



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Estandarización del proceso de secado por aspersión para la obtención de polvo de coco (*Cocos nucifera* L.)

Cynthia Stephanie Tobón Castrillón

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE MEDELLÍN

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

MEDELLÍN, 2017

Estandarización del proceso de secado por aspersión para la obtención de polvo de coco (*Cocos nucifera* L.)

Cynthia Stephanie Tobón Castrillón

Trabajo de grado para optar al título de:

Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Director

Ph.D Misael Cortés Rodríguez

Codirector

Doctor Jesús Humberto Gil González

Línea de Investigación:

Líquidos, semilíquidos y reestructurados

Grupo de Investigación:

GAF (Grupo de Alimentos Funcionales)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – SEDE MEDELLÍN

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

POSTGRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

MEDELLÍN, COLOMBIA

2017

Agradecimientos

A Dios, que gracias a él y a su sabiduría pude salir adelante con la maestría.

A mis padres, hermanas y sobrinos quienes fueron clave fundamental en este proceso.

A mi novio que gracias a sus consejos, logre terminar con serenidad todo este proceso.

Al profesor Misael Cortes que gracias a su compromiso, acompañamiento y entrega en cada una de sus asesorías, logre terminar el proyecto de investigación.

Al profesor Jesús Gil, que con sus explicaciones y compromiso, logre sacar adelante el proyecto de investigación.

Al profesor Uriel Sepúlveda, Diego Restrepo y Eduardo Rodríguez, gracias por permitirme utilizar sus espacios.

A mis compañeros del GAF (Grupo de Alimentos Funcionales, quienes me ayudaron y me orientaron con sus explicaciones a sacar todo adelante.

Resumen

Colombia es un potencial productor de palma de coco, ubicándose sus mayores productores en el pacífico colombiano, el coco representa un producto de mucha importancia a nivel mundial gracias a su alto contenido nutricional, su competitividad está muy restringida a la comercialización en forma de torta, harina, dulces, bebidas y aceite de coco, principalmente hacia la comunidad europea. La búsqueda de nuevas alternativas de diversificación de productos como materias primas para sectores alimentarios, farmacéutico y cosmético, representa un reto con mucho potencial.

El proceso de secado por aspersion es una técnica que viene siendo muy utilizada en la actualidad por la industria alimentaria, debido a sus múltiples ventajas entre las cuales constituye una forma de preservación más prolongada y unas condiciones óptimas de procesamiento.

El objetivo de este trabajo fue la estandarización del proceso de secado por aspersion para la obtención de polvo de coco (*cocos nucifera* L.), el cual inicio con la caracterización de la materia prima (pulpa de coco (PC) y agua de coco (AC)); se evaluaron los atributos de calidad en términos de proteína cruda, fibra dietaria, contenido graso, humedad, pH, sólidos solubles, densidad, actividad de agua, acidez, color y viscosidad; además se determinó distribución porcentual de cáscara, agua y pulpa. En los días 15, 22, 29, 36, 42 y 50 días después de cosecha. Los resultados mostraron un deterioro general de la PC y el AC después de 36 días de almacenamiento, debido principalmente a incremento de la acidez, olores a fermentación, pérdida de la humedad, oxidación lipídica, ablandamiento y decoloración de la PC, entre otros. Se concluye que el tiempo de almacenamiento que garantiza una calidad aceptable para ser utilizados como materia prima debe ser menor a 29 días ddc.

En la segunda etapa se determinó la influencia de la composición de emulsiones a base de leche de coco (LC), sobre su estabilidad fisicoquímica. La PC se molió junto con el AC, separándose la fibra de coco (FC) de la LC, posteriormente se secó a 40°C y molió para su utilización en las emulsiones, las cuales se homogenizaron a 10000 rpm durante 10 min. Se utilizó la metodología de superficie de respuesta con un diseño central compuesto (21 experimentos), considerando las variables independientes: PC/AC: 1,5-2,5; goma xantan: 0,25-0,75%, FC: 2.5-7.5%; terbutilhidroquinona (TBHQ): 100-200 mg/kg. Adicionalmente se utilizó suero lácteo como agente

tensoactivo y sal. Se utilizó el método de regresiones múltiples para la predicción de los términos lineales, cuadráticos y la interacción de las variables independientes en los modelos. Las condiciones óptimas fueron: PC/AC: 2,0; goma xantán: 0,5%, FC: 5,0%; TBHQ: 200 mg/kg, alcanzando potencial- ζ : $-45,578 \pm 2.478$ mV, índice de estabilidad por absorción espectral: $0,851 \pm 0,025$; viscosidad: $741,7 \pm 25.5$ cP, color (L^* : $67,5 \pm 0,7$, a^* : $3,2 \pm 0,2$ y b^* : $8,6 \pm 0,5$, índice de peróxido: $0,142 \pm 0.038$ meqH₂O₂/kg, tamaño de partícula (D10: $4,3 \pm 0,8 \mu\text{m}$, D50: $323,7 \pm 43,6 \mu\text{m}$ y D90: $743,0 \pm 65,1 \mu\text{m}$) y sólidos totales: $19,981 \pm 0,303\%$. Los resultados confieren una buena estabilidad fisicoquímica en el sistema coloidal de estudio, que podrían garantizar su uso efectivo en procesos posteriores, por ejemplo, en secado por aspersión para la obtención de polvo de coco.

En la tercera etapa se optimizó el proceso de secado por aspersión para la obtención de polvo de coco (*cocos nucifera* L); se utilizó la emulsión de coco óptima, obtenida del estudio anterior. Se utilizó la metodología de superficie de respuesta con un diseño central compuesto (26 experimentos), con variables independientes: Temperatura de entrada del aire (TEA): 150-170°C; temperatura de salida del aire (TSA): 80-90 °C; velocidad del disco atomizador (VDA): 24000-28000 rpm; presión de vacío (Pvacío): 0,6-1,2 ("H₂O) y maltodextrina: 5-10 %. El proceso de optimización se realizó a través de un método de superficie de respuesta. Las condiciones del proceso de operación fueron: TEA: (163,8°C), TSA: (86,04°C), VDA: (24148rpm); Pvacío: (0,67 "H₂O), y la maltodextrina de (10,0%). Teniendo la alimentación al secador un contenido de sólidos equivalente al 20% y estable fisicoquímicamente: índice de estabilidad por absorción espectral (R: $0,851 \pm 0,025$), potencial- ζ ($-45,6 \pm 2,5$ mV), viscosidad ($741,7 \pm 25,5$ cP) y tamaño de partícula (D10: $4,3 \pm 0,8 \mu\text{m}$, D50: $323,7 \pm 43,6 \mu\text{m}$ y D90: $743,0 \pm 65,1 \mu\text{m}$). Por otro lado, los atributos de calidad del polvo de coco fueron los siguientes: humedad (1,2 %), a_w (0,176), color (L^* : 83,3; a^* : 2,32 y b^* : 8,50), índice de peróxido (IP): 3,6 meq H₂O₂/kg), solubilidad (59,5%), rendimiento: 49,8 % y formación de depósito (29,0%). El secado por aspersión es una tecnología efectiva que contribuye en la generación de valor al coco, lo cual podría representar una alternativa para mejorar la competitividad de la agrocadena.

En la cuarta y última etapa de la investigación fue evaluar la estabilidad durante el almacenamiento de las propiedades fisicoquímicas y físicas del polvo de coco obtenido por secado por aspersión. El polvo de coco obtenido por secado por aspersión, previa optimización experimental del proceso, se empacó en bolsas de película laminada de pet y foil de aluminio con permeabilidad al O₂ <1 cc/ (m²*24h*atm)

y al vapor de agua $< 1 \text{ g/ (m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot \text{atm)}$, y se envasó en N_2 y en condiciones atmosféricas; a temperaturas de 15, 25 y 35°C durante 180 días. Los atributos de calidad evaluados fueron: humedad (x_w), actividad acuosa (a_w), color en coordenadas CIELAB, solubilidad (S), índice de peróxido (IP), índice de acidez (IA), capacidad antioxidante: DPPH y ABTS, cenizas, grasa, proteínas, fibra dietaria total. Los resultados mostraron que los atributos de calidad x_w , a_w e IP, fueron los más afectados por las variables independientes temperatura y tiempo. La temperatura de 15°C fue la más favorable alcanzando el producto a los 180 días los siguientes valores: x_w ($2,8 \pm 0,0\%$), a_w ($0,377 \pm 0,006$), color (L^* : $75,23 \pm 0,20$; a^* : $3,22 \pm 0,34$ y b^* : $10,87 \pm 0,49$), S ($55,0 \pm 4,4\%$), IP ($0,29 \pm 0,40 \text{ meqH}_2\text{O}_2/\text{kg polvo}$), IA ($1,3 \pm 0,3\%$), DPPH ($65,60 \pm 1,39 \text{ mg Trolox /100 g de coco}$) y ABTS ($81,33 \pm 6,21 \text{ mg Trolox /100 g de coco}$). El polvo de coco obtenido por secado por aspersión representa una matriz cuyos encapsulantes permiten proteger la matriz ante fenómenos de deterioro durante el almacenamiento.

Contenido

RESUMEN.....	4
INTRODUCCIÓN.....	13
GENERALIDADES DEL COCO.....	14
SECADO POR ASPERSIÓN.....	19
SISTEMAS COLOIDALES.....	21
OBJETIVOS.....	23
OBJETIVO GENERAL.....	23
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
CAPITULO 1.....	24
EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD POSCOSECHA DEL COCO (<i>Cocos nucifera</i> L.) DURANTE EL ALMACENAMIENTO.....	24
RESUMEN.....	24
INTRODUCCIÓN.....	25
MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
CONCLUSIONES.....	33
BIBLIOGRAFIA.....	34
CAPITULO 2.....	37
INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN DE EMULSIONES A BASE DE COCO, SOBRE LA ESTABILIDAD DEL SISTEMA COLOIDAL.....	37
RESUMEN.....	37
INTRODUCCIÓN.....	38
MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
CONCLUSIONES.....	62
BIBLIOGRAFIA.....	64
CAPITULO 3.....	73
INFLUENCIA DEL PROCESO DE SECADO POR ASPERSIÓN Y LA MALTODEXTRINA SOBRE LOS ATRIBUTOS DE CALIDAD DE POLVO DE COCO (<i>Cocos nucifera</i> L).....	73
RESUMEN.....	73
INTRODUCCIÓN.....	75
MATERIALES Y MÉTODOS.....	77
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	79
CONCLUSIONES.....	88
BIBLIOGRAFIA.....	89
CAPITULO 4.....	94

EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE POLVO DE COCO OBTENIDO POR SECADO POR ASPERSIÓN DURANTE EL ALMACENAMIENTO	94
RESUMEN.....	94
INTRODUCCIÓN.....	96
MATERIALES Y MÉTODOS.....	98
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	100
CONCLUSIONES	108
BIBLIOGRAFIA.....	109
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	112

Lista de tablas

INTRODUCCIÓN

Tabla 1. Contenido nutricional del coco fresco, ingestas Recomendadas por día para hombres y mujeres de 20 a 39 años con una actividad física moderada..... **¡Error! Marcador no definido.**

CAPITULO 1

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO POSCOSECHA DEL COCO (*Cocos nucifera* L.)

Tabla 1. Evolución de la distribución porcentual del AC, PC y la cáscara durante el almacenamiento.....28

CAPITULO 2

INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN DE EMULSIONES A BASE DE COCO, SOBRE LA ESTABILIDAD DEL SISTEMA COLOIDAL

Tabla 1. Composición físico-química de frutos de coco descascarado en estado maduro.....44

Tabla 2. Resultados del diseño experimental de la formulación y proceso de homogenización de emulsiones a base de coco.....50

Tabla 3. ANOVA (valores-p) para los modelos de superficie de respuesta.....51

Tabla 4. Valores experimentales y predichos de las variables dependientes de la emulsión óptima.....61

Tabla 5. Coeficientes de regresión, R^2 , y valores de probabilidad de la falta de ajuste de los modelos para las variables significativas estadísticamente.....62

CAPITULO 3

INFLUENCIA DEL PROCESO DE SECADO POR ASPERSIÓN Y LA MALTODEXTRINA SOBRE LOS ATRIBUTOS DE CALIDAD DE POLVO DE COCO (*Cocos nucifera L*).

Tabla 1. Resultados del proceso de secado por aspersión de polvo de coco.....	81
Tabla 2. El ANOVA de los modelos de superficie de respuesta de polvo de coco en el proceso de secado por aspersión.....	82
Tabla 3. Verificación de la emulsión óptima en el proceso de secado por aspersión de la emulsión.....	86

CAPITULO 4

EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE POLVO DE COCO OBTENIDO POR SECADO POR ASPERSIÓN DURANTE EL ALMACENAMIENTO

Tabla 1. Resultados de la estabilidad del polvo de coco secado por aspersión en las temperaturas (15, 25, 35 °C), en nitrógeno y en condiciones atmosférica.....	101
Tabla 2. ANOVA de la estabilidad del polvo de coco secado por aspersión en las temperaturas (15, 25, 35 °C), con nitrógeno y atmosférica.....	102

Lista de figuras

INTRODUCCIÓN.

Figura 1. Principales departamentos productores de coco ordenados por producción, 2014.....	17
Figura 2. Comparativo en la producción de coco en los departamentos de Córdoba-Nariño, 2000-2014.....	18

CAPITULO 1

EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD POSCOSECHA DEL COCO (*Cocos nucifera* L.) DURANTE EL ALMACENAMIENTO.

Figura 1. Evolución de los atributos de calidad de la PC durante el almacenamiento.	30
Figura 2. Evolución de los atributos de calidad del AC durante el almacenamiento....	31

CAPITULO 2

INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN DE EMULSIONES A BASE DE COCO, SOBRE LA ESTABILIDAD DEL SISTEMA COLOIDAL

Figura 1. Tensión superficial en función de la concentración de proteínas séricas.....	47
Figura 2. Gráficos de superficie de respuesta de la a_w y los sólidos totales en función de las variables independientes.....	49
Figura 3. Gráficos de superficie de respuesta de la L^*	52
Figura 4. Gráficos de superficie de respuesta de parámetros asociados con la estabilidad de la emulsión en función de las variables independientes.....	55
Figura 5. Gráficos de superficie de respuesta del IP en función de las variables independientes.....	59

CAPITULO 3

INFLUENCIA DEL PROCESO DE SECADO POR ASPERSIÓN Y LA MALTODEXTRINA SOBRE LOS ATRIBUTOS DE CALIDAD DE POLVO DE COCO (*Cocos nucifera L*).

Figura 1. Gráficos de superficie de respuesta de las variables significativas a_w , b^* , IP, Hi y FD en función de las variables independientes.....83

Introducción

Colombia es un potencial productor de palma de coco, ocupando el puesto 24 a nivel mundial con un 0,23% de su producción, se estima su producción en 8,2 toneladas por hectárea al año (Quintana 2011). La cadena de coco juega un papel muy importante en relación a los pequeños productores, comercializadores, industrias de procesamiento e instituciones regionales no solo a nivel económico, sino también social, ambiental y cultural, quienes dependen en su mayoría de este oficio para su diario vivir.

En la actualidad el coco es utilizado en su gran mayoría por diferentes industrias, de las cuales obtienen diversos subproductos derivado de: la pulpa se obtiene deshidratados, aceites comestibles, biodiesel, productos cosméticos y farmacéuticos; de la concha se obtiene carbón activado, abonos y artesanías; del agua de coco se obtienen refrescos, leche y crema de coco; de la copra alimentos concentrado y de la estopa se obtiene sustratos tabletas en látex y manufacturas entre muchos usos más (Quintana 2011). El objetivo del proyecto es obtener el polvo en coco utilizando varios componentes del coco (agua y pulpa) que proporcionen un producto más innovador, además de la implementación de una nueva tecnología de secado por aspersión. Esta técnica constituye una alternativa muy interesante, porque gracias a ella se puede aprovechar la gran mayoría del fruto de coco, disminuyendo sus pérdidas, adicionalmente gracias a esta técnica se obtiene un polvo de coco el cual puede ser utilizado de diferente productos o como ingrediente de diferentes alimentos; algunos productos serian: bebidas, cremas, tortas, pasteles entre otros. Con este producto final se obtiene un polvo en coco el cual gracias a esta técnica tiene una larga duración y se presta para una facilidad tanto de almacenamiento como de transporte.

Sin embargo con la escasa innovación tecnológica a nivel agroindustrial, ha generado que los niveles de productividad de coco se vean disminuidos, aumentando así los costos de producción, disminuyendo la calidad del producto final; llegando a afectar hasta la distribución en el mercado, debido a la falta de coordinación entre las diferentes regiones productoras de coco para regular y planificar las actividades de producción y comercialización; por consiguiente se debe buscar nuevas técnicas y procesos que

conlleven a generar una alta competitividad en el mercado exterior, dejando a un lado su forma tradicional y empírica de producción (Agronet 2014).

Con la problemática mencionada anteriormente se busca evaluar tecnológicamente a nivel piloto la obtención de polvo de coco utilizando el proceso de secado por aspersión. A partir de la optimización de los procesos que garanticen atributos de calidad aceptables y de esta manera se pretende poder obtener una bebida a base de coco, no obstante también ser utilizado como un ingrediente para la formulación de diferentes alimentos.

GENERALIDADES DEL COCO

El cocotero pertenece al género *Cocos* y a la especie *nucífera*. El coco pertenece a la familia *Palmaceae*, la cual contiene 235 géneros más o menos. Del coco se aprovecha casi en su totalidad, siendo la nuez el principal producto ya que contiene fibra y puede ser transformada en leche de coco (está conformada por agua, proteínas, carbohidratos, cenizas, fibra y lípidos de cadenas saturadas en su mayor cantidad se encuentra el ácido láurico, el cual está reconocido por sus propiedades antivirales, antibacteriales y antiprotozoarios), aceite de coco, agua de coco y coco deshidratado (Baraona y Sancho, 1992; Alfonso y Ramírez, 2008); por otro lado, contiene cantidades menores de minerales tales como fósforo, calcio y potasio, y algunas vitaminas del grupo B y ácido ascórbico, mientras que el agua de coco contiene las vitaminas B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, B₉, azúcares, polioles, vitamina C, aminoácidos libres, fitohormonas, enzimas y factores que promueven el crecimiento (Debmandal y Mandal, 2011; Enig, 2004). En la actualidad la leche de coco está siendo utilizada como uno de los principales ingredientes de muchas recetas y bebidas, es por eso que la industria del coco se está inclinando a la extracción de la leche, comprobando que en 1997 el 25% de producción mundial de coco fue utilizada para el consumo de leche de coco (Seow y Gwee, 1997).

El coco es originario de Asia y a partir de ahí se ha extendido por todo el mundo, se cree que llegó a la costa atlántica de América por navegadores en el siglo XV, aun su aparición sigue siendo solo especulaciones, debido que el coco tienen la facultad de flotar en el agua y puede ser transportado por las corrientes hacia muchos lugares, el coco es la palmera más importante del mundo sus principales productores en el mundo son:

Filipinas, Indonesia, India, Sri Lanka, Malasia Tailandia; en América se encuentran México y Brasil (Baraona y Sancho, 1992; Alfonso y Ramírez, 2008).

