Developments in glass transition determination in foods using moisture sorption isotherms. *Food Chemistry*, pp. 1698.
- Carvalho, L., Arraes, G., Correia, A., Figueiredo, R. y Machado, P. (2005). Evaluación del agua de coco obtenido por diferentes métodos de

conservación. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, Obtenido de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542005000600019.

- Cruz, M. T., Victoria, Y., Gallardo, N. y Sanchez, T. (1994). Obtención de matodextrinas por hidrolisis enzimática. pp. 75 - 79. Obtenido de: <https://books.google.com.ec/books?id=5U67hX-xu7sC&pg=PA76&dq=caracteristicas+sensoriales+del+almidon+soluble&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi9pfDipYPVAhUCYyYKHfypDtkQ6AEIKTAB#v=onepage&q=caracteristicas%20sensoriales%20del%20almidon%20soluble&f=fa>.
- Dubois, M., Gilles, K., Hamilton, J., Rebers, P. and Smith, F. (1956). Método colorimétrico de fenol-sulfúrico para microdeterminación de carbohidratos totales. *Química Analítica*. Obtenido de: <http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/PROYECTO/P660.2812CDP977/>.
- Esquivel-González B.E., Ochoa Martínez L.A. y Rutiaga-Quiñones O.M. (2015). Microencapsulación mediante secado por aspersion de compuestos bioactivos. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, Hermosillo, México. vol. 16, núm. 2 .(pp. 180 - 189). Obtenido de: <http://www.redalyc.org/pdf/813/81343176006.pdf>.
- Fernández, T. (2010). Propiedades del Agua de Coco. Obtenido de: <http://www.vix.com/es/imj/salud/2010/05/17/propiedades-del-agua-de-coco>.
- Flores, W. (2001). El coco: Utilización del agua de coco . Obtenido de: <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/431/1/TESIS%20FACTIBILIDAD%20AGUA%20DE%20COCO.pdf>.
- Gabas, A. L., Telis - Romero, J., Giraldo - Gómez, G. I. y Nicoletti, V. R. (2009). Propiedades termodinámicas de sorción de agua de la pulpa de lulo en polvo con encapsulantes. pp. 911 - 918.
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A. and Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research international*. 40:1107-1121. Obtenido de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81343176006>.
- Gómez - Cruz, N. I. y Jiménez - Munguía, M. T. (2014). Métodos de secado de emulsiones alimentarias. pp. 23 - 33. Obtenido de:

<http://web.udlap.mx/tsia/files/2015/05/TSIA-82-Gomez-Cruz-et-al-2014.pdf>.

Huntington, D. (2004). The influence of the Spray Drying Process on Product Properties. *Drying Technology*, pp. 1261-1287.

Infoagro Curso Especialista en Fruticultura. (2017). Cultivo del Coco. Obtenido de: http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/coco.htm.

Kenyon, M. M. (1995). Modified starch, maltodextrin, and corn syrup solids as wall materials for food encapsulation. Encapsulation Control Release o Food Ingredients. pp. 1- 50. Obtenido de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/9035/tesisUPV3449.pdf> .

LeBail, A., Boillereaux, L. Davenel, A., Hayert, M., Lucas, T., Monteau, J. (2003). Phase transition in foods: effect of pressure and methods to assess or control phase transition. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. pp. 24.

López, O. y Martínez, L. (2010). Herramientas para el diseño de las condiciones del proceso de secado por aspersión de extractos vegetales para uso farmacéutico. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, (pp 152-156). Obtenido de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962010000300007.

López, O., Muñoz, A., Carmona, R., Torres, L., y González, M. (2006). Influencia del uso de aditivos sobre el rendimiento del proceso de secado por aspersión de extracto acuoso de *Calendula officinalis* L. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, Vol.11 n.1. Obtenido de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962006000100008.

Mondragón, R., Julia, J., Barba, A., Jarque, J. (2013). El proceso de secado por atomización: formación de gránulos y cinética de secado de otas. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*. Vol. 25 N°. 4; 159-168. España.

MYPROTEIN. (2016). Agua de coco en polvo; Suplemento Dietético de Agua de Coco en Polvo. Obtenido de: <https://www.myprotein.es/nutricion-deportiva/agua-de-coco-en-polvo/11208344.html>.

O' Mahony, M. y Rousseau, B. (2002). Discrimination testing: a few ideas, old and new. *Food Quality and Preference*, 14:157-164.