Existen aproximadamente 360 usos domésticos para esta planta, debido a que se aprovecha casi en su totalidad; entre los cuales se destaca:

- Coco fresco: confitería y pastelería.
- Pulpa seca o copra: manteca, margarina, jabones, bronceadores etc.
- Madera de coco: construcción de casas, puentes y muebles.
- El palmito: crudo o cocinado.
- Las raíces: es antidiarreico.
- Las palmas: techos, canastas y sombreros.
- El agua de coco: bebida rehidratante.
- Aceite de coco: alimentos, cosmetología, combustibles y lubricante.
- Harina de coco: alimento para ganado y aves.
- Cascara: fibras textiles, alfombras, escobas y objetos de adorno.
- Concha que rodea la pulpa: carbón activado y productos caseros (Baraona y Sancho, 1992; Alfonso y Ramírez, 2008).

El coco fresco y seco (copra) es un muy buen alimento debido a que contienen un alto nivel proteico y lipídico. La composición del coco varía según su estado de maduración, principalmente está compuesta por agua y ácidos grasos, como dato de interés es la fruta que más valor calórico tiene; no obstante como su consumo en pequeñas porciones no afecta la salud humana. Su contenido nutricional se encuentra en la tabla 1 (Moreiras y col., 2013.)

Tabla 1. Contenido nutricional del coco fresco, ingestas Recomendadas por día para hombres y mujeres de 20 a 39 años con una actividad física moderada.

Contenido	Cantidad /100g	Recomendación diaria / Hombre	Recomendación diaria /Mujer
Energía (kcal)	373	3,000	2,300
Proteínas (g)	3,2	54	41
Lípidos totales (g)	36	100-117	77-89
Hidratos de carbono (g)	3,7	375-413	288-316
Fibra (g)	10,5	>35	>25
Agua (g)	46,6	2,500	2000
Calcio (mg)	13	1,000	1000
Hierro (mg)	2,1	10	18
Yodo (µg)	1	140	110
Magnesio (mg)	52	350	330
Zinc (mg)	0,5	15	15
Sodio (mg)	17	<2,000	<2,000
Potasio (mg)	405	3,500	3,500
Fosforo (mg)	94	700	700
Selenio (µg)	10,1	70	55
Tiamina (mg)	0,03	1,2	0.9
Riboflavina (mg)	0,02	1,8	1,4
Equivalentes de niacina (mg)	1,1	20	15
Vitamina B ₆ (mg)	0,04	1,8	1,6
Folatos (µg)	26	400	400
Vitamina C (mg)	2	60	60
Vitamina E (mg)	0,73	12	12

El mayor productor a nivel nacional de coco es el departamento de Nariño, seguido del departamento de Córdoba como se muestra en la figura 1; no obstante el departamento de Cauca presenta mayor rendimiento en comparación con los demás departamentos como lo podemos evidenciar en la figura 2. (Agronet, 2014 y Base evaluaciones agropecuarias Municipales EVA 2007-2014).

En cuanto a las importaciones y exportaciones de coco en Colombia como lo muestran las cifras de Agronet (2004), las importaciones ascienden a US\$ 483.000, y las exportaciones a US\$ 6.000; sin embargo existen algunos casos como es la nuez no se registran datos de importaciones, queriendo decir con esto que toda su producción es destinada al consumo nacional, y existen algunas exportaciones pequeñas de aceite de coco en algunos países como son Venezuela y Panamá (Agronet, 2004).

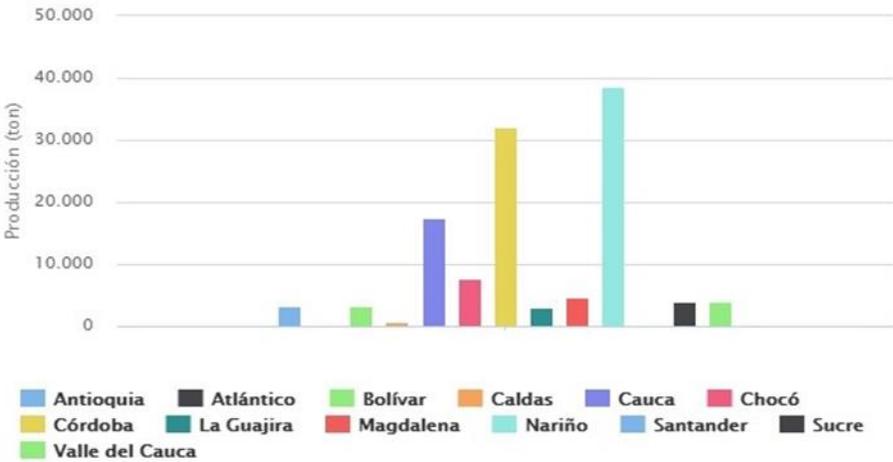


Figura 1. Principales departamentos productores de coco ordenados por producción, 2014.

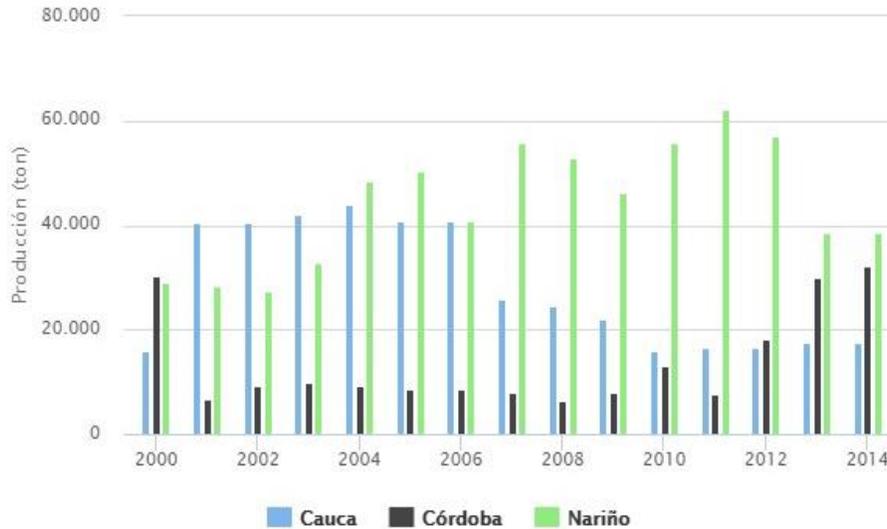


Figura 2. Comparativo en la producción de coco en los departamentos de Córdoba, Nariño y Cauca 2000-2014.

A pesar de la importancia del coco, y la ventaja comparativa que representa la región del Pacífico Colombiano por su alto rendimiento a nivel mundial, no se está aprovechando la potencialidad de este cultivo, ya que hay un estancamiento en la comercialización del coco, no se cuenta con avances tecnológicos para aprovechamiento de la fruta, se presentan problemas de contaminación por la estopa en cuerpos de agua, y se presentan altos costos de transporte marino fluvial.

Frente a esa situación se hace necesario promover procesos de innovación tecnológica que permitan incrementar su productividad y competitividad y, como consecuencia desarrollo de nuevos productos que estimulen o incentiven su comercialización y la sostenibilidad en el mercado nacional e internacional. Sin duda, el desarrollo de nuevos productos además de su importancia para el consumidor resulta indispensable e interesante para el gremio empresarial y, estratégico para la sostenibilidad alimentaria de la población colombiana. En la actualidad el cambio en los estilos de vida ha motivado la necesidad de reducir tiempos en la preparación de alimentos; así como los nuevos hábitos de buena alimentación, donde el consumidor está cada vez más interesado en las relaciones entre la dieta y la salud, preocupándose no solo por la composición de los alimentos, sino también por aquellos efectos beneficiosos o perjudiciales que pudieran

tener sobre su bienestar físico y mental, esta situación ha generado un rápido crecimiento de los alimentos funcionales. Es así como hoy día todos los países desarrollados y en vía de desarrollo, dentro de sus políticas de salud pública y seguridad alimentaria, impulsan acciones destinadas al bienestar en la salud o mejora en las dietas de los ciudadanos (Del Greco, 2010).

Por consiguiente el coco trae muchos beneficios para los seres humanos entre ellos están: es buen antioxidante, está relacionado con el funcionamiento de intestino, los nervios y los músculos, mejora el sistema inmune, posee un efecto laxante suave e interviene en la formación de huesos y dientes (Moreiras y col., 2013.).

SECADO POR ASPERSIÓN

El secado por aspersion es una técnica ampliamente utilizado en la industria alimentaria, constituye una alternativa interesante como una forma de preservación más prolongada y en condiciones óptimas de procesamiento, se ha demostrado ser un eficaz método para obtener diversos productos (Cano-Chauca *et al*, 2005). El secado por aspersion transforma un alimento líquido o pastoso en polvo, a través de la desintegración del líquido en pequeñas gotas por acción de un atomizador o boquillas de alta presión y contacto de las mismas con el aire caliente (Gómez-Cruz *et al*, 2014). Es una técnica que actualmente está siendo muy utilizada por la industria alimentaria porque permite tener un alimento microbiológicamente estable, reduciendo los riesgos de degradación tanto química como biológica; por otro lado nos permite reducir los costos del transporte y almacenamiento del producto (bete, 2005 y Gómez-Cruz *et al*, 2014).

En comparación con otros procesos de secado, el de aspersion se destaca por su aplicabilidad a productos termosensibles como los alimentos, debido a la rápida evaporación del agua que mantiene baja la temperatura de las gotículas y al corto tiempo de secado, lo que disminuye los daños térmicos y resulta en productos de buena calidad (Masters, 1985). Presenta también una perspectiva para los productores, proporcionando un mejor aprovechamiento del fruto por la disminución de pérdidas y generación de ganancias por la actual demanda de productos naturales de fácil preparación, así como la posibilidad de utilización de los mismos como materias primas aromatizantes naturales en diversas formulaciones alimenticias (tortas, sorbetes, cremas entre otras.). La calidad de

los alimentos en polvo se basa en una variedad de propiedades dependiendo la aplicación específica. En general, el contenido final de humedad, la actividad de agua, la solubilidad, la dispersabilidad y el color son de importancia primaria.

Esta tecnología también ha desempeñado un papel vital en la encapsulación y microencapsulación de alimentos e ingredientes funcionales y nutraceuticos. Entre estos se encuentran las vitaminas, los minerales, y más del 90% de los sabores disponibles en el mercado (Murugesan y Orsat, 2012). Se han desarrollado una serie de productos utilizando la tecnología de secado por aspersion, entre ellos, jugos y pulpas de frutas, vegetales, miel, cerveza y vino. También se ha utilizado en la industria láctea principalmente para la obtención de leche entera, descremada y suero en polvo, entre otros. Una de las ventajas más importantes del secado por aspersion es su capacidad para producir polvos con partículas de tamaño y contenido de humedad específicos, sin tener en cuenta la capacidad del secador y la sensibilidad al calor del producto (Bete, 2005).

Los principales factores en el secado por aspersion son la temperatura tanto de la alimentación como la entrada y salida de aire, debido a que estos factores pueden modificar el producto final tales como la viscosidad de la emulsion, su fluidez y la capacidad para ser homogeneizado y aún más delicado puede causar la degradación o volatilización de algunos ingredientes sensibles a la temperatura; la velocidad de alimentación entregada al secador, permite que cada gota alcance el nivel de secado deseado antes de que entre en contacto con la superficie de la cámara de secado. De hecho, la temperatura de entrada de aire es la directamente proporcional a la velocidad de secado y la temperatura de salida del aire es bastante difícil de predecir con anterioridad, ya que depende de las características de secado del material; no puede ser controlado directamente ya que depende de la temperatura de entrada de aire, y la temperatura ideal de salida de aire (Gharsallaoui *et al.*, 2007 and Gómez-Cruz *et al.*, 2014).

En el secado por aspersion es necesario adicionar unos aditivos en el momento de la alimentación los cuales se utilizan para varios propósitos, entre ellas esta: reducir la viscosidad, mejorar la velocidad de secado, prevenir de adherencia, reducir la higroscopicidad, conservar la fluidez del polvo seco y mantener la calidad del polvo en el almacenamiento (Langrish *et al.*, 2007 y Kudra, 2003; Gupta, 1978); entre los aditivos más

comunes se encuentran la maltodextrinas, zumos de naranja o limón (Gupta, 1978; Roos, 1995; Bhandari *et al.*, 1997a; Langrish *et al.*, 2007).

SISTEMAS COLOIDALES

Los sistemas coloidales constan al menos dos fases, una de ellas dividida en pequeñas partículas (fase dispersa, fase discontinua) y la otra fase rodea completamente la otra sustancia (fase dispersante, medio de dispersión, fase continua).

Son ampliamente utilizados a nivel científico e industrialmente, debido a que se aprovecha de su estabilidad para mejorar diferentes procesos o encontrar nuevas aplicaciones en diferentes materiales. Algunos usos en la actualidad son:

- Productos químicos: pigmentos, pinturas, lubricantes, agentes espesantes, catalizadores, tintas de impresiones, entre otros.
- Industria farmacéutica: emulsiones, microemulsiones, cremas, ungüentos, entre otros.
- Industria alimentaria: mantequilla, leche, bebidas, aditivos alimentarios, entre otros (Rodríguez, 2006).

Existen varios tipos de coloides entre la más destacada por la industria de alimentos se encuentra las emulsiones, que son una mezcla de dos líquidos inmiscibles, con una fase dispersa y otra fase continua, son termodinámicamente inestable debido al contacto desfavorable entre las moléculas de aceite y agua, y como consecuencia sus estructuras físicas tienden a cambiar con el tiempo por diversos mecanismos (Tangsuphoom, N y Coupland, J, 2008).

Existen tres tipos de emulsiones que son:

1. Emulsiones agua en aceite o acuo-oleosas (Ag/Ac): son aquellas en las que la fase interna es agua y se encuentra en forma de gotas rodeadas por la fase oleosa
2. Emulsiones aceite en agua u oleo-acuosas: son las emulsiones en las que la fase continua es agua y en ella se encuentra disperso un aceite u otra sustancia similar.
3. Emulsiones múltiples: se pueden considerar como la emulsión de una emulsión, en otras palabras, la fase interna es una emulsión, y la fase externa puede ser

dependiendo de la emulsión, de naturaleza acuosa u oleosa, de tal forma que tenemos las emulsiones w/o/w (agua/aceite/agua) y o/w/o (aceite/agua/aceite).

Además de sus tipos, existe la clasificación de las emulsiones según su tamaño, en microemulsiones (10-100nm), miniemulsiones (100-1000nm) y macroemulsiones (0,5-100µm), esto depende del proceso de homogeneización que se le aplique a las emulsiones. Una de las propiedades más importante en las emulsiones es su estabilidad, esta trata de la capacidad que tienen para resistir los cambios en el tiempo, esta se puede disminuir o perder debido a ciertas circunstancias o factores ya sean químicos, ambientales, físicos y/o microbiológicos (Rodríguez, 2006).

La leche de coco es la emulsión natural de aceite en agua, esta se ha utilizado ampliamente como un importante ingrediente alimentario, especialmente en las regiones de Asia y el Pacífico. Las propiedades emulsionantes de las proteínas de coco son afectadas por el pH, la fuerza iónica, y la temperatura, entonces con el fin de mejorar la estabilidad de la leche de coco, se agregan varios tipos y cantidades de estabilizadores (Tangsuphoom, N y Coupland, J, 2008).

Objetivos

Objetivo general

Evaluar tecnológicamente a nivel piloto la obtención de polvo de coco utilizando el proceso de secado por aspersión.

Objetivos específicos

- Evaluar la estabilidad del coco (*Cocos nucifera* L) en estado fresco durante el almacenamiento.
- Optimizar el proceso y formulación de una emulsión a base de coco con fines de secado por aspersión.
- Optimizar el proceso de secado por aspersión para la obtención de polvo de coco.
- Evaluar la estabilidad de las propiedades del polvo de coco durante el almacenamiento.

1. Capítulo 1

EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD POSCOSECHA DEL COCO (*Cocos nucifera* L.) DURANTE EL ALMACENAMIENTO

EVALUATION OF COCONUT POSTHARVEST STABILITY DURING STORAGE

Tobón Castrillón Cynthia¹, Lucas Aguirre Juan Carlos^{1,2} y Rodríguez Cortes Misael¹,

¹Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. Calle 59 A N 63-20, Medellín, Colombia. ²Universidad del Quindío – Armenia – Colombia.

Email: cstobonc@unal.edu.co, jclucasa@unal.edu.co, mcortesro@unal.edu.co

RESUMEN

El conocimiento de la estabilidad de las propiedades del coco en estado fresco es la base para definir las formulaciones y condiciones de proceso más adecuadas en el desarrollo de una diversidad de productos que se obtienen a partir de este fruto. El objetivo de este trabajo fue evaluar la estabilidad de las propiedades del coco en estado fresco: agua (AC) y pulpa (PC), durante el almacenamiento. Los atributos de calidad se determinaron a los 15, 22, 29, 36, 42 y 50 días después de cosecha, para lo cual se utilizaron métodos avalados por la AOAC y de investigaciones en la temática: proteína cruda, fibra dietaria, contenido graso, humedad, pH, sólidos solubles, densidad, actividad de agua, acidez, color y viscosidad; además se determinó distribución porcentual de cáscara, agua y pulpa para cada tiempo de control. Los resultados mostraron un deterioro general de la PC y AC después de 36 días de almacenamiento, debido principalmente al incremento de la acidez, olores a fermentación, pérdida de la humedad, oxidación lipídica, ablandamiento y decoloración de la PC, entre otros.

Palabras clave: *Cocos nucifera* L., agua de coco, pulpa de coco, propiedades fisicoquímicas y físicas.

ABSTRACT

Knowledge of the stability of fresh coconut properties is the basis for defining the most suitable formulations and processing conditions in the development of a variety of products that are obtained from this fruit. The aim of this research was evaluated stability's Properties of fresh coconut: water and pulp, during the storage. The quality attributes were measured at 15, 22, 29, 36, 42 and 50 days afterward the harvest, besides this methods endorsed by the AOAC were used, in addition researches in relation to theme: Crude

protein, dietary fiber, fat content, humidity, pH, soluble solids, density, water activity, acidity, color and viscosity; moreover percentage distribution of shell, water and pulp were established for each control time. This study was showed a general deterioration of the water and coconut pulp t after 36 days of storage, as a result the increased acidity, fermentation odors, loss of humidity, lipid oxidation, softening and discoloration's pulp , among other reasons.

Key words: *Cocos nucifera* L., coconut water, coconut meat, physicochemical and physical properties.

INTRODUCCIÓN

El coco representa una materia prima de gran interés en el Caribe y Pacífico Colombiano, las estadísticas disponibles muestran que su producción fue de 118.666 ton en el año 2014, siendo los Departamento de Nariño, Córdoba y Cauca los principales productores: 38.7, 32.0 y 17.4 %, respectivamente (Agronet, 2014).

La pulpa de coco (PC) contiene minerales como fósforo, calcio y potasio, y algunas vitaminas del grupo B y ácido ascórbico; mientras que, el agua de coco (AC) contiene vitaminas del grupo B: tiamina (B₁), riboflavina (B₂), niacina (B₃), ácido pantoténico (B₅), piridoxina (B₆), folato (B₉), azúcares, polioles, vitamina C, aminoácidos libres, fitohormonas, enzimas y factores promotores del crecimiento (Debmandal y Mandal, 2011; Enig, 2004 y Seow y Gwee, 1997). Otros autores, han reportado para la PC contenidos de humedad (X_w): 41.7±0.5%, grasa: 40.2±1.2%, proteína: 4.1±0.3%, azúcar: 5.6±0.2% y fibra cruda: 3.5±0.1%; mientras que, para la PC deshidratada grasa: 65.5±2.0%, proteína: 6.8±0.4%, azúcar: 6.5±0.3%, fibra cruda: 9.2±0.2% y carbohidratos: 6.0±0.2%. (Yalegama *et al.*, 2013). Algunos autores han evaluado la calidad del coco Macapuno en estado maduro durante 42 días de almacenamiento, para simular las condiciones en los mercados al por menor, encontrando que a 30°C el fruto experimenta una alta tasa de respiración entre 40-60 mg CO₂ kg⁻¹h⁻¹ con un tiempo máximo de almacenamiento de 3 días; mientras que, a 2 y 5°C la tasa de respiración disminuye (4 y 20 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respectivamente) con una baja tasa de producción de etileno (0.6 y 0.8 Lkg⁻¹h⁻¹, respectivamente), permitiendo una vida de almacenamiento hasta 6 semanas (Luengwilai *et al.*, (2014). Esta limitación en las pérdidas de peso, igualmente está

acompañada de un oscurecimiento del núcleo y del grado de oxidación de las grasas (Luengwilai *et al.*, 2014).

A nivel agroindustrial, este fruto es aprovechado principalmente en la industria alimentaria y cosmética, encontrando productos como bebidas, dulces, leche de coco (LC), coco deshidratado, aceite de coco, helados entre otros (Igutti *et al* 2011; Debmandal y Mandal, 2011; Enig, 2004 y Seow y Gwee, 1997).

El objetivo de esta investigación fue evaluar la estabilidad de las propiedades de la PC y el AC, variedad Enano Malayo (manila), en estado fresco durante el almacenamiento a 25°C, con el propósito de determinar el tiempo adecuado de su procesamiento como materia prima para su transformación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron cocos (*Cocos nucifera* L.) variedad Enano Malayo (manila), Tumaco, Colombia, con una edad de floración a cosecha de 12 meses. Los cocos fueron sometidos inicialmente a un proceso de lavado y desinfección con agua a ebullición durante 20 min, con el fin de desinfectarlos y facilitar el desprendimiento de la PC. El rendimiento del fruto se determinó en función de las relaciones porcentuales de la PC, AC y la cáscara interna (endocarpio). Las propiedades del AC y PC se evaluaron a 3 lotes (3 muestras/lote) a 15, 22, 29, 36, 42 y 50 días después de cosechado (ddc): proteína cruda (AOAC 955.04/90); fibra dietaria (AOAC 985.29/90); grasa (AOAC 920.39/90); cenizas (AOAC 942.05/90) humedad (A.O.A.C, 930.15/90); pH (AOAC 981.12/90); sólidos solubles por lectura refractométrica (AOAC 932.12/90, adaptado por Bernal, (1998)); densidad del AC (AOAC 1990); actividad de agua (a_w) con un higrómetro de punto de rocío a 25°C, Aqualab serie 3TE (Cortés-Rodríguez *et al.*, 2007), la acidez del AC se determinó por el método de titulación potenciométrica (AOAC 942.05/90), adaptado por Bernal (1998)) expresado en ácido málico y para la PC se determinó el índice de acidez (IA) expresado como ácido láurico; el índice de peróxido (IP) se evaluó a la mezcla proporcional (PC+AC) utilizando el método espectrofotométrico (Dámaso Hornero-Méndez, Antonio Pérez-Gálvez, 2001) y determinando el aceite extraíble por el método descrito por Bae & Lee, (2008) modificado; el color se determinó a partir de las coordenadas CIELAB, utilizando un espectrofotómetro de esfera X-Rite serie SP60, iluminante D₆₅ y observador 10° (Cortés, 2004); la viscosidad (μ) del AC se determinó utilizando un reómetro Brookfield DV-III Ultra (Brookfield

Engineering Laboratories, Inc., USA) a 25°C, husillo ULA y velocidad 250 rpm (Mirhosseini *et al.*, 2008) y la textura de la PC se realizó a través de ensayos de penetración en un analizador de textura (TA-TA-XT2i, Stable Microsystems Ltd., Reino Unido), celda de carga de 25 kg, sonda de acero inoxidable ($\phi=5\text{mm}$), velocidad de penetración: 1.0 mm s^{-1} y distancia de penetración de 3 mm (Prieto *et al.*, 2011). La cuantificación del calcio se realizó por espectrofotometría de absorción atómica según la NTC 5151 del 2003. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95%, utilizando el software Statgraphics Centurion XVI.I.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La valoración bromatológica de la PC (kernel) al inicio de almacenamiento (15 ddc) fue la siguiente: Xw: $53.5\pm 6.4\%$, proteína: $3.3\pm 0.3\%$, fibra dietaria: $12.9\pm 2.5\%$, grasa: $19.9\pm 3.0\%$, cenizas: $1.1\pm 0.3\%$; por otro lado, los contenidos de calcio para la PC y la AC fueron estadísticamente similares, 146.3 ± 41.3 y $108.0\pm 16.5\text{ mg/kg}$, respectivamente. La revisión bibliográfica reporta una variabilidad de resultados sobre la composición del coco, lo cual es atribuible a diversos factores: variedad, manejo agronómico, condiciones edafoclimatológicas de la zona de producción, estado de madurez, entre otros (Siriphanich *et al.*, 2011).

Yalegama *et al.*, (2013), reportaron para la PC valores de Xw: $41.7\pm 0.5\%$, grasa $40.2\pm 1.2\%$, proteína: 4.1 ± 0.3 , azúcar: $5.6\pm 0.2\%$ y fibra cruda $3.5\pm 0.1\%$; mientras que, Appaiah *et al.*, (2015) reportaron valores similares de la Xw ($51.0\pm 0.3\%$). En cuanto a los contenidos de calcio en el AC, la revisión presenta la misma variabilidad, reportándose en los estados inmaduro ($8.75\pm 0.04\text{ mg/100mL}$), maduro ($15.19\pm 0.03\text{ mg/100mL}$) y sobremaduro ($23.98\pm 0.05\text{ mg/100mL}$) (Thuan-Chew *et al.*, (2014).

La tabla 1 presenta la evolución de la distribución porcentual de las partes del coco: AC, PC y cáscara, durante el almacenamiento; mientras que, las figuras 1 y 2 presentan la evolución de las propiedades de la PC y el AC durante el almacenamiento.

Tabla 1. Evolución de la distribución porcentual del AC, PC y la cáscara durante el almacenamiento.

T (días)	AC (%)	PC (%)	Cáscara (%)
15	30.1±5.2	47.1±3.1	26.0±3.8
22	22.8±9.1	49.5±3.8	30.4±7.1
29	22.3±5.7	51.9±4.7	30.0±5.3
36	21.1±6.2	52.9±8.9	29.5±7.1
42	15.9±6.6	53.6±2.4	31.0±4.5
50	15.4±1.5	55.2±3.6	33.8±7.4

El ANOVA presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en las relaciones porcentuales del AC y PC, en las propiedades del AC (X_w , °Brix, densidad, A, pH, μ y b^*) con respecto al factor tiempo. Por otro lado, no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) en las propiedades de la PC, y en el porcentaje de cáscara interna, el IP y en la a_w , L^* y a^* del AC. El AC presentó una tendencia a disminuir la masa (30.1→15.4%), lo cual ha sido observado por otros autores durante la maduración fisiológica en cosecha y que continúa en la poscosecha (Jackson *et al.*, 2004; Terdwongworakul *et al.*, 2009); mientras que la PC y la cáscara tienden a incrementar con el tiempo: (47.1→55.2%) y (26.0→33.8%), respectivamente.

Algunos autores reportan que en plena madurez, los cambios de la distribución porcentual del coco (*Cocos nucifera* L.) presentan muchas fluctuaciones: PC (28→33 %p/p), AC (6→25 %p/p), cáscara (31→54 %p/p) (Jayalekshmy *et al.*, 1986; Siriphanich *et al.*, 2011; Appaiah *et al.*, 2015). La X_w de la PC presentó valores entre 51.2 y 45.8%, al igual que el AC (96.1– 92.5%), siendo correspondientes en todos los casos a altos valores de a_w (0.980 – 0.952), que hacen de estas matrices percederas y favorables al crecimiento microbiano y procesos de degradación (Appaiah *et al.*, 2015; Haseena *et al.*, 2010). Los

sólidos solubles de la el AC tiene un incremento progresivo durante todo el tiempo de almacenamiento ($3.7\pm 0.6 \rightarrow 7.1\pm 1.8$), lo cual podría ser atribuido a la deshidratación interna que experimenta el fruto y es coherente con la disminución mencionada anteriormente de la relación porcentual del AC y de la Xw del AC ($96.1\pm 0.8 \rightarrow 93.5\pm 1.5$).

De acuerdo a lo reportado por Thuan-Chew *et al.*, (2014) y Jackson *et al.*, 2004, la composición del AC y sus propiedades fisicoquímicas están influenciados por el estado de madurez. Siendo el volumen mayor en cocos inmaduros, seguido por los cocos maduros y finalmente por los excesivamente maduros. Esta evolución ha sido refrendada en este trabajo. Los fenómenos fisiológicos de la PC y AC son típicos durante la maduración y senescencia de este fruto, clasificado como un fruto no-climatérico, promovidos por la respiración, transpiración y la absorción de agua por el endospermo sólido (Thuan-Chew *et al.*, 2014; Siriphanich *et al.*, 2011).

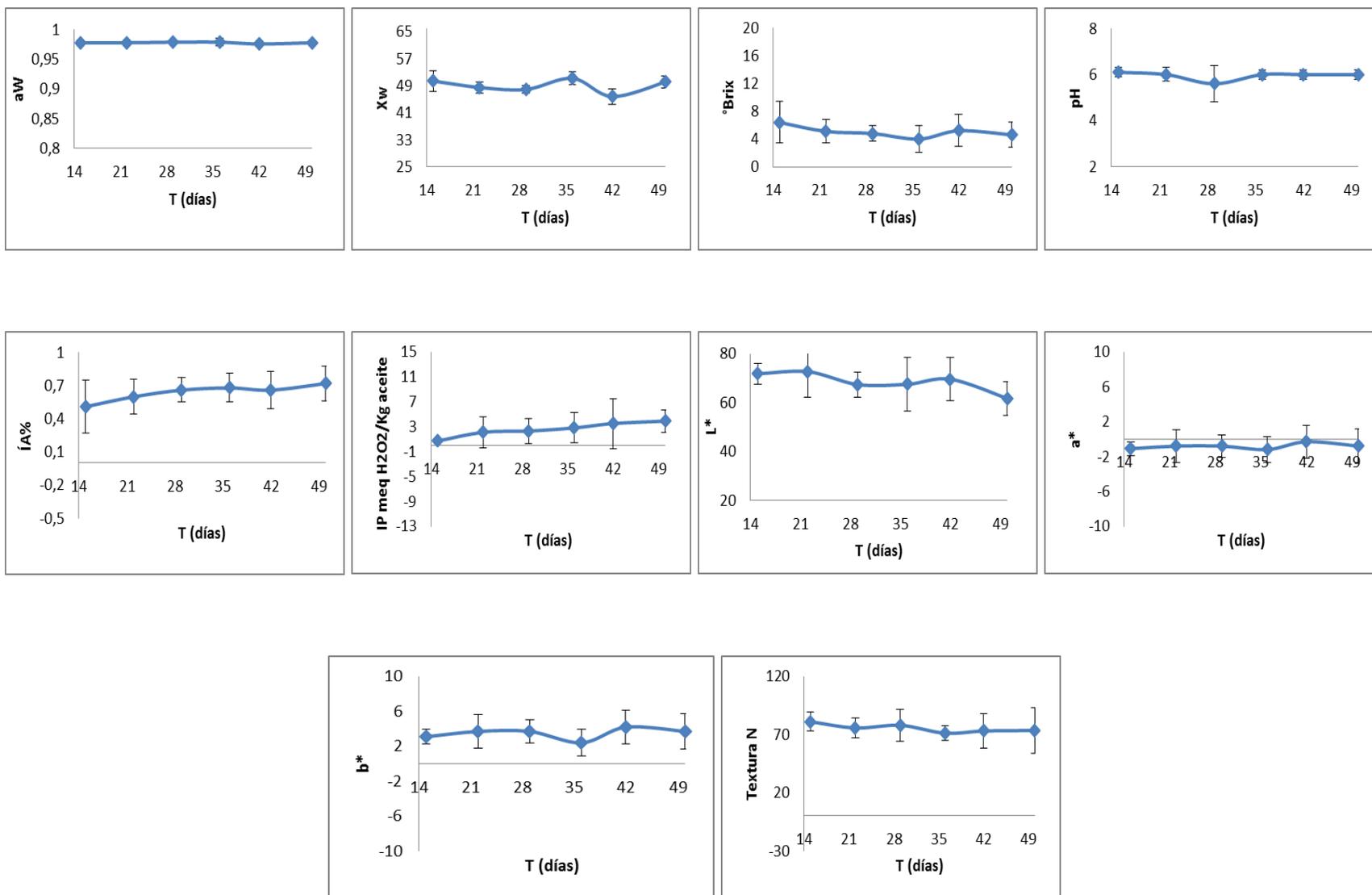


Figura 1. Evolución de los atributos de calidad de la PC durante el almacenamiento.

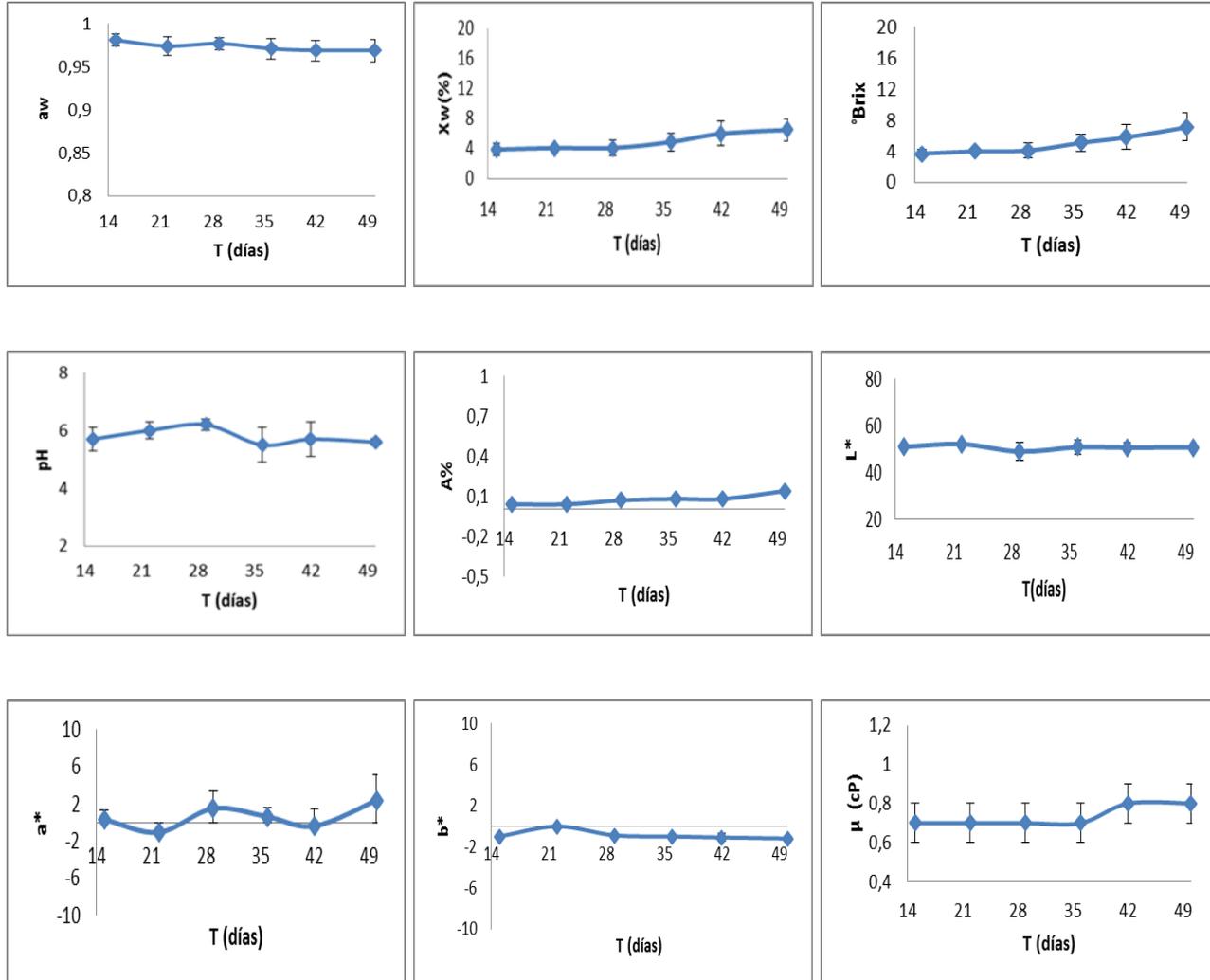


Figura 2. Evolución de los atributos de calidad del AC durante el almacenamiento.

En cuanto a la μ del AC, esta presenta una tendencia a incrementar debido principalmente al mayor contenido de sólidos solubles en el AC concentrada en el tiempo ($3.7\pm 0.6 \rightarrow 7.1\pm 1.8$); mientras que en la firmeza de la PC (F_{PC}), se observó un descenso gradual a lo largo de todo el periodo de almacenamiento variando de 81.12 ± 8.27 N en el día 15 ddc a 73.5 ± 19.8 N en el día 50 ddc, este ablandamiento de la pulpa se considera como una consecuencia del proceso de maduración y senescencia del fruto, sumado al deterioro microbiológico (Luengwilai *et al.*, 2014).

El IP, mostró un comportamiento similar durante el tiempo de almacenamiento ($0,7\pm 0,3 \rightarrow 3,9\pm 1,8$ meq H_2O_2 /kg aceite). El IP es un indicador útil del grado de oxidación de lípidos, grasas y aceites que reduce la estabilidad y produce la formación de sabores desagradables que afectan negativamente la calidad durante el almacenamiento y la aceptación por el consumidor por el olor a rancidez (Hornero-Méndez *et al.*, 2001). Algunos autores han definido el comienzo de la rancidez en coco, cuando el IP alcanza valores de 35.5 meq O_2 peróxido/kg aceite (Waisundara *et al.*, (2007), valor superior al máximo alcanzado para la mezcla PC+AC a 25°C ($3,9$ meq H_2O_2 /kg aceite) ($7,8$ meq O_2 peróxido /kg aceite); sin embargo, a los 29 días de almacenamiento se presentó un fuerte olor a rancio. Ahora bien, los cambios en el IP fueron bajos para la PC y el AC; sin embargo, se nota una tendencia de incremento de la acidez y disminución del pH en el tiempo, lo cual revalida los olores a fermentación y rancidez del producto.