- O'Shea, N., Arendt, E. and Gallagher, E. (2012). Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, pp. 1 - 10.
- Osorio, C., Forero, D. y Carriazo, J. (2011). Characterization and performance assessment of guava (*Psidium guajava* L.) microencapsulates obtained by spray-drying. *Food Research International*, 44: 1174-1181. https://www.researchgate.net/publication/251629319_Characterisation_and_performance_assessment_of_guava_Psidium_guajava_L_microencapsulates_obtained_by_spray-drying.
- Ovalles, J. F., León, L. A, Vielma, R. A. y Medina, A. (2002). Determinación del contenido de aminoácidos libres del agua de coco tierno por HPLC y Revisión electrónica sobre la nueva tecnología para el envasado del agua de coco. pp. 9. Obtenido de: https://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/23800/1/articulo44_13.pdf.
- Parra, R. (2010). Microencapsulación de Alimentos. Medellín. Colombia. (pp. 5670-5684). Obtenido de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v63n2/a20v63n01.pdf>.
- Pérez, A. y Aragón, L. (2011). Rehidratación post-ejercicio con agua de coco: ¿Igual o efectiva que una bebida deportiva? . *Revista de Ciencias del Movimiento Humano y Salud*, (pp. 1- 17).
- Reineccius, G. A., Liardon, R. y Luo, Z. (2003). The retention of aroma compounds in spray dried matrices during encapsulation and storage. Paris, Francia: Editions: Tec & Doc; London: Intercept. pp. 2 - 8.
- Rodny, E. (2010). Evaluación de la calidad microbiológica del agua de coco envasada en presentación de un litro, registrada y comercializada en el distrito N# 2 área metropolitana de San Salvador. (pp. 236). obtenida de: <http://ri.ues.edu.sv/162/1/16102626.pdf>.
- Rolle, R. (2007). Buenas prácticas para la producción en pequeña escala de agua de coco embotellada. Servicio de tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria. FAO. Italia. (pp 4-13). Obtenido de: <http://www.fao.org/3/a-a1418s.pdf>.
- Sablani, S. S., Shrestha, A. K. and Bhandari, B. R. (2008). A new method of producing date powder grabules: physicochemical characteristics of

power. *Journal of Food Engineering*, 87 (3). (pp. 416-421). Obtenido de: <http://sci-hub.cc/http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877408000137>.

Sandoval A., Rodríguez E., Fernández A. (2005). Aplicación del análisis por calorimetría diferencial de barrido (DSC) para la caracterización de las modificaciones del almidón. . pp. 45-53. Obtenido de: http://vip.ucaldas.edu.co/vector/downloads/Vector9_4.pdf.

Shiga, H., Yooshii, H., Nishuyama, T., Fututa, T., Forssele, P., Poutanen, K. y Linko, P. (2001). Flavor encapsulation and release characteristics of spray-dried power by the blended encapsulant of cyclodextrin and gum arabic. *Drying Technology*, vol. 19. no. 7. pp. 1385-1395.

Villacrez, J. L. (2012). Desarrollo de microencapsulados por spray drying a partir de frutos de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth). Tesis de maestría en ciencias química. Departamento de Química. Facultad de Ciencias. Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/47240/1/197569.2013.pdf>.

Villada, M. (2016). Extracción por fluidos supercríticos y microencapsulación por spray dryer del aceite esencial de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L.), como alternativa de desarrollo para la industria de alimentos. (pp. 16-117).

Wisniewski R. (2015). Spray drying technology review. 45th International Conference on Environmental Systems. Obtenido de: https://ttu-ir.tdl.org/ttu-ir/bitstream/handle/2346/64598/ICES_2015_submission_68.pdf?sequence=1.

ANEXO 1

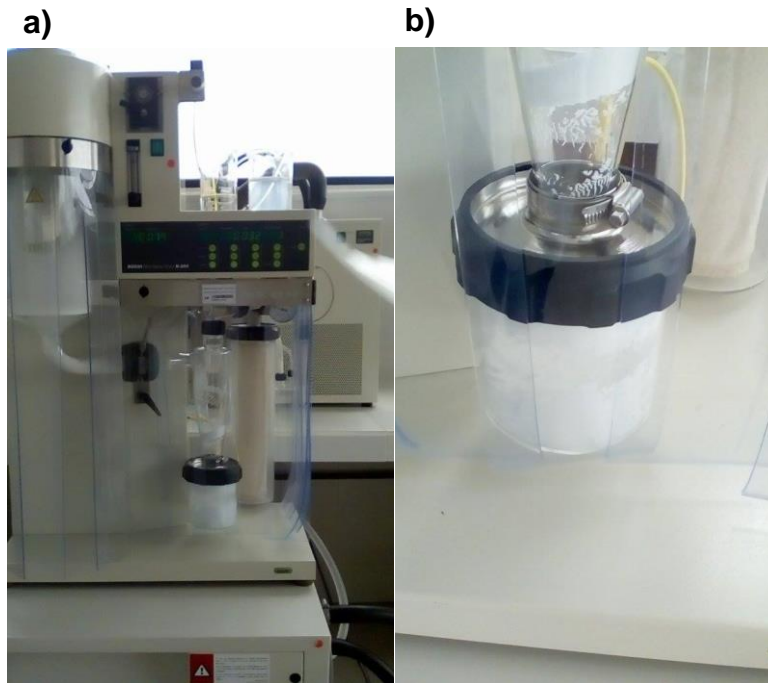


Imagen 1. a) Proceso de secado por aspersion del agua de coco, b)
Obtención de agua de coco en polvo