En cuanto al color del AC, la L^* varió desde 51.0 ± 1.5 hasta 50.8 ± 1.2 , mientras que, las cromaticidades a^* y b^* presentaron valores cercanos a cero (0) en el plano cromático a^*b^* indicando su acromaticidad o ubicación en la zona de los grises; es decir que no representan variación entre rojizo-verdoso y amarillento-azulado respectivamente. La PC presentó un color blanco, donde L^* varió entre 71.8 ± 4.3 a 61.7 ± 6.9 ; mientras que, la cromaticidad a^* permaneció entre -1.1 ± 0.2 y -0.8 ± 0.6 , y por ultimo b^* de 3.1 ± 0.8 y 3.7 ± 2.0 , comportamiento muy similar al reportado por Luengwilai *et al.*, (2014), donde no se presentaron diferencias estadísticamente significativas en las variables L^* a^* , mientras b^* disminuyó 1.05 a -0.96 indicando una tonalidad ligeramente más azul.

CONCLUSIONES

El coco variedad Enano Malayo (manila), Tumaco, Colombia, presenta cambios significativos que no favorecen su aceptabilidad para procesamiento entre los días 36 y 42 ddc, identificándose cambios sensoriales negativos en la PC y AC que afectaron su calidad, percibiéndose olores a fermentación, problemas fúngicos, ablandamiento y decoloración de la pulpa, entre otros. Se concluye que el tiempo de almacenamiento que garantiza una calidad aceptable para ser utilizados como materia prima debe ser menor a 29 días ddc.

Los valores obtenidos para la aw, sugieren que el coco fresco es un alimento muy susceptible al crecimiento microbiano, por eso se recomienda un proceso previo de desinfección y un almacenamiento adecuado.

Caracterizaciones fisicoquímicas de productos como las realizadas en el presente estudio, lo convierten en una base fundamental para el desarrollo de nuevos productos con alto valor agregado.

REFERENCIAS

AGRONET (2014). Red de Información y Comunicación Estratégica del Sector Agropecuario – AGRONET Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [en línea]. < <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>> [citado el 2 de Enero de 2017].

AOAC. (1990) Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 2 vols. 15th ed. Washington, DC.

Appaiah, P., Sunil, L., Prasanth Kumar, P.K., & Gopala Krishna, A. G.. (2015). Physico-chemical characteristics and stability aspects of coconut water and kernel at different stages of maturity. *J Food Sci Technol.* 52 (8): 5196–5203. doi: [10.1007/s13197-014-1559-4](https://doi.org/10.1007/s13197-014-1559-4)

Bae, E. K., & Lee, S. J. (2008). Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin. *Journal of Microencapsulation*, 25(8), 549–560. doi.org/10.1080/02652040802075682

Bernal, I. (1998). Análisis de alimentos. 3 Ed. Bogotá. Colombia: Editorial Guadalupe, 314 p.

Cortés, M. (2004). Desarrollo de productos de manzana deshidratados enriquecidos con vitamina E. Universidad Politécnica de Valencia.

Cortés-Rodríguez, M., Guardiola, L.F., Pacheco, R. (2007). Aplicación de la ingeniería de matrices en la fortificación de mango (var. Tommy Atkins) con calcio. *Revista Dyna.* 74 (153): 19-26.

Dámaso Hornero-Méndez, Antonio Pérez-Gálvez, I. M.-M. (2001). A Rapid Spectrophotometric Method for the Determination of Peroxide Value in Food Lipids with High Carotenoid Content. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 78(11), 1151–1155. doi.org/10.1007/s11746-001-0404-y

Debmandal, M. y MANDAL S. (2011). Coconut (*Cocos nucifera* L.: *Arecaceae*): In health promotion and disease prevention. En: *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, p. 241-247. [doi:10.1016/S1995-7645\(11\)60078-3](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(11)60078-3)

Enig, M.G. (2004). Coconut: In support of good health in the 21st Century [en línea]. <http://www.mtmayon.com/Articles/InSupportOfGoodHealth.pdf>> [citado el 27 de abril de 2011].

Haseena, M., Kasturi Bai, M.V., & Padmanabhan, S. (2010). Post-harvest quality and shelf-life of tender coconut. *J Food Sci Technol.* 47 (6): 686–689. [doi:10.1007/s13197-010-0097-y](https://doi.org/10.1007/s13197-010-0097-y)

Hornero-Méndez D, Pérez-Gálvez, A., and Mínguez-Mosquera M.I. 2001. A Rapid Spectrophotometric Method for the Determination of Peroxide Value in Food Lipids with High Carotenoid Content. *JAOCS*, 78 (11).

Igutti, A. M., Pereira, A.C., Fabiano, L., Silva, R. A., Ribeiro, E. P. Substitution of ingredients by green coconut (*Cocos nucifera* L) pulp in ice cream formulation. *Procedia Food Science* 1: 1610 – 1617. doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.238.

Jayalekshmy, A., Arummaghan, C., Narayanan, S., Mathew, A. G. (1986). Changes in the chemical composition of coconut water during maturation. *J Food Sci Technol.* 23: 203–207.

Jackson, J., Gordon, A., Wizzard, G., McCook, K., Rolle, R., (2004). Changes in chemical composition of coconut (*Cocos nucifera*) water during maturation of the fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 84:1049 – 1052. doi.org/10.1002/jsfa.1783

Luengwilai, K., Beckles, DM., Pluemjit, O., Siriphanich, J. (2014). Postharvest quality and storage life of 'Makapuno' coconut (*Cocos nucifera* L.). *Scientia Horticulturae*: 175: 105–110. [doi:10.1016/j.scienta.2014.06.005](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.06.005)

Mirhosseini, H., Ping Tan, C., Hamid, N. S. A., Yusof, S. (2008). Effect of Arabic gum, xanthan gum and orange oil contents on ζ -potential, conductivity, stability, size index and pH of orange beverage emulsion. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 315: 47–56. [doi:10.1016/j.colsurfa.2007.07.007](https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2007.07.007)

NTC 5151. (2003). Alimento para animales. Determinación de los contenidos de calcio, cobre, hierro, magnesio, potasio, sodio, y zinc. Método usado espectrometría de absorción atómica.

Prieto, W.H., Iguti, A.M., Nitz, M. (2011). Drying evaluation of green coconut pulp for obtaining a snack-like product. *Procedia Food Science* 1: 1618 – 1627. [doi:10.1016/j.profoo.2011.09.239](https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.239)

Seow, C.C. y Gwee, C.N. (1997). Coconut milk: chemistry and technology. *International Journal of Food Science and Technology*, 32, 189–201. [doi/10.1046/j.1365-2621.1997.00400.x/](https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.1997.00400.x/)

Siriphanich, J., Saradhulhat, P., Romphophak, T., Krisanapook, K., Pathaveerat, S., Tongchitpakdee, S. (2011). Coconut (*Cocos nucifera* L.). In: Yahia, E. (Ed.). *Postharvest-Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits. Vol 3: Cocona to Mango*. Woodhead Publishing in Food Science Technology and Nutrition, Cambridge, UK. pp.8 - 33. [doi:10.1533/9780857092885.8](https://doi.org/10.1533/9780857092885.8)

Terdwongworakul, A., Chaiyapong, S., Jarimopas, B., & Meeklangsaen, W. (2009). Physical properties of fresh young Thai coconut for maturity sorting. *Biosystem Engineering*. 103: 208–216. [doi:10.1016/j.biosystemseng.2009.03.006](https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.03.006). [doi:10.1016/j.biosystemseng.2009.03.006](https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.03.006)

Thuan-Chew, T., Lai-Hoong, Cheng, RB., Gulam, R, Azhar, ME. (2014). Composition, physicochemical properties and thermal inactivation kinetics of polyphenol oxidase and peroxidase from coconut (*Cocos nucifera*) water obtained from immature, mature and overly-mature coconut. *Food Chemistry* 142: 121–128. [doi:10.1016/j.foodchem.2013.07.040](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.040)

Waisundara, V.Y., Perera, C.O., Barlow, P.J. (2007). Effect of different pre-treatments of fresh coconut kernels on some of the quality attributes of the coconut milk extracted. *Food Chemistry*. 101: 771–777. [doi:10.1016/j.foodchem.2006.02.032](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.02.032)

Yalegama, LLWC., Karunaratne, DN., Sivakanesan, R., Jayasekara, C. (2013). Chemical and functional properties of fibre concentrates obtained from by-products of coconut kernel. *Food Chemistry*: 141: 124–130. [doi:10.1016/j.foodchem.2013.02.118](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.118)

2. Capítulo 2

INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN DE EMULSIONES A BASE DE COCO, SOBRE LA ESTABILIDAD DEL SISTEMA COLOIDAL

INFLUENCE OF COMPOSITION COCONUT'S EMULSIONS ON THE STABILITY OF COLLOIDAL SYSTEM

Lucas Aguirre Juan Carlos^{1,2}, Tobón Castrillón Cynthia¹, Rodríguez Cortes Misael¹,

¹Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. Calle 59 A N 63-20, Medellín, Colombia. ²Universidad del Quindío – Armenia – Colombia.

Email: jclucasa@unal.edu.co^{1,2}, cstobonc@unal.edu.co¹, mcortesro@unal.edu.co¹

RESUMEN

El coco representa un producto de mucha importancia a nivel mundial y su competitividad está muy restringida a la comercialización en forma de torta, harina y aceite de coco, principalmente hacia la comunidad europea. La búsqueda de nuevas alternativas de diversificación de productos como materias primas para sectores alimentarios, farmacéutico y cosmético, representa un reto con mucho potencial. El objetivo de la investigación fue determinar la influencia de la composición de emulsiones a base de leche de coco (LC), sobre su estabilidad fisicoquímica. La pulpa de coco (PC) se molió con su agua de coco (AC), separándose la fibra de coco (FC), la cual posteriormente se secó a 40°C y molió para su utilización en las emulsiones, las cuales se homogenizaron a 10000 rpm durante 10 min. Se utilizó la metodología de superficie de respuesta con un diseño central compuesto (21 experimentos), considerando las variables independientes: (AC+H₂O)/PC (1,5 – 2,5); goma xantán (G_{Xantán}): 0,25–0,75%, FC: 2,5-7,5%; terbutilhidroquinona (TBHQ): 100-200 mg/kg. Adicionalmente se utilizó suero lácteo como agente tensoactivo y sal. Se utilizó el método de regresiones múltiples para la predicción de los términos lineales, cuadráticos y la interacción de las variables independientes en los modelos. Las condiciones óptimas fueron: (AC+H₂O)/PC: 2.0; G_{Xantán}: 0,5%, FC: 5.0%; TBHQ: 200 mg/kg, alcanzando potencial-ζ: -45,578±2,478 mV, índice de estabilidad por absorción espectral (R): 0,851±0,025; viscosidad (μ): 741,7±25,5 cP, color (L*: 67,5±0,7, a*: 3,2±0,2 y b*: 8,6±0,5), índice de peróxido (IP): 0,142±0,038 meqH₂O₂/kg, tamaño de partícula (D₁₀: 4,3±0,8 μm, D₅₀: 323,7±43,6 μm y D₉₀: 743,0±65,1 μm) y solidos totales (ST): 19,981±0,303%. Los resultados confieren una buena estabilidad fisicoquímica en el sistema

coloidal de estudio, que podrían garantizar su uso efectivo en procesos posteriores, como en el secado por aspersión para la obtención de polvo de coco.

Palabras clave: *Cocos nucifera* L., estabilidad fisicoquímica, coloides, fibra.

ABSTRACT

Coconut represents a high importance product to wide world and its competitiveness is highly restricted to cake, flour and oil commercialization, primarily to European communities. New products diversification alternatives researches to its use as raw material to food, pharmaceutical and cosmetology sectors represents a high potentially challenge. This research objective was determined the emulsion composition influence based on coconut milk (LC) over its stability physical-chemical. The Coconut pulp (PC) was grinded with its own coconut water (AC), getting separated coconut fiber (FC) from coconut milk (LC), later it was dried at 40°C and grinded to its later use on emulsions, whose were homogenized to 10000 rpm during 10 minutes. Response Surface methodology was used with a central compound design (Twenty-one experiments) considering independent variables: PC/AC: 1.0-0.4; goma xantán: 0.25–0.75%, FC: 2.5-7.5%; terbutilhidroquinona (TBHQ): 100-200 mg/kg. In Addition, milk serum was used as surfactant agent and salt. Multiple Regression technique was used to foretell lineal, quadratic terms and their interaction with independent variables in models. Optimal conditions were: (AC + H₂O) / PC: 0.5; xantán gum: 0.5%, FC: 5.0%; TBHQ: 200 mg/kg, reaching potential ζ : -45.578±2.478 mV, stability index per spectral absorption: 0.851±0.025; Viscosity: 741.7±25.5 cP, color (L*: 67.5±0.7, a*: 3.2±0.2 y b*: 8.6±0.5, peroxide index: 0.142±0.038 meqH₂O₂/kg, particle size (D₁₀: 4.3±0.8 μm, D₅₀: 323.7±43.6 μm y D₉₀: 743.0±65.1μm) y total Solids: 19.981±0.303%. Results give a decent physical-chemical stability in colloidal system under study; these results could guarantee its successful use in subsequent process, e.g., Coconut Powder Obtained by Spray Drying.

Key words: *Cocos nucifera* L., physicochemical stability, colloids, fiber.

INTRODUCCIÓN

El Coco (*Cocos nucifera* Linn) es una palmera de la familia Arecaceae ampliamente distribuida en los climas tropicales y subtropicales, conocido como el árbol de la vida, debido al aprovechamiento de la totalidad de la PC, AC, cáscara, caparazón, madera, hojas, espiguilla, etc. El fruto consta de un endospermo (PC), AC y una cascara o caparazón muy duro. La PC

proporciona importantes constituyentes de un alimento, resaltándose su contenido de agua (51,9%), grasa principalmente láurico y mirístico (26,1%), carbohidratos (15,1%), vitaminas C, tiamina, riboflavina, niacina, y minerales como hierro, calcio y fósforo, que proporcionan 293 kcal de energía (Ochoa-Velasco *et al.*, 2014).

El endospermo es la parte económicamente más importante de la fruta, obteniéndose productos como copra, aceite de coco y leche de coco (Siriphanich *et al.*, 2011). La leche de coco es una emulsión natural de aceite en agua, termodinámicamente inestable, obtenida de la extracción acuosa del endospermo, y utilizado como ingrediente alimentario para proporcionar cremosidad y aroma único en culinaria, especialmente en las regiones de Asia y el Pacífico. Por otra parte, la composición de la leche de coco, incluyendo la proteína, varía de acuerdo a la variedad, edad, entorno de crecimiento del coco y, el método y las condiciones utilizadas en el proceso de extracción (Tangsuphoom y Coupland, 2008). Algunos investigadores han señalado que la leche de coco contiene aproximadamente 54% de humedad, 35% de grasa y 11% sin grasa sólida (Simuang *et al.*, 2004; Tangsuphoom y Coupland, 2008).

El coco se usa libremente como una bebida refrescante y como ingrediente de confitería, helados, galletas, pasteles y pan (Solangi and Iqbal, 2011; Appaiah *et al.*, 2015). El aceite extraído del coco se utiliza como aceite de cocina, aceite para el cabello, aceite de lámpara y como un ingrediente esencial en la fabricación de jabón (Solangi y Iqbal, 2011). Por otro lado, el agua de coco se destaca como una bebida natural que está ganando popularidad en el campo de las ciencias del deporte y la industria de bebidas, debido a su alto valor nutricional ya que contiene sales, azúcares y vitaminas, reponiendo de manera efectiva los electrolitos perdidos durante el ejercicio (Thuan-Chew *et al.*, 2014; Camargo-Prado *et al.*, 2015); adicionalmente se le atribuyen potenciales propiedades terapéuticas, incluyendo la prevención y el alivio de muchos problemas de salud: deshidratación, estreñimiento, problemas digestivos, fatiga, insolación, diarrea, cálculos renales e infecciones del tracto urinario (DebMandal y Mandal, 2011; Thuan-Chew *et al.*, 2014) y un efecto anti-envejecimiento (Ge *et al.*, 2006; Camargo-Prado *et al.*, 2015). Un subproducto de la agroindustria del coco lo representa la fibra obtenida después de la extracción de la leche de coco, la cual presenta un importante contenido como fibra dietética con implicaciones para la salud, llegando a prevenir enfermedades crónicas, tales como el cáncer, enfermedades cardiovasculares y la diabetes mellitus (Raghavendra *et al.*, 2006; Trinidad *et al.*, 2006; Yalegama *et al.*, 2013).

Las emulsiones y dispersiones son sistemas coloidales termodinámicamente inestables desde un punto de vista fisicoquímico, rápidamente o lentamente pueden presentar separación de

fases (Piorkowski y McClemnts, 2014). La estabilización de estos sistemas se consigue normalmente mediante la adición al sistema coloidal de componentes tensoactivos de carácter anfifílico (polisorbatos, fosfolípidos, entre otros) y/o proteínas y/o agentes espesantes (gomas, gelatina, entre otros). La estabilidad de los sistemas coloidales, según la teoría de Derjaguin-Landau-Verwey-Overbeek (DLVO), generalmente se rige por la combinación de fuerzas de atracción (fuerzas de Van der Waals) y de repulsión electrostática, para obtener un potencial global de interacción entre dos partículas, en función de su distancia, cuando estas se encuentran en un medio iónico (coloides electrocráticos) (Piorkowski y McClemnts, 2014; Mirhosseini *et al.*, 2008). Adicionalmente, interaccionan otros tipos de fuerzas como las fuerzas estéricas, de hidratación, hidrofóbicas y de separación de fases (Piorkowski y McClemnts, 2014).

El objetivo de la investigación fue evaluar la influencia de la composición de emulsiones a base de coco, fibra nativa, antioxidante y otros aditivos sobre la estabilidad del sistema coloidal, con fines de ser utilizada en el secado por aspersión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron cocos (*Cocos nucifera* L.) variedad Enano Malayo (manila) o Alto Pacífico (típico) de la región pacífica colombiana, con una edad de floración a cosecha aproximadamente de 12 meses y un tiempo poscosecha entre 15 y 36 días. Se utilizó como aditivos en la formulación de la emulsión, Terbutil hidroquinona (TBHQ) (Team) como agente antioxidante E-319, G_{xantan} como estabilizante, suero lácteo Instant WPC 80 como agente tensoactivo y sal de cocina (Refisal) para incrementar las fuerzas repulsivas y la estabilidad del sistema.

La caracterización del coco y emulsiones se realizó utilizando las siguientes metodologías: La humedad se determinó según el método oficial 930.15/90 de la AOAC. El pH se determinó usando un electrodo en la muestra, previa calibración con soluciones tampón de pH 2, 4, 7 y 10 a 25°C (Método AOAC 981.12/90). Los sólidos solubles se determinó por lectura refractométrica (Método AOAC 932.12/90). La acidez del AC se determinó por el método de titulación potenciométrica (Método AOAC 942.05/90), expresado en ácido málico y para la PC se determinó el índice de acidez en términos de ácido laurico. La actividad de agua (a_w) se determinó con un higrómetro de punto de rocío a 25°C (Aqualab serie 3TE, Decagon, Devices, Pullman, WA, USA) (Cortés-Rodríguez *et al.*, 2008). El índice de peróxido (IP) se determinó por un método espectrofotométrico que se basa en capacidad de los peróxidos para oxidar los iones ferrosos a iones férricos que reaccionan con diversos reactivos que producen complejos

coloreados (Hornero-Méndez *et al.*, 2001). El IP sirve como un indicador útil del grado de oxidación de lípidos, grasas y aceites y fue expresado como meq de H₂O₂ /kg aceite muestra (ecuación 1), donde A_m y A_b corresponden a la absorbancia de la muestra y el blanco, respectivamente, a una longitud de onda de 500 nm; m= pendiente de la curva de calibración; W= peso muestra (g); 2= factor de conversión para expresar como meqH₂O₂, 55,84= peso molecular del hierro y V_t= volumen final (mL) de la mezcla de reacción, se utilizó para cuantificarlos tanto a la materia prima como a la emulsión.

$$\frac{\text{meqH}_2\text{O}_2}{\text{kg muestra}} = \frac{(A_m - A_b) * 1/m}{w * 2 * 55.84} * v_t \quad (\text{Ecuación 1})$$

El contenido de aceite extraíble se determinó de acuerdo al método descrito por Bae y Lee modificado (2008). Se pesó 1 g (±0,0001) de muestra en tubo de vidrio de 15mL, se adicionó 4mL de agua (40°C) y se agitó con un *vortex* por 2 min. La mezcla inicial se mezcló con 25mL de solución hexano/isopropanol (3:1 v/v) agitando durante 5 min, luego se centrifugó a 3000 rpm/2min, separándose la fase orgánica, la cual fue sometida posteriormente a calentamiento a 70 °C/5horas. El contenido de aceite extraíble se cuantificó como una diferencia de pesos antes y después del calentamiento. El color se determinó utilizando un espectrofotómetro X-Rite con iluminante D₆₅ y un observador de 10° como referencia. A partir de los espectros de reflexión se obtuvieron las coordenadas de color del CIE-La*b*, donde L* es un indicador de la luminosidad, a* (cromaticidad verde (-) a rojo (+)) y b* (cromaticidad azul (-) a amarillo (+)) (Cortés-Rodríguez *et al.*, 2008). La viscosidad (μ) de la emulsión y del agua de coco se determinaron utilizando el reómetro (Brookfield DV-III Ultra (Brookfield Engineering Laboratories, Inc., USA) acoplado con un baño termostataado marca Brookfield modelo TC-502, temperatura controlada de 25°C, equipado con el husillo RV4 a una velocidad de 0,01 a 250 rpm, reportándose la viscosidad en cP a una velocidad de 250 rpm (Mirhosseini *et al.*, 2008). La textura de la PC: Se utilizó un analizador de textura (TA-TA-XT2i, Stable Microsystems Ltd., Reino Unido) con una sonda cilíndrica de acero inoxidable de 5 mm, en una celda de carga de 25 kgf. Se aplicó una prueba de punción con una velocidad constante de la sonda de 1,0 mm.s⁻¹ y 3 mm de penetración, determinándose la fuerza máxima como el promedio de los picos fluctuantes en la meseta descrita antes de alcanzar los 3 mm de penetración (Prieto *et al.*, 2011).

Potencial zeta (ζ): El potencial zeta de las emulsiones se determinó a partir de la movilidad electroforética y luego aplicando la ecuación de Henry, utilizando un Zetasizer Nano ZS90 (Malvern Instruments Ltd., Worcester, UK). Para evitar múltiples efectos de dispersión de la partícula y la presencia de burbujas de aire, las emulsiones fueron diluidas con agua

desionizada en una relación emulsión: agua (1: 100). Los datos experimentales se reportaron como el promedio de tres inyecciones individuales (Rezvani *et al.*, 2012). El índice de estabilidad por absorción espectral (R): Se determinó a partir de la relación de las absorbancias a dos longitudes de onda (800 y 400 nm) (A_{800}/A_{400}) (Mirhosseini *et al.*, 2008), utilizando un espectrofotómetro UV-Visible (Thermo Scientific Evolution 60). Las muestras de emulsión fueron diluidas en agua (1:100) y se realizaron triplicados por emulsión.

Tamaño de partícula: Se determinó utilizando el Mastersizer 3000 (Malvern Instrument Ltd., Worcestershire, UK). Las muestras se dispersaron en 500mL de agua destilada hasta obtener un valor de oscurecimiento de $10 \pm 1\%$. La distribución de tamaño se calculó con la teoría de Mie utilizando el índice de refracción de 1.52 (Millqvist-Fureby & Smith, 2007) y el tamaño de partícula se reportó como percentiles D_{10} , D_{50} y D_{90} .

Tensión Superficial (σ): Se determinó por el método de anillo de Nouy (Makri y Doxastakis, 2007) a 15°C , utilizando un tensiómetro marca KRUSS K20 con un anillo de aleación de platino con iridio y se determinó la tensión superficial en mN/m.

La caracterización bromatológica se realizó a la PC determinando el contenido de cenizas según el método 942.05/90 de la AOAC, grasa según el método 920.39/90 de la AOAC, proteínas según el método 955.04/90 de la AOAC y fibra dietaria total por el método oficial 985.29 (AOAC 1990).

El rendimiento de la PC y el AC se realizaron pesando inicialmente los cocos enteros, se lavaron y desinfectaron, luego se les retiró el AC y se escaldaron en agua en ebullición ($T \approx 96^{\circ}\text{C}$) durante 20 min, retirando el caparazón de la PC. El rendimiento del fruto se determinó a partir de las relaciones kg PC/kg coco y kg AC/kg coco. La PC seleccionada, se sometió nuevamente a un proceso de lavado, desinfección, corte en trozos y molienda (molino TM32 INOX BRAHER 3HP - 16801002). Se prepararon lotes de 3000 g de emulsión, homogenizando inicialmente la PC y el AC con agua potable en una licuadora Osterizer 600 Watts en la posición III durante 5 min, luego se filtró la mezcla en un tamiz de malla $500 \mu\text{m}$, separándose la fibra de la LC. La fibra obtenida se sometió a un proceso de secado a 40°C por 48 horas y molienda (molino IKA MF 10.1, USA) para reducir el tamaño de partícula y adicionar en la emulsión (Tangsuphoom y Coupland, 2008). Posteriormente, la emulsión final se preparó en un homogenizador Silverson serie L5 utilizando el cabezal emulsificante a 10000 rpm durante 10 min, mezclando LC, fibra molida nativa, suero lácteo, sal de cocina, G_{xantan} y TBHQ. Se utilizó un baño de enfriamiento para controlar que la temperatura no superará los 35°C .

Para el desarrollo de la formulación de la emulsión se utilizó la metodología de superficie de respuesta con un diseño experimental central compuesto y así establecer los efectos principales y combinados de las variables independientes: (A) relación (AC+H₂O)/PC (1,5-2,5), (B) G_{xantan} (0,25-0,75%), (C) fibra nativa (2,5-7,5%) y (D) TBHQ (100–200 mg/kg), y variables dependientes: a_w, sólidos totales, índice de estabilidad espectral (R), índice de peróxido (IP), potencial zeta (ζ), tensión superficial (σ), color (L*, a*, b*), viscosidad (μ) y tamaño de partícula (D₁₀, D₅₀ y D₉₀), obteniéndose 21 experimentos aleatorizados con cinco repeticiones en el punto central. La tabla 2 describe el diseño experimental empleado. La formulación se ajustó en su composición, utilizando suero lácteo como tensoactivo previa determinación de su concentración micelar crítica (CMC) (Abascal y Garcia-Fadrique, 2009) y sal de cocina en una concentración de 9 mMol/L, con el fin de incrementar las fuerzas repulsivas y mejorar la estabilidad del sistema coloidal (Dickinson, 1992; Piorkowski y McClements, 2014).

Para la determinación de la CMC del tensoactivo (suero lácteo Instant WPC 80), se prepararon disoluciones a 15°C con agua destilada, para alcanzar las siguientes concentraciones de fracción de masa (p/p) por triplicado: 0% como control, 0,05%, 0,2%, 0,35%, 0,5% y 0,65%. Las disoluciones fueron homogenizadas por 5 minutos a 300 revoluciones por minuto (rpm) con un agitador marca IKA RW20, y fueron almacenadas por 48 horas hasta iniciar las determinaciones, con el objetivo de observar posibles precipitaciones, y posteriormente se midió la tensión superficial (σ) como se describió anteriormente, graficando la concentración de proteína vs tensión superficial, determinando la CMC (Abascal y Garcia-Fadrique, 2009; Makri y Doxastakis, 2007; González-Tello *et al.*, 2007).

Para determinar el efecto de las variables independientes se utilizó el método de regresiones múltiples para la predicción de los coeficientes lineales, cuadráticos y la interacción de las variables independientes en los modelos de superficie de respuesta, con el objetivo de optimizar la proporción de componentes de la emulsión en términos de las variables dependientes. El modelo polinomial generalizado para relacionar la respuesta a las variables independientes fue el siguiente:

$$Y = \beta_0 + \beta_A A + \beta_B B + \beta_C C + \beta_D D + \beta_A^2 A^2 + \beta_B^2 B^2 + \beta_C^2 C^2 + \beta_D^2 D^2 + \beta_{AB} AB + \beta_{AC} AC + \beta_{AD} AD + \beta_{BC} BC + \beta_{BD} BD + \beta_{CD} CD \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde β_0 es una constante, β_A , β_B , β_C y β_D es el coeficiente lineal de cada factor; β_A^2 , β_B^2 , β_C^2 y β_D^2 es el coeficiente cuadrático de cada factor; β_{AB} , β_{AC} , β_{AD} , β_{BC} , β_{BD} y β_{CD} es el coeficiente de producto de las interacciones de los factores. La adecuación de los modelos se determinó

utilizando la prueba de falta de ajuste y el coeficiente de regresión (R^2); además, el análisis de varianza (ANOVA) se realizó con un nivel de confianza del 95%. La matriz del diseño experimental, el análisis de los resultados y el procedimiento de optimización se realizó usando el software Statgraphics Centurion XVI.I. Los datos experimentales a la condición óptima se compararon con los valores ajustados predichos por los modelos con el fin de verificar los modelos de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición físico-química de coco: La tabla 1 presenta los valores medios más las desviaciones estándar de la distribución de las partes del coco descascarado, y las propiedades físicas y fisicoquímicas de la PC y AC con 15 días de cosecha en fresco o pseudocero.

Tabla 1. Composición fisicoquímica de frutos de coco descascarado en estado maduro.

Propiedad	Coco descascarado	PC	AC
Peso (kg)	622,3±61.9		
PC (%)	47,1±3,1	-----	-----
AC (%)	30,1±5,2		
Caparazón (%)	26,0±3,8	-----	-----
Humedad (%)	-----	50,4±5,2	95,0±1,6
Índice de acidez (%) [*]	-----	0,510±0,240	-----
Acidez (%) ^{**}		-----	0,041±0,014
a_w	-----	0,978±0,005	0,970±0,030
°Brix	-----	6,4±3,0	3,7±0,6
pH	-----	6,1±0,2	5,7±0,4
μ (Cp)	-----	-----	0,744±0,06
Textura (N)	-----	81,1±8,3	-----
Densidad (g/mL)	-----	-----	1,015±0,001
L^*	-----	71,9±4,3	51,0±1,5
a^*	-----	-1,1±0,2	-1,0±0,3
b^*	-----	3,1±0,8	0,3±1,0
ÍP (meqH ₂ O ₂ /kg aceite)	-----	0,695±0.340 ^{***}	
Proteína (%bh)	-----	3,27±0,32	-----
Fibra dietaria (%bh)	-----	12,93±2,47	-----
Grasa (%bh)	-----	19,89±3,03	-----
Cenizas (%bh)	-----	1,08±0,275	-----

*: Expresado como ácido láurico. **: Expresado como ácido málico. ***: Mezcla PC+AC.

Se observa que la parte comestible aprovechable alcanza aproximadamente un 77% del coco completo y donde el AC representa un porcentaje importante, por lo que su uso independiente o mezclado con la PC resulta interesante a nivel industrial. Haseeana *et al.*, 2010 encontraron un contenido de AC aproximadamente de 251 mL/coco, mientras que Appaiah *et al.*, 2015 encontraron una relación agua:pulpa: 1:3, con contenidos de agua de 117 ± 42.5 g/coco y además un peso de pulpa de 330 ± 19.5 g. Por otro lado, Luengwilai *et al.*, 2014 encontraron una distribución porcentual de coco descascarado similar a la presente investigación: PC (35-50%), AC (19-28%) y caparazón (25-34%). Otras investigaciones, encontraron que en plena madurez, la distribución porcentual del coco fue: cáscara (31-54%), caparazón (12-16%), PC (28-33%) y AC entre 6-25% (Guarte *et al.*, 1996; Siriphanich *et al.*, 2011; Assa *et al.*, 2011). Esta variabilidad en los resultados de diversas investigaciones podría ser atribuible a factores tales como, tierras de cultivo, manejo agronómico, climatología, fisiología de las variedades de coco utilizadas (producto no-climatérico), la cual es promovida por la respiración y transpiración y además por la absorción de AC por el endospermo sólido (Siriphanich *et al.*, 2011).

La PC y AC en general presentan altos valores de a_w y humedad; mientras que el AC presenta bajos valores de acidez ($0,041\pm 0,014$) correspondiente a pH de 5.7 ± 0.4 , que los hacen muy susceptible a degradación microbiana, por lo que después de descascarado se sugiere almacenar bajo refrigeración o congelación. Adicionalmente, los sólidos totales de la PC son mayores que el AC, encontrándose en una relación de 10/1, y siendo aportados principalmente por sus contenidos de grasa y fibra. El contenido graso del coco representa nutricionalmente un aporte calórico importante, con un contenido de ácido láurico aproximadamente del 50%, y otros ácidos grasos saturados como cáprico y mirístico (Marina *et al.*, 2009; Raghavendra y Raghavarao, 2010; Assa *et al.*, 2011). Por otro lado, se observa un aporte importante de fibra en la PC, principalmente constituida por fibra dietaria (Raghavendra *et al.*, 2006; Trinidad *et al.*, 2006; Yalegama *et al.*, 2013). Thuan-Chew *et al.*, 2014, reportó valores de acidez para el AC maduro de $0,061\pm 0,003\%$ (expresado como ácido málico), pH $5,71\pm 0,10$ y °Brix $4,85\pm 0,17$; mientras Camargo-Prado *et al.*, 2015, reportó valores pH: 5,01 Y °Brix: 5,00. Trinidad *et al.*, 2006; reportaron mayores contenidos de fibra dietaria de la harina de coco: $60,0\pm 1,0\%$ (56% como fibra insoluble y 4% soluble), resultados similares a los reportados por Raghavendra *et al.*, 2006 y Yalegama *et al.*, 2013.

El IP de la mezcla PC + AC fue bajo, a pesar de su alto contenido graso; sin embargo, este parámetro puede llegar a ser muy crítico durante su almacenamiento, debido a que está asociado al grado de oxidación de lípidos, grasas y aceites, y podría contribuir a producir

sabores desagradables que afectan negativamente la calidad del fruto y su aceptación por el consumidor (Hornero-Méndez *et al.*, 2001). Raghavendra y Raghavarao, 2010 encontraron valores de IP de $0,82\pm 0,02$ y $1,46\pm 0,06$ meqH₂O₂/kg aceite e índice de acidez de $0,27\pm 0,05$ y $0,91\pm 0,02$ en el aceite de coco extraído y un aceite de coco comercial, respectivamente.

En la PC el índice de acidez fue relativamente bajo ($0,51\pm 0,24$); sin embargo, este constituye una medida del grado de hidrólisis de los ácidos láurico, cáprico, caproico, caprílico, mirístico, oleico, palmítico, esteárico, vaccénico y linoleico, presentes en la matriz alimentaria (Santoso *et al.*, 1996; Waisundara *et al.*, 2007; Assa *et al.*, 2011; Appaiah *et al.*, 2015). La causa de la existencia de ácidos grasos libres es la actividad enzimática de las lipasas, indicando que los ácidos grasos libres hayan comenzado a oxidarse a compuestos oxigenados, como por ejemplo los hidroperóxidos, por la acción de agentes químicos (oxígeno, temperatura, luz, trazas metálicas) o agentes bioquímicos (microorganismos, enzimas lipoxidasas) o la combinación de ambos, en función de las condiciones de almacenamiento y de la composición del aceite almacenado, se recomiendan valores $\leq 0,8$ (Kishk & Elsheshetawy, 2013).

En cuanto al color, la L* de la PC ($71,9\pm 4,3$) fue mayor que la del AC ($51,0\pm 1,5$), lo que la hace más blanca o con mayor claridad y brillo en su superficie, principalmente por el aporte graso y del contenido fibroso (Yalegama *et al.*, 2013; Raghavendra *et al.*, 2006); mientras que, las cromaticidades a* y b* comportaron en el plano cromático a*b* próximas al punto (0,0), indicando su acromaticidad (Luengwilai *et al.*, 2014). Algunas investigaciones han determinado el color de la PC (L*= 67, a*= -0,65, b*= 1,05), resultados similares a los encontrados en el presente trabajo (Luengwilai *et al.*, 2014). En el AC, de acuerdo con lo reportado por Damar, (2006), los datos muestran ligeros cambios en los valores de L*= $59,74\pm 0,17$, a*= $-1,71\pm 0,02$, b*= $1,84\pm 0,02$, en el agua de coco sin tratar, almacenada a 25°C, presentando una pequeña disminución de la semana 0 a 5 y luego aumentaron ligeramente a la semana 9, presentando valores y comportamiento muy similares a los encontrados en este trabajo (Purkayastha *et al.*, 2012).

En la textura de la PC comportó como un producto turgente con un nivel promedio de fracturabilidad principalmente de sus componentes fibrosos-porosos del orden de $81,12\pm 8,27$ N (Yalegama *et al.*, 2013; Raghavendra *et al.*, 2006). Por otro lado, la reología del AC comportó como un producto muy fluido, con viscosidad menor al agua, debido a su composición, constituida principalmente de azúcares solubles, minerales, proteínas y lípidos, influyendo significativamente a que se comporte como un fluido newtoniano, resultados que concuerdan

con lo reportado por Laux *et al.*, (2014), donde encontraron igual comportamiento para velocidades de corte entre 10 a 400 seg^{-1} , en todas las pruebas de flujo realizadas.

Determinación de la CMC: Se encontró que las proteínas de suero lácteo, tienen actividad de superficie, al reducir la tensión superficial del agua hasta $\sigma = 41 \text{ mN/m}$, por lo cual es interesante para su aplicación en alimentos. Se encontró la CMC, logrando determinar la concentración mínima a la cual se obtiene la mayor actividad superficial por parte de estas proteínas (González-Tello, *et al.*, 2007) (ver Figura 1).