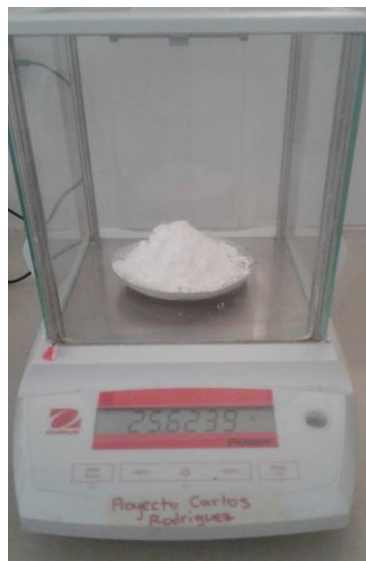


Imagen 2. Peso final del agua de coco en polvo secada con
Maltodextrina

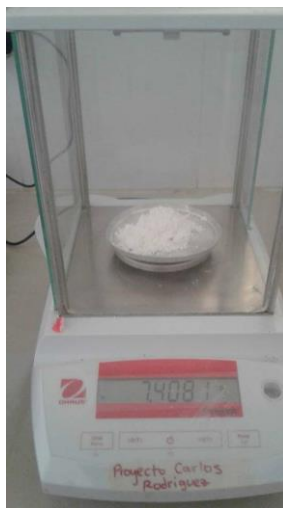


Imagen 3. Peso final del agua de coco en polvo secado con almidon soluble de papa

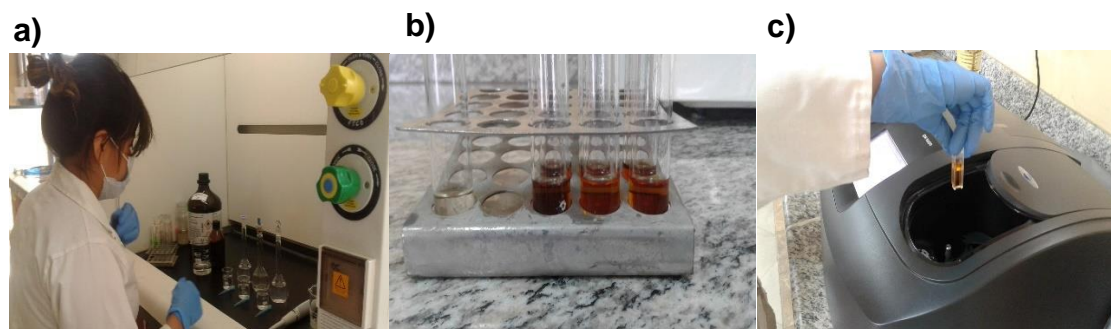


Imagen 4. a) Preparación de las diluciones de la muestra en polvo de agua de coco b) Diluciones de la muestra en polvo a las concentraciones de 0,10 mg/l, 0,25 mg/l y 0,50 mg/l c) Determinación de carbohidratos del agua de coco en polvo por espectrofotometría UV-visible.



Imagen 5. Homogenización de la muestra para determinación de solubilidad

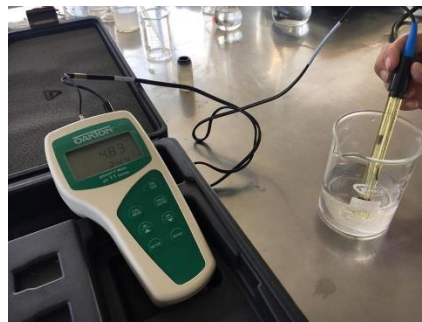


Imagen 6. Medición de pH del agua de coco en polvo



Imagen 7. Medición de humedad del agua de coco en polvo

ANEXO 2

Formato de muestra para la evaluación sensorial del agua de coco:

Nombre.....

Fecha.....

Frente a usted se presentan 2 muestras de agua de coco en polvo, por favor pruebe cada una de ellas en el orden indicado. Asigne el número 1 a la muestra que tenga más similitud con la de referencia y el 2 a la que sigue. Evite designar el mismo rango a las muestras.

Código

Rango designado

.....

.....

.....

.....