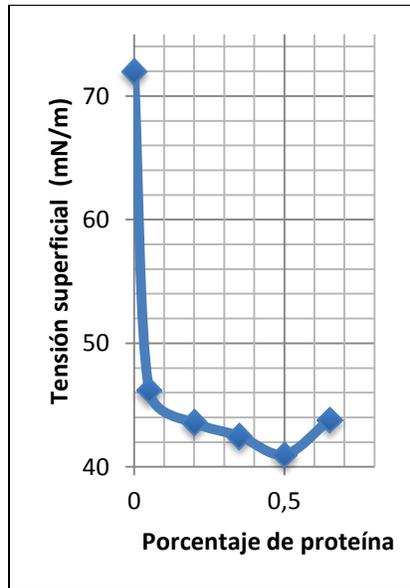


Figura 1. Tensión superficial en función de la concentración de proteínas séricas.

Este comportamiento es esperado, debido al carácter anfifílico de estas proteínas y su marcada actividad de superficie. En la figura 1, se observa, adicionalmente, que a una concentración de 0,5% de fracción de masa, se obtuvo la concentración micelar crítica (CMC), con un valor de tensión superficial de $\sigma = 41 \text{ mN/m}$, a partir de esta concentración los valores aumentan un poco y luego, se estima, que presentará un comportamiento asintótico. Este fenómeno es normal con este tipo de materiales, se conoce que los surfactantes tienen una concentración máxima efectiva, donde la superficie del líquido está saturada del material y a partir de allí, el exceso de este generará agregaciones conocidas como micelas, al asociarse afectan características como el punto de congelación y la conductividad de la solución e incluso formado precipitados (Antón de Salager, 2005). Estos valores son similares a los presentados por González-Tello *et al.*, (2007) con proteínas de suero en concentraciones similares, también a lo reportado por Abascal y Gracia-Fadrique (2009) con disoluciones de caseinato de calcio y de sodio, incluso valores

cercanos se han encontrado con otras proteínas como la extraída del *Phaseolus vulgaris* en el trabajo realizado por Makri y Doxastakis, (2007).

Diseño de emulsiones de coco

La tabla 2 presenta los valores medios y las desviaciones estándar de las variables dependientes evaluadas según el diseño estadístico; mientras que, la tabla 3 presenta los resultados del ANOVA. Los resultados de las variables dependientes se ajustaron a un modelo de regresión polinómica de 2º orden, y el ANOVA mostró que los modelos de superficie de respuesta fueron significativos con un nivel de confianza del 95% para todas las ecuaciones de regresión.

Actividad de agua (a_w) y sólidos totales: La figura 2 presenta los gráficos de superficie de respuesta de la a_w y los ST en función de las variables independientes. La a_w presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto a la $G_{X_{\text{antán}}}$ y al contenido de TBHQ; además, con respecto a la interacción $G_{X_{\text{antán}}} - \% \text{ Fibra}$. Por otro lado, los ST presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto a interacciones cuadrática $G_{X_{\text{antán}}}$, $\% \text{ Fibra}$ y TBHQ, además con la interacción $G_{X_{\text{antán}}} - \text{TBHQ}$.

Los valores de la a_w de las emulsiones presentaron poca fluctuación ($0,972 \pm 0,01 - 0,992 \pm 0,00$), conservando altos valores que denotan una condición favorable al crecimiento microbiológico y reacciones de deterioro como la oxidación lipídica y el pardeamiento no enzimático (Appaiah *et al.*, 2015; Haseena *et al.*, 2010).

La a_w presentó un efecto inversamente proporcional con respecto $G_{X_{\text{antán}}}$, mientras el TBHQ tuvo un efecto contrario a la $G_{X_{\text{antán}}}$. Por otro lado, se observa que los ST variaron entre $13,6 \pm 0,1 - 25,2 \pm 0,5\%$, resaltándose principalmente su incremento por efecto del incremento del $\% \text{ Fibra}$, lo cual resulta favorable en los procesos de secado por aspersion, ya que mejora el rendimiento productivo y energético (Phisut, 2012; Khuenpet *et al.*, 2016; Tontul y Topuz, 2017).

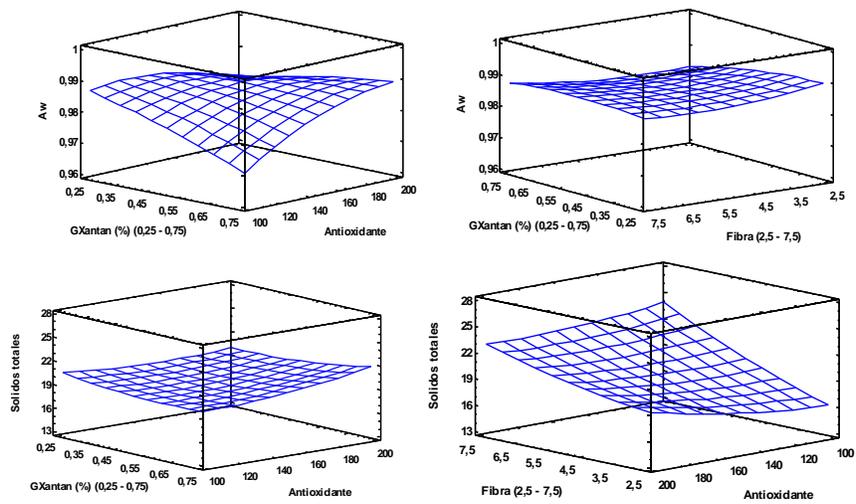


Figura 2. Gráficos de superficie de respuesta de la a_w y los sólidos totales en función de las variables independientes.

Tabla 2. Resultados del diseño experimental de la formulación y proceso de homogenización de emulsiones a base coco.

Exp	A (AC+H ₂ O)/PC	B G _{Xanta} n (%)	C Fibra (%)	D TBHQ (mg/kg)	L*	a*	b*	R	μ (cP)	IP (meqH ₂ O ₂ /kg)	D ₁₀ (μm)	D ₅₀ (μm)	D ₉₀ (μm)	ζ (mV)	aw	ST (%)
1	2,00	0,50	5,00	100	66,3±0,5	3,4±0,1	6,4±0,2	0,86±0,0	705,2±22,6	0,14±0,07	3,1±0,1	50,3±10,9	537,2±48,6	52,2±1,6	0,980±0,00	19,6±0,1
2	1,50	0,75	7,50	200	65,1±3,6	4,1±0,2	7,0±0,3	0,86±0,0	1530,7±40,3	0,10±0,03	3,2±0,3	127,0±38,0	648,4±49,1	53,3±1,8	0,982±0,01	24,6±0,2
3	2,00	0,50	5,00	150	65,7±0,1	4,1±0,2	5,7±0,2	0,83±0,0	610,6±6,7	0,07±0,03	2,4±0,1	93,3±37,5	574,7±34,0	55,6±1,8	0,987±0,00	19,1±0,1
4	2,00	0,50	2,50	150	67,3±0,5	4,1±0,2	5,1±0,1	0,84±0,0	369,4±2,9	0,06±0,01	1,9±0,5	11,9±3,0	481,8±36,7	54,7±1,8	0,987±0,00	17,1±0,2
5	2,50	0,50	5,00	150	67,9±0,3	2,6±0,1	6,8±0,2	0,83±0,0	732,3±14,6	0,08±0,04	2,1±0,3	157,7±73,4	464,1±99,0	45,4±6,5	0,992±0,00	16,1±0,2
6	1,50	0,50	5,00	150	67,6±0,5	2,4±0,2	7,0±0,2	0,87±0,0	746,5±11,2	0,04±0,03	4,7±0,4	139,5±48,5	546,8±54,7	47,1±1,6	0,984±0,00	19,1±0,2
7	1,50	0,25	2,50	100	70,8±0,5	1,9±0,1	6,5±0,3	0,90±0,0	241,1±13,1	0,05±0,03	8,1±3,1	58,2±17,7	566,9±83,3	47,9±1,5	0,987±0,00	17,0±0,1
8	2,50	0,75	7,50	100	64,5±1,0	3,7±0,3	7,7±0,3	0,86±0,0	2252,7±21,9	0,07±0,02	4,0±0,6	394,7±52,1	920,6±287,7	47,3±1,0	0,987±0,00	21,0±0,2
9	2,00	0,50	5,00	200	65,8±0,5	3,4±0,2	7,9±0,7	0,86±0,0	840,3±10,8	0,04±0,01	3,2±0,2	222,2±36,4	601,4±47,5	48,6±1,7	0,986±0,00	20,5±0,1
10	1,50	0,25	7,50	100	65,3±0,4	3,1±0,1	8,7±0,1	0,87±0,0	1503,3±96,0	0,06±0,02	26,1±14,0	302,1±17,1	666,8±43,4	44,2±1,2	0,985±0,00	25,2±0,5
11	2,50	0,25	2,50	200	67,6±0,7	3,4±0,1	5,8±0,2	0,85±0,0	309,9±4,0	0,11±0,04	3,0±0,2	10,1±1,5	383,8±99,9	44,7±3,3	0,986±0,00	16,1±0,2
12	2,00	0,75	5,00	150	67,3±1,4	2,3±0,1	7,0±0,4	0,87±0,0	1054,3±30,1	0,06±0,03	2,1±0,2	164,8±55,5	533,2±112,0	45,4±1,3	0,984±0,00	20,2±0,2
13	2,00	0,50	5,00	150	71,7±0,3	2,0±0,1	6,5±0,2	0,86±0,0	587,6±21,5	0,03±0,03	2,4±0,2	234,8±46,3	631,6±55,4	48,6±1,4	0,986±0,00	19,2±0,1
14	2,00	0,50	5,00	150	66,8±0,8	2,6±0,2	7,5±0,3	0,86±0,0	679,5±21,1	0,12±0,03	2,4±0,4	155,2±77,7	605,8±135,4	44,1±1,4	0,985±0,00	21,6±0,1
15	2,50	0,25	7,50	200	67,6±0,2	2,5±0,1	6,8±0,3	0,84±0,0	268,8±5,8	0,09±0,04	2,5±0,2	81,9±47,0	621,1±51,3	45,4±2,1	0,982±0,00	17,8±0,1
16	2,00	0,50	5,00	150	67,8±0,4	2,0±0,1	6,9±0,3	0,85±0,0	403,7±12,8	0,06±0,03	1,6±0,1	58,1±21,0	513,7±46,4	42,8±1,0	0,985±0,00	18,7±0,2
17	2,00	0,50	5,00	150	68,8±1,0	1,8±0,1	6,8±0,4	0,87±0,0	406,4±20,9	0,04±0,03	1,7±0,1	126,1±65,4	624,0±99,6	41,6±0,6	0,989±0,00	20,1±0,1
18	2,00	0,50	7,50	150	65,6±0,9	3,1±0,2	7,6±0,4	0,87±0,0	1360,0±85,4	0,09±0,02	3,0±0,2	249,2±38,8	600,9±57,5	45,9±1,4	0,991±0,00	23,0±0,2
19	2,00	0,25	5,00	150	66,9±0,4	2,7±0,1	7,5±0,2	0,85±0,0	298,0±12,2	0,05±0,04	2,5±0,2	239,7±85,5	689,4±95,3	39,1±2,8	0,988±0,00	19,7±0,2
20	1,50	0,75	2,50	200	69,4±0,4	1,8±0,1	7,1±0,3	0,88±0,0	857,3±52,0	0,09±0,02	1,9±0,2	136,5±78,1	647,9±147,1	44,2±1,8	0,992±0,00	18,5±0,1
21	2,50	0,75	2,50	100	68,8±0,4	2,3±0,2	6,8±0,3	0,86±0,0	531,3±14,4	0,18±0,02	1,6±0,1	91,9±36,9	802,9±90,0	45,2±2,1	0,972±0,01	13,6±0,1

Tabla 3. ANOVA (valores-p) para los modelos de superficie de respuesta.

Variables	Efectos principales				Efectos cuadráticos				Efectos de la interacción					
	A	B	C	D	A ²	B ²	C ²	D ²	AB	AC	AD	BC	BD	CD
L*	0,0000*	0,9036	0,0220*	0,8739	0,0148 *	0,5559	0,1724	0,0236*	0,3904	0,0000*	0,1321	0,0345*	0,2622	0,0000*
a*	0,0000*	0,1945	0,0542	0,3675	0,0000 *	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,6333	0,0000*	0,0009*	0,0000*	0,8573	0,0213*
b*	0,0834	0,0000*	0,0000*	0,3314	0,6763	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,6104	0,0000*	0,0000*	0,3222	0,0000*
R	0,7768	0,6701	0,1310	0,1161	0,3089	0,1615	0,5550	0,0726	0,5116	0,1534	0,3463	0,4590	0,1666	0,6243
μ	0,0000*	0,0000*	0,0172*	0,5493	0,0863	0,9429	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,1101	0,6171	0,0000*	0,0476*	0,0000*
IP	0,1341	0,0103*	0,9708	0,0736	0,9951	0,5578	0,3366	0,0446*	0,0000*	0,0133*	0,5969	0,1250	0,9920	0,0901
D ₁₀	0,0000*	0,000*	0,0000*	0,0000*	0,0193 *	0,4071	0,3145	0,0430*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0143*	0,0000*
D ₅₀	0,5576	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,7829	0,0000*	0,0925	0,2158	0,0000*	0,0201*	0,0000*	0,6555	0,3469	0,0000*
D ₉₀	0,0505	0,0000*	0,6537	0,0000*	0,2154	0,0000*	0,7491	0,1253	0,0000*	0,0151*	0,0000*	0,0362*	0,0238*	0,8448
ζ	0,3405	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,1461	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0306*	0,4558	0,0359*	0,0001*	0,9901	0,0000*
a _w	0,3605	0,0126*	0,0772	0,0314*	0,4165	0,3126	0,1849	0,0000*	0,3407	0,0000*	0,6234	0,0365*	0,0000*	0,0000*
ST	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,2981	0,0000 *	0,0409*	0,0210*	0,0345*	0,1336	0,0000*	0,8323	0,0000*	0,0293*	0,0000*

* Significativo (p<0.05).

Color: La figura 3 presenta los gráficos de superficie de respuesta de la L^* en función de las variables independientes. El color de las emulsiones (L^* , a^* y b^*) presentó influencia por los efectos lineales de las variables independientes consideradas y sus interacciones lineales y cuadráticas, variando los promedios dentro de los rangos (71,7-64,5), (4,1-1,8), (8,7-5,1), respectivamente. De acuerdo a estos resultados, los cambios en el plano cromático a^*b^* son mínimos o inapreciables al ojo humano, encontrándose en la zona de grises (zona acromática) (Gilabert, 1998; Alvarado y Aguilera, 2001), por lo que la L^* representa la variable de color de mayor importancia o variable de control.

El ANOVA presentó diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) en la L^* con respecto al %Fibra; además por efecto de las interacciones cuadráticas de la relación (AC+H₂O)/PC y del antioxidante (TBHQ), y por la interacción lineal $G_{\text{xantán}}-\%Fibra$. La L^* presentan una tendencia disminuir con el incremento del % Fibra presente, percibiéndose las emulsiones menos claras, lo cual podría ser atribuible a diversos factores: por un lado, la mayor presencia de la fibra genera una menor reflexión de la luz (Prieto *et al.*, 2011) y pérdida de la translucidez de la emulsión, permitiendo el paso de la luz aunque de manera difusa (Pei Ng *et al.*, 2014) y además, a mayor contenido de fibra se incrementa el contenido de pigmentos marrones del endocarpio (zona adyacente a la cáscara).

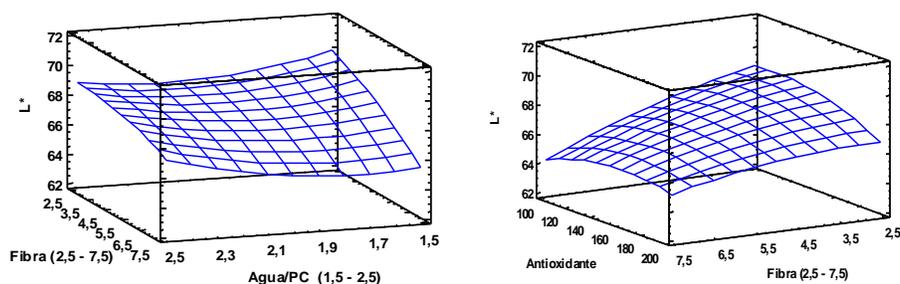


Figura 3. Gráficos de superficie de respuesta de la L^* .

Una disminución de L^* se presenta a bajas relaciones de (AC+H₂O)/PC, lo cual podría atribuirse al mayor contenido de PC en la formulación, que es correspondiente a un mayor aporte de fibra y aceite contenida en la misma. Bajo estas condiciones y sumando la adición de fibra seca y el incremento de la temperatura (20°C → 35°C) y del contenido de aire durante el proceso de homogenización, las emulsiones se perciben más oscuras, fenómeno que en conjunto está asociado al mayor contenido de sólidos, oxidación de los lípidos con la producción de hidroperóxidos y radicales libres (Ochoa-Velasco *et al.*, 2014; Kuhn & Cunha, 2012), posible pardeamiento enzimático debido a la presencia de enzimas peroxidasa y

polifenoloxidasas (Borda, 2011) y no enzimático (Prieto *et al.*, 2011). Por otro lado, la interacción positiva %Fibra-TBHQ potencia la disminución de la L^* a altos contenidos de fibra y TBHQ.

Algunos investigadores, como se describe a continuación, han evaluado la adición de PC deshidratada (60-80°C) en el producto final, produciendo una disminución de L^* entre 66 - 68, atribuyendo la mayor causa de oscurecimiento a la reacción de Maillard, debido al sabor y olor del producto final (Prieto *et al.*, 2011). Otras investigaciones reportan un oscurecimiento de la pulpa, emulsiones y fibra seca, debido principalmente al aumento de la temperatura del proceso que favorece la reacción de Maillard, cambiando el color desde un blanco pálido a un color marrón y sin registrar una importante pérdida de la calidad (Guarte *et al.*, 1996; Chiewchan *et al.*, 2006). Por otro lado, Tipvarakarnkoon *et al.*, (2010), reportan valores de L^* : $81,72 \pm 1,50$; a^* : $-0,66 \pm 0,18$, b^* : $2,1 \pm 0,73$ en “*leche de coco comercial*”; mientras que en “*leches de coco*” elaboradas con diversos tipos de goma de acacia, con y sin Tween 60, con y sin goma xantán y/o goma guar, mostró diferencias significativas principalmente en L^* , mientras que no resalta cambios apreciables en las cromaticidades a^* y b^* , resultados muy similares a los obtenidos en esta investigación.

En general, los cambios en las propiedades ópticas de las emulsiones de coco están determinadas principalmente por su composición, temperatura, el índice relativo de refracción, concentración y distribución del tamaño de las gotas oleosas y de partículas dispersas, lo cual tiene importantes implicaciones para el desarrollo de bebidas transparentes u opacas (Piorkowski y McClements, 2014).

Estabilidad fisicoquímica del sistema coloidal

La figura 4 presenta el gráfico de superficie de respuesta de parámetros asociados a la estabilidad fisicoquímica de la emulsión: ζ , μ , D_{10} , D_{50} , D_{90} , y σ en función de las variables independientes.

Índice R y tamaños de partículas

El índice de estabilidad R, no presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto a las variables independientes, dado que su rango de variación fue bajo (0,83 – 0,90). El R se basa en las propiedades de dispersión de la luz, lo cual está relacionado con el tamaño promedio de las partículas (Mirhosseini *et al.*, 2008; Homayoonfal *et al.*, 2015), por lo que se considera que estos valores fueron altos, lo cual se evidenció en los percentiles D_{10} , D_{50} y D_{90} , que fueron grandes y fluctuantes: D_{10} ($1,62 \pm 0,0 - 26,08 \pm 14,00 \mu\text{m}$), D_{50} ($11,90 \pm 2,96 - 302,11 \pm 17,01 \mu\text{m}$) y

D_{90} ($383,78 \pm 99,86 - 920,56 \pm 287,75 \mu\text{m}$), lo cual podría favorecer la separación de fases e identifica la necesidad de otros mecanismo para su estabilización.

El percentil D_{10} presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto a las interacciones cuadráticas de la relación (AC+H₂O)/PC y del TBHQ, además de la interacción $G_{\text{xantán}}$ - TBHQ; mientras que el percentil D_{50} lo fue con la interacción (AC+H₂O)/PC- % Fibra. El percentil D_{90} presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto a las interacciones lineales de la relación (AC+H₂O)/PC-% Fibra, $G_{\text{xantán}}$ -% Fibra y $G_{\text{xantán}}$ -TBHQ. Se resalta principalmente el incremento de D_{10} a altos contenidos de fibra y baja relación (AC+H₂O)/PC, además contrario a lo esperado con la disminución de la $G_{\text{xantán}}$. Por otro lado, el incremento de D_{50} se produce con el incremento del % Fibra y el de D_{90} con el incremento de $G_{\text{xantán}}$ y % Fibra.

En general, las diferencias de los percentiles puede atribuirse principalmente a la complejidad de la materia prima en cuanto a la maduración del fruto y su composición (aceite fibra, proteína, otros), a la composición del $G_{\text{xantán}}$ que se correlaciona directamente con la viscosidad y su efecto de cizallamiento y desintegración de las partículas, que actúan para reducir el tamaño de las gotas oleosas y de la fibra del coco de gran dureza (Raghavendra *et al.*, 2006). Se considera que, dentro de la distribución de tamaño de partículas las más pequeñas están asociadas a las gotas de aceite, mientras que la más grandes a las fibras suspendidas en la emulsión (Wallecan *et al.*, 2015). Comportamiento muy parecido al reportado por Homayoonfal *et al.*, (2015); Tipvarakarnkoon *et al.*, (2010), donde reporta que la intensidad de la fuerza de corte, la turbulencia y la cavitación creadas por el homogeneizador determinan el tamaño medio de partícula y el aumento del tiempo de homogeneización conduce a la elevación de la temperatura provocando una disminución en la tensión interfacial y la viscosidad (Anarjan *et al.*, 2010).

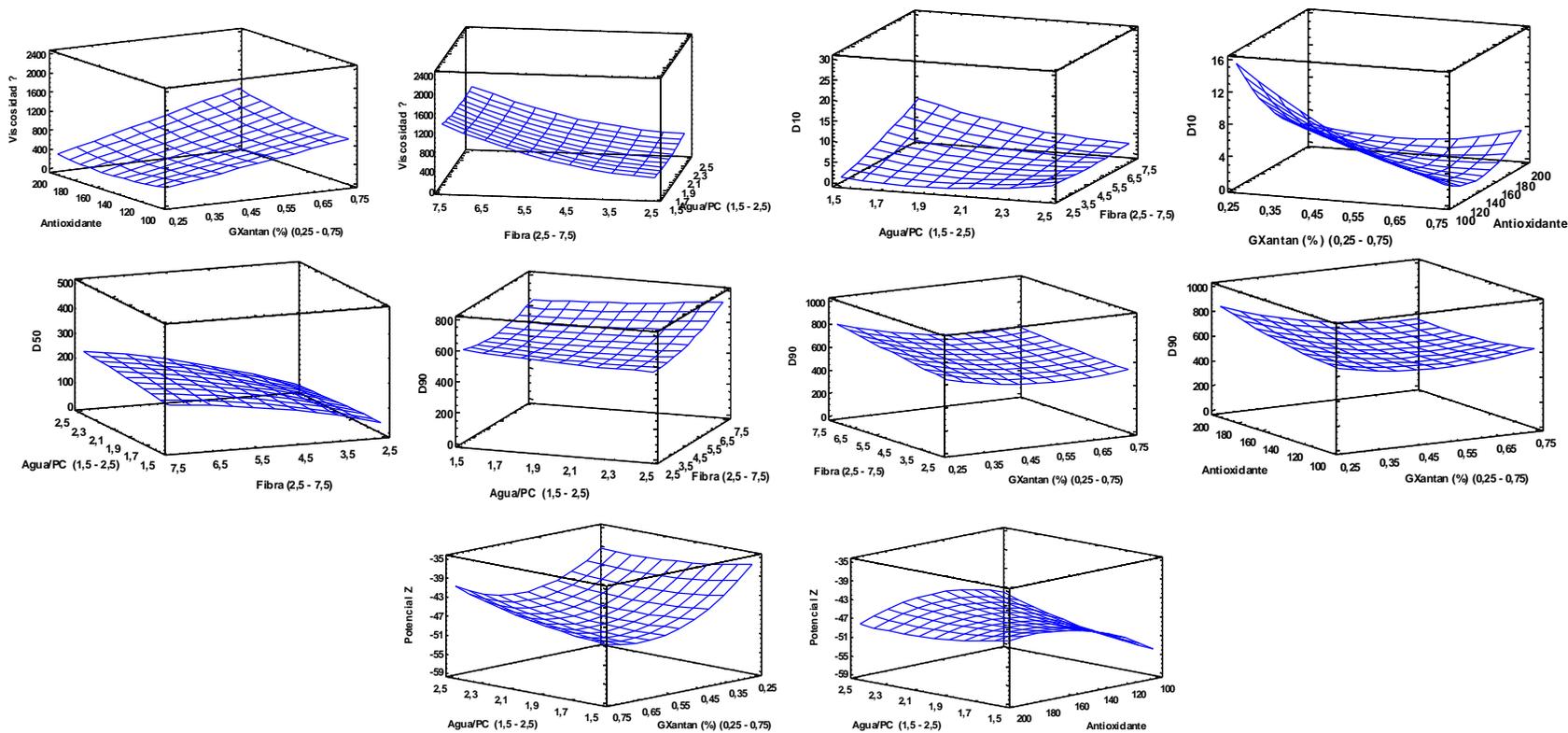


Figura 4. Gráficos de superficie de respuesta de parámetros asociados con la estabilidad de la emulsión en función de las variables independientes.

Potencial- ζ

El potencial- ζ presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto a las interacciones (AC+H₂O)/PC-G_{Xantán} y (AC+H₂O)/PC-TBHQ, lo cual deriva en un comportamiento de curvatura en la superficie de respuesta. La influencia de la goma xantán al ser un polisacárido de naturaleza aniónica debido a los grupos carboxilos presentes de las cadenas laterales (Piorkowski y McClements, 2014), contribuyó a incrementar las fuerzas repulsivas en las proximidades de la capa de coiones haciendo que su potencial- ζ fuera más negativo con el incremento del hidrocóide en la formulación. La magnitud de la carga eléctrica del polisacárido depende del pH en relación con el valor pKa (Jayme *et al.*, 1999; Mirhosseini *et al.*, 2008; Piorkowski y McClements, 2014); por ello, este polisacárido tendrá una mayor contribución de carga eléctrica negativa dado sus valores de pH de las emulsiones (5.935 ± 0.212) están por encima del valor del pKa (2,00-2,87) (Souza y Garcia-Rojas, 2017; Mirhosseini *et al.*, 2008; Niu *et al.*, 2017); ahora bien, las proteínas son negativas por encima de punto isoeléctrico ($pI = \sim 4$) (Thaiphanit *et al.*, 2016), lo cual favoreció que los valores de potencial- ζ fueran más negativos.

El potencial- ζ presentó una variación entre $-39,1 \pm 2.8$ a $-55,6 \pm 1.8$ mV, lo cual favorece a la estabilidad termodinámica de la emulsión, ya que denota una buena interacción repulsiva o fuerzas repulsivas entre partículas coloidales, (Estevinho *et al.*, 2014; Mirhosseini *et al.*, 2008; Rezvani *et al.*, 2012). El coco es rico en sales minerales como potasio, sodio, fósforo, hierro, cobre y cloro (Appaiah *et al.*, 2015; Siriphanich *et al.*, 2011; Thuan-Chew *et al.*, 2014; Jayalekshmy *et al.*, 1986; Piorkowski y McClements, 2014), las cuales al disociarse producen una fuerza iónica importante en la fase continua, cuyos iones son fuertemente adsorbidos en la interface de las partículas, quienes igualmente poseen grupos ionizables de carga contraria, produciendo o resultando en una capa de coiones fuertemente adsorbida de carga negativa en la interface de las partículas. Esta situación hace que igualmente se produzca un potencial eléctrico en las afueras de esta capa adsorbida (capa de stern) asociado al potencial zeta encontrado (Malvern instruments, 2004); además, contribuye a la formación de una segunda capa difusa de coiones repartida en la disolución próxima a la interface; ambas capas forman la conocida doble capa de iones o longitud de Debye (κ^{-1}) (Jayme *et al.*, 1999; Piorkowski y McClements, 2014; Niu *et al.*, 2017).

La revisión bibliográfica muestra una importante contribución de las fuerzas electrostáticas en la estabilidad de sistemas coloidales alimentarios: ≈ -16 mV. en “*leche de coco homogeneizada*”, sin fibra y con adición de estabilizadores de superficie activa (Tangsuphoom y Coupland, 2009); entre $-17,1$ y $-13,8$ mV. en aderezos con fibra de pulpa de naranja (Chatsisvili *et al.*, 2012); entre $-54,0$ y $-35,0$ mV en emulsiones con aceite de chía (Julio *et al.*, 2015) y entre $-43,6$ y $-11,5$ mV. en emulsiones de aceite de girasol y mezclas de caseinato de sodio/alginato de sodio (Sosa-Herrera *et al.*, 2012). Por otro lado, Mirhosseini *et al.*, (2008), reportó valores entre $-27,0$ y $-30,0$ para bebidas emulsificadas de naranja, donde el efecto de la concentración de goma de xantán, favoreció las fuerzas repulsivas, tal como ocurrió en la presente investigación.

Viscosidad

La μ presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto al % Fibra y a la interacción lineal $G_{\text{xantán-TBHQ}}$, donde se resalta una tendencia a incrementar la μ con el incremento del contenido de la goma xantán, la cual tiene la capacidad de ligar agua sometiéndose a una transición conformacional de una doble hélice de un complejo de agregados a través de enlaces de hidrógeno y el entrelazamiento de polímero (Jayme *et al.*, 1999; Niu *et al.*, 2017), lo que finalmente modifica las propiedades reológicas de la fase continua y favoreciendo la estabilidad del sistema al reducir la movilidad de las partículas del sistema coloidal y retardar la separación de fases (Jayme *et al.*, 1999; Piorkowski y McClements, 2014; Niu *et al.*, 2017). Por otro lado, el incremento del contenido de sólidos suspendidos aportados por la fibra adicionada, igualmente favoreció el incremento de la viscosidad; sin embargo, dada la variabilidad y los altos tamaños de partículas encontrados en los percentiles D_{10} , D_{50} y D_{90} no favorece la estabilidad del sistema.

Algunos autores han reportado que la “*leche de coco*” exhibe un comportamiento pseudoplástico (Vitali *et al.*, 1985; Simuang *et al.*, 2004; Chiewchan *et al.*, 2006), la cual está afectada por la presencia de estabilizantes y por el contenido graso (Simuang *et al.*, 2004; Tangsuphoom y Coupland, 2005; Chiewchan *et al.*, 2006; Peamprasart y Chiewchan, 2006; Tipvarakarnkoon *et al.*, 2010); Pei Ng *et al.*, 2014); Li and Nie, 2016; (Piorkowski y McClements, 2014). Otras investigaciones en “*leche de*

coco” han utilizado Montanox 60 (emulsionante) y carboximetilcelulosa, reportado un aumento de la μ de la fase continua (Jirapeangtong *et al.*, 2008; Tipvarakarnkoon *et al.*, 2010) y favoreciendo su estabilidad al retardar la separación de fases o reducir la cinética de agregación de las partículas (McClements, 2004a; 2004b; Klinkesorn *et al.*, 2004; Phungamngoen *et al.*, 2004; Mantzouridou *et al.*, 2012). Lo anterior coincide con lo reportado por Mirhosseini *et al.*, 2008, con emulsiones de bebida de naranja que contienen altas concentraciones de goma arábica y goma de xantán, exhibiendo una alta viscosidad aparente y relativamente tamaño medio de gota.

La μ presentó la tendencia de incrementar con el aumento del contenido fibra, lo cual ha sido reportado por diversos autores (Pelegriane *et al.*, 2002; Valencia *et al.*, 2004; Elleuch *et al.*, 2011; Castro *et al.*, 2013). Por otro lado, se considera que la homogenización produce cambios de las propiedades de las partículas, influyendo en la reología del sistema coloidal (Elleuch *et al.*, 2011; Castro *et al.*, 2013). Estos cambios de μ pueden ser mayores en algunas fibras que en otras, dada la diferencia del tipo de pectina presente en la estructura celular y la dureza de las mismas, que hace que la respuesta de la homogenización sea diferente. Además, la manera cómo los grupos de células se interrumpen a través de la pared celular o a través de la lamela media, parece tener un efecto sobre las propiedades reológicas de las suspensiones (Dai *et al.*, 2010; López-Sánchez *et al.*, 2011; Elleuch *et al.*, 2011; Castro *et al.*, 2013).

Oxidación de las emulsiones

La figura 5 presenta los gráficos de superficie de respuesta del IP en función de las variables independientes. El ANOVA mostró que el IP presentó diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) con respecto a la $G_{\text{xantán}}$, a la interacción (AC+H₂O)/PC-% Fibra, al igual que el efecto cuadrático del TBHQ; sin embargo, los cambios presentados fueron bajos, fluctuando entre 0.03 ± 0.03 y 0.18 ± 0.02 meq H₂O₂/kg, lo que indica que hubo una oxidación mínima sobre los ácidos grasos y seguramente como consecuencia de las condiciones de operación impuestas: materia prima en excelentes condiciones de calidad (menos de 30 después de cosechado), tiempos cortos de homogenización, bajas temperaturas de procesamiento. Se resalta principalmente el efecto del TBHQ sobre el IP, actuando en su rol de como antioxidante al contribuir en su disminución cuando se incrementa su concentración.

En este contexto, la acción del antioxidante hidrofóbicos en la interfaz grasa-agua a altas concentraciones se hace más efectiva reduciendo la oxidación de fase oleosa (Kishk & Elsheshetawy, 2013).

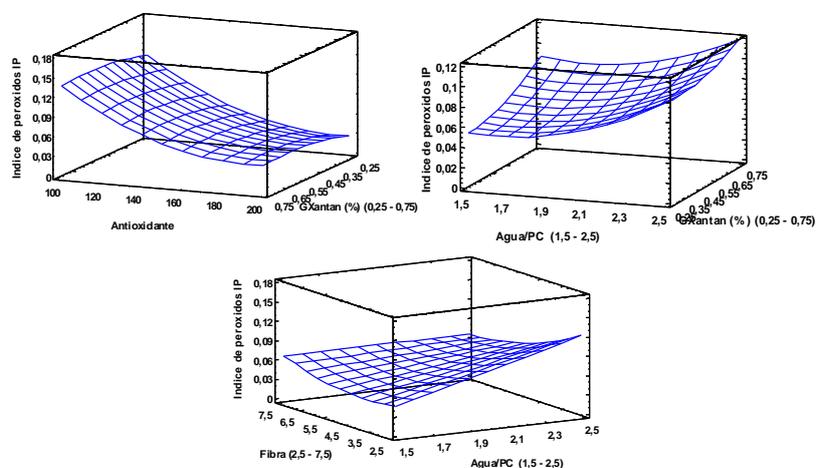


Figura 5. Gráficos de superficie de respuesta del IP en función de las variables independientes.

La interacción negativa (AC+H₂O)/PC-% Fibra incrementa el IP cuando la emulsión tiene un alto contenido de fase acuosa y bajo % Fibra adicionada, situación que favorece su fluidización durante la homogenización, ocluyendo mayor aire y generando tamaños de partícula menores en las gotas de aceite que hace que se incremente su área superficial y favorezca la oxidación y mayor formación de hidroperóxidos. Por otro lado, el IP presentó una tendencia a incrementar con el incremento de G_{Xantán}, en todo el rango de la relación (AC+H₂O)/PC, siendo mayor igualmente cuando la emulsión es más fluida. Este efecto podría atribuirse a la capacidad de la G_{Xantán} de unirse a iones Fe²⁺ en los sitios aniónicos de piruvato a lo largo de la cadena de polisacárido. Como consecuencia, el nivel de iones libres Fe²⁺ disponibles para promover la oxidación de lípidos se reduciría, pero podría estar afectada por otros metales (Qiu *et al.*, 2015). Lo que se traduce en la capacidad quelante de la fibra, que posee la capacidad de intercambio catiónico in vitro como medio de unión de minerales; una de las posibles consecuencias es que estos iones pueden ser impedidos de operar en la activación de las reacciones oxidativas de lípidos. Se ha demostrado que algunas fibras tienen una capacidad de intercambio iónico con cobre. Además, las pectinas son conocidos por ser capaces de combinar in vitro con iones bivalentes tales como hierro, calcio, cobre y zinc (Borderías *et al.*, 2005; Yalegama *et al.*, 2013; Qiu *et al.*, 2015).

Modelación matemática de las superficies de respuesta

Las tablas 4 y 5 presentan los coeficientes de regresión estimados de los modelos de superficie de respuesta polinómicos con los correspondientes valores de R^2 , la prueba de falta de ajuste y los valores experimentales y teóricos o predichos, además del error medio relativo (EMR).

A pesar que los valores R^2 para las variables respuestas no fueron lo suficientemente altos, la prueba de falta de ajuste permite determinar la exactitud del modelo para predecir la variación, donde la alta fiabilidad y la precisión de los datos de respuesta se confirmaron por los valores del EMR al ser significativamente menores del 10%, además los resultados no revelaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) entre las respuestas observadas y las predichas, donde los modelos de regresión concuerdan con los valores observados, demostrando la precisión y fiabilidad de los modelos empíricos que resultó ser significativa ($p > 0.05$) en términos de las variables de respuesta estudiadas, lo que indica que los modelos fueron adecuados para describir el comportamiento de los datos.

Las variables Viscosidad y ST son críticas para la optimización presentando valores 0.964 y 0.95 indicando que el modelo de superficie de respuesta explica en un 95-96% su variación en función de la composición y el proceso de homogenización de la emulsión.

Optimización de la emulsión

La optimización experimental numérica se realiza con el propósito de poder obtener valores óptimos para variables independientes, determinando así los parámetros de respuesta deseables que permitan obtener un producto final con los atributos de calidad adecuados. Para este caso y de acuerdo a los resultados estadísticos encontrados, los criterios fueron los siguientes: viscosidad aproximada de 1000 cP (condición de máxima viscosidad permitida por el secador), mayor porcentaje de ST, mayor L^* , menor pardeamiento enzimático y oxidación de los lípidos ($< IP$ y $< \text{potencial-}\zeta$). Estas variables de respuesta fueron significativamente influenciadas por la $G_{\text{Xantán}}$ y % Fibra, al ser las variables que propenden por un mejor comportamiento de la emulsión, y donde el antioxidante se convierte en un factor de soporte que propende por el buen desempeño de la interacción $G_{\text{Xantán}}$ y % Fibra.

Tabla 4. Coeficientes de regresión, R^2 , y valores de probabilidad de la falta de ajuste de los modelos para las variables dependientes.

Coeficientes de regresión	a_w	ST	L^*	a^*	b^*	R	μ	D_{10}	D_{50}	D_{90}	ζ	IP
β_0	0,998	-5,874	90,756	-7,749	9,797	1,084	2785,410	91,725	-109,118	-562,712	-70,217	-0,145
β_A	0,022	28,130	-17,583	11,579	-3,288	-0,028	-2042,280	-55,417	-139,927	844,839	-14,274	0,374
β_B	0,100	24,517	1,256	5,054	-25,411	-0,069	-4894,760	-81,340	-3473,790	-2363,13	115,877	1,073
β_C	0,005	2,219	-1,527	-0,480	1,660	-0,016	173,046	7,565	117,114	-20,842	7,235	0,001
$\beta_D \times 10^2$	0,047	-3,913	-0,900	-1,917	1,680	-0,141	-351,331	-43,114	1138,260	1300,440	62,597	-0,403
β_A^2	0,004	-7,618	3,229	-1,912	0,167	-0,022	243,066	6,585	-14,060	-114,147	4,668	0,0003
β_B^2	0,021	7,449	3,096	-7,646	6,846	0,119	-40,003	9,266	802,784	1237,630	82,405	-0,124
$\beta_C^2 \times 10^2$	0,028	8,462	-7,189	10,692	-7,980	0,050	2976,260	11,248	-344,692	117,633	-46,218	0,204
$\beta_D^2 \times 10^4$	0,016	1,929	-3,111	1,761	1,104	0,038	376,399	5,683	-63,282	141,408	-12,088	0,1087
β_{AB}	0,012	3,417	-2,988	-0,622	9,204	0,035	2102,200	29,412	1182,400	912,778	17,611	-0,415
$\beta_{AC} \times 10^2$	0,237	54,033	55,633	-30,800	-2,289	0,343	-2552,670	-174,21	1360,070	2545,560	27,000	-1,527
$\beta_{AD} \times 10^2$	0,003	0,238	2,489	-1,279	-1,431	0,025	88,233	13,604	-296,559	-703,056	-8,539	-0,035
β_{BC}	0,002	0,737	-0,627	0,672	-0,479	0,004	234,707	-2,754	-5,183	-43,800	-2,869	-0,019
$\beta_{BD} \times 10^3$	0,517	50,3	37,011	-2,222	9,956	-0,743	7130,000	174,322	1215,570	-0,00529	1,000	0,013
$\beta_{CD} \times 10^3$	0,026	-7,883	5,474	1,282	-2,16	0,012	2351,400	-19,619	-488,393	20,3333	-11,344	0,103
R^2	74,854	94,992	71,106	64,856	66,367	59,657	96,400	69,367	67,625	67,0092	63,344	66,208
Falta de ajuste (Valor-p)	0,600	0,8641	0,5785	0,349	0,4751	0,207	0,875	0,570	0,4963	0,485	0,000	0,486

Las condiciones óptimas alcanzadas de las variables independientes fueron las siguientes: $(AC+H_2O)/PC= 2.0$; $G_{Xantán}= 0.5\%$; % Fibra= 5.0 y TBHQ= 200 mg/kg, con un tiempo de homogenización de 10 min y controlando que la temperatura de emulsificación hasta 30°C. La tabla 5 compara las variables dependientes de la emulsión obtenidas de tres réplicas a la condición óptima y los valores predichos por el modelo matemático. Se observa que los valores predichos por los modelos tienen un nivel de aceptación aproximadamente del 95%, pueden establecer condiciones de preparación óptimas para emulsiones y/o suspensiones de coco con adición de su propia fibra, requeridas.

Tabla 5. Valores experimentales y teóricos o predichos por los modelos matemáticos de las variables dependientes de la emulsión de coco.

Variable	Valor Experimental	Valor teórico o predicho	Diferencia	EMR
L*	67,5±0,7	66,4	-0,906	0,404
a*	3,2±0,2	3,2	0,007	1485
b*	8,6±0,5	7,9	0,771	2,451
R	0,851±0,025	0,858	-0,007	0,177
μ	741,7±25,5	776,196	-34,464	0,454
ÍP	0,142±0,038	0,141	0,001	2,304
D ₁₀	4,3±0,8	3,4	0,958	5,748
D ₅₀	323,7±43,6	331,5	-7,791	2,962
D ₉₀	743,0±65,1	626,9	116,164	4,084
Potencial- ζ (mV)	-45,6±2,5	-48,2	2,653	1,878
a _w	0,983±0,05	0,986	-0,003	0,044
ST	19,981±0,303	20,573	-0,592	0,269

EMR: Error medio relativo

CONCLUSIONES

La generación de valor en la agrocadena de coco representa un reto desde el punto de vista de investigación, dado que la matriz es muy compleja debido a su composición y propiedades mecánicas. El desarrollo de una formulación coloidal a base de coco con su fibra original, es posible utilizando herramientas estadísticas para su optimización, siendo la emulsión final obtenida una base potencial y adecuada desde el punto de vista técnico, para su uso en un desarrollo futuro de un producto en polvo de coco. El aprovechamiento potencial del fruto y de la fibra presente podría representar un beneficio para la salud y un gran impulso económico para su agroindustria.

En general, los niveles intermedios del hidrocoloide y fibra adicionada son aquellos que propenden por un mejor comportamiento de la emulsión, la relación (AC+H₂O)/PC aunque influye en algunos casos específicos, no es muy determinante, mientras el antioxidante se convierte en un factor de soporte que propende por el buen desempeño de la interacción hidrocoloide y fibra.

La metodología de superficie de respuesta permitió identificar los efectos principales de las variables dependientes y sus interacciones, sobre los atributos de calidad de las emulsiones. En general, los componentes seleccionados y los rangos evaluados de las variables dependientes en las formulaciones fueron muy acertados, obteniendo una emulsión estable con un importante contenido de sólidos, debido a la acción del suero lácteo en su papel de tensoactivo (se asume una alta contribución en la reducción de la energía libre en la interfase), al excelente potencial eléctrico negativo que favoreció las fuerzas repulsivas de las partículas y el efecto del hidrocoloide sobre la reología de la fase continua que restringe la movilidad de las gotas oleosas y fibras suspendidas. Por otro lado, el excelente control oxidativo fue una resultante de la sinergia entre la acción del TBHQ y la temperatura controlada de preparación.

BIBLIOGRAFÍA

Abascal, D., Garcia-Fadrique, J. (2009). Surface tension and foam stability of commercial calcium and sodium caseinates. *Food Hydrocolloids*. 23: 1848-1852.

- Alvarado, J., Aguilera, J.M. (2001). Métodos para medir propiedades físicas en industria de alimentos. Editorial Acribia S.A. p. 401.
- Anarjan, N., Mirhosseini, H., Baharin, B.S., & Tan, C.P. (2010). Effect of processing condition on physicochemical properties of astaxanthin nanodispersions. *Food Chemistry*. 123: 477–483.
- Anton de Salager. (2005). Tensión interfacial. Cuaderno FIRP S203-A. Universidad de los Andes, Merida-Venezuela. P: 4-5.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Official Methods of analysis. W. Horwitz (ed.), 15^a ed. Washington. (1990).
- Appaiah, P., Sunil, L., Prasanth Kumar. P.K., & Gopala Krishna, A.G. (2015). Physico-chemical characteristics and stability aspects of coconut water and kernel at different stages of maturity. *J Food Sci Technol*. 52 (8): 5196–5203.
- Assa, R.R., Konan-Konan, J.L., Prades, A., Nemlin, J., and Koffi, E. (2011). Physicochemical characteristics of kernel during fruit maturation of four coconut cultivars (*Cocos nucifera* L.). *African Journal of Biotechnology*. 9 (14): 2136-2144.
- Bae, E.K., & Lee, S.J. (2008). Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin. *Journal of Microencapsulation*. 25 (8): 549–560. doi.org/10.1080/02652040802075682.
- Borda, M.D.L.A. (2011). Formulación de una base para aderezo de ensaladas con características de alimento funcional. (Tesis de Maestría). Universidad Tecnológica Nacional. Buenos Aires. p. 259.
- Borderías, A.J., Sánchez-Alonso, I. and Pérez-Mateos, M. (2005). New applications of fibres in foods: Addition to fishery Products. *Trends in Food Science & Technology*. 16: 458–465.
- Camargo Prado, F., Dea Lindner, J., Inaba, J., Thomaz-Soccol, V., Kaur Brar, S., Soccol, C.R. (2015). Development and evaluation of a fermented coconut water beverage with potential health benefits. *Journal of functional foods*. 12: 489–497.
- Castro, A., Céspedes, G., Carballo, S., Bergenståhl, B., Tornberg, E. (2013). Dietary fiber, fructooligosaccharides, and physicochemical properties of homogenized aqueous

suspensions of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). Food Research International. 50: 392–400.

Chatsisvili, N.T., Amvrosiadis, I., & Kiosseoglou, V. (2012). Physicochemical properties of a dressing-type o/w emulsion as influenced by orange pulp fiber incorporation. LWT - Food Science and Technology. 46 (1): 335–340.

Chiewchan, N., Phungamngoen, C., Siriwanayothin, S. (2006). Effect of homogenizing pressure and sterilizing condition on quality of canned high fat coconut milk. Journal of Food Engineering. 73 (1): 38-44.

Cortés, R.M., Chiralt, B.A. (2008). Cinética de los cambios de color en manzana deshidratada por aire fortificada con vitamina E. Vitae. 15 (1): 8-16.

Day, L., Xu, M., Oiseth, S.K., Hemar, Y., & Lundin, L. (2010). Control of morphological and rheological properties of carrot cell wall particle dispersions through processing. Food and bioprocess technology. 3 (6): 928–934.

Damar, S. (2006). Processing of coconut water with high pressure carbon dioxide technology. Ph.D. Thesis, University of Florida, Florida. http://ufdcimages.uflib.ufl.edu/UF/E0/01/55/41/00001/damar_s.pdf. Accessed on 21 April, 2017.

DebMandal, M., Mandal, S. (2011). Coconut (*Cocos nucifera L.: Arecaceae*): In health promotion and disease prevention Asian Pacific Journal of Tropical Medicine: 241-247.

Dickinson, E. & Stainsby, G. (1982). Colloids in food. Applied Science Publishers.

Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. Food Chemistry. 124: 411–421.

Estevinho, B.N., Damas, A.M., Martins, P., & Rocha, F. (2014). Microencapsulation of β -galactosidase with different biopolymers by a spray-drying process. Food Research International. 64: 134–140.

Ge, L., Yong, J.W.H., Tan, S.N., Yang, X.H., & Ong, E.S. (2006). Analysis of cytokinin nucleotides in coconut (*Cocos nucifera L.*) water using capillary zone electrophoresis-tandem mass spectrometry after solid-phase extraction. Journal of Chromatography A. 1133: 322–331.

- Gilabert, Eduardo, J. (1998). Medida del color. Universidad Politécnica de Valencia. Servicio de publicaciones: SPUPV-98.684. p.320.
- González-Tello, P., Camacho, F., Guadix, E.M., Luzón, G., González P.A. (2007). Density, viscosity and surface tension of whey protein concentrate solutions. *Journal of Food Process Engineering*. 32: 235-247.
- Guarte, R.C., Mühlbauer, W., Kellert, M. (1996). Drying characteristics of copra and quality of copra and coconut oil. *Postharvest Biology and Technology*. 9: 361-372.
- Haseena, M., Kasturi Bai., M.V., & Padmanabhan, S. (2010). Post-harvest quality and shelf-life of tender coconut. *J Food Sci Technol*. 47 (6): 686–689. [doi:10.1007/s13197-010-0097-y](https://doi.org/10.1007/s13197-010-0097-y)
- Hornero-Méndez D., Pérez-Gálvez, A., and Mínguez-Mosquera, M.I. (2001). A Rapid Spectrophotometric Method for the Determination of Peroxide Value in Food Lipids with High Carotenoid Content. *JAOCS*. 78 (11): 1151-1155.
- Homayoonfal, M., Khodaiyan, F., & Mousavi, M. (2015). Modelling and optimising of physicochemical features of walnut-oil beverage emulsions by implementation of response surface methodology: Effect of preparation conditions on emulsion stability. *Food Chemistry*. 174: 649–659.
- Jayalekshmy, A., Arummaghan, C., Narayanan, S., Mathew, A.G. (1986). Changes in the chemical composition of coconut water during maturation. *J Food Sci Technol*. 23: 203–207.
- Jayme, M.L., Dunstan, D.E., Gee, M.L. (1999). Zeta potentials of gum arabic stabilised oil in water emulsions M.L. *Food Hydrocolloids*. 13: 459–465.
- Jirapeangtong, K., Siriwatanayothin, S., Chiewchan, N. (2008). Effects of coconut sugar and stabilizing agents on stability and apparent viscosity of high-fat coconut milk. *Journal of Food Engineering*. 87: 422–427.
- Julio, L.M., Ixtaina, V.Y., Fernández, M.A., Sánchez, R.M.T., Wagner, J.R., Nolasco, S.M., & Tomás, M.C. (2015). Chia seed oil-in-water emulsions as potential delivery systems of ω -3 fatty acids. *Journal of Food Engineering*. 162: 48–55.

- Khuenpet, K., Charoenjarasrerk, N., Jaijit, S., Arayapoonpong, S., Jittanit, W. (2016). Investigation of suitable spray drying conditions for sugarcane juice powder production with an energy consumption study. *Agriculture and Natural Resources*. 50: 139-145.
- Kishk, Y.F.M., & Elsheshetawy, H.E. (2013). Effect of ginger powder on the mayonnaise oxidative stability, rheological measurements, and sensory characteristics. *Annals of Agricultural Sciences*. 58 (2): 213–220.
- Klinkesorn, U., Sophanodora, P., Chinachoti, P., McClements, D.J. (2004). Stability and rheology of corn oil-in-water emulsions containing maltodextrin. *Food Research International*. 37: 851– 859.
- Kuhn, K.R., & Cunha, R.L. (2012). Flaxseed oil - Whey protein isolate emulsions: Effect of high pressure homogenization. *Journal of Food Engineering*. 111 (2): 449–457.
- Laux, D., Gibert, O., Ferrandis, J.Y., Valente, M., Prades., A. (2014). Ultrasonic evaluation of coconut water shear viscosity. *Journal of Food Engineering*. 126: 62–64.
- Li, J.M., Nie, S.P. (2016). The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. *Food Hydrocolloids*. 53: 46-61.
- Lopez-Sanchez, P., Nijse, J., Blonk, H.C.G., Bialek, L., Schumm, S., & Langton, M. (2011). Effect of mechanical and thermal treatments on the microstructure and rheological properties of carrot, broccoli and tomato dispersions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 91 (2): 207–217.
- Luengwilai, K., Beckles, D.M., Pluemjit, O., Siriphanich, J. (2014). Postharvest quality and storage life of 'Makapuno' coconut (*Cocos nucifera* L.). *Scientia Horticulturae*. 175: 105–110.
- Makri, E., Doxastakis, G. (2007). Surface tension of *Phaseolus vulgaris* and coccineus proteins and effect of polysaccharides on their foaming properties. *Food Chemistry*. 101: 37-48.
- Malvern instruments. (2004). Zetasizer Nano Series User Manual. Department of Biochemistry Biophysics Facility , University of Chambridge (p. 207).
- Mantzouridou, F., Spanou, A., & Kiosseoglou, V. (2012). An inulin-based dressing emulsion as a potential probiotic food carrier. *Food Research International*. 46 (1): 260–269.

- Marina, A.M., Che Man, Y.B., and Amin, I. (2009). Virgin coconut oil: emerging functional. Review. Trends in Food Science & Technology. 20: 481-487.
- McClements, D.J. (2004a). Food emulsions: principles, practices and techniques. 2nd ed. Boca Raton, Fla.: CRC Press. 609 p.
- McClements, D.J. (2004b). Protein-stabilized emulsions. Curr Opin Colloid Interface Sci. 9 (5): 305–313.
- Millqvist-Fureby, A., & Smith, P. (2007). In-situ lecithination of dairy powders in spray-drying for confectionery applications. Food Hydrocolloids. 21: 920–927. doi:10.1016/j.foodhyd.2006.11.009.
- Mirhosseini, H., Ping Tan, C., Hamid, N.S.A., Yusof, S. (2008). Effect of Arabic gum, xanthan gum and orange oil contents on ζ -potential, conductivity, stability, size index and pH of orange beverage emulsion. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects. 315: 47–56.
- Niu, F., Zhang, Y., Chang, C., Pan, W., Sun, W., Su, Y. (2017). Influence of the preparation method on the structure formed by ovalbumin/gum arabic to observe the stability of oil-in-water emulsion. Food Hydrocolloids. 63: 602-610.
- Ochoa-Velasco, C.E., Cruz-González, M., Guerrero-Beltrán, J.Á. (2014). Ultraviolet-C light inactivation of Escherichia coli and Salmonella typhimurium in coconut (Cocos nucifera L.) milk. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 26: 199–204.
- Pei Ng, S., Ming Lai, O., Abas, F., Kwong Lim, H., Ping Tan, C. (2014). Stability of a concentrated oil-in-water emulsion model prepared using palm olein-based diacylglycerol/virgin coconut oil blends: Effects of the rheological properties, droplet size distribution and microstructure. Food Research International. 64: 919–930.
- Phisut, N. (2012). Spray drying technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product. International Food Research Journal. 19 (4): 1297-1306.
- Phungamngoen, C., Chiewchan, N., Siriwatanayothin, S., (2004). Effect of some stabilizers on the quality of canned high fat coconut milk. Journal of KMUTT's. Research and Development. 27: 376–390.

- Piorkowski, D.T., McClements, D.J. (2014). Review. Beverage emulsions: Recent developments in formulation, production, and applications. *Food Hydrocolloids*. 42: 5-41.
- Peamprasart, T., Chiewchan, N., 2006. Effect of fat content and preheat treatment on the apparent viscosity of coconut milk after homogenization. *Journal of Food Engineering*. 77: 653–658.
- Pelegri, D.H., Silva, F.C., & Gasparetto, C.A. (2002). Rheological behavior of pineapple and mango pulps. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie-Food Science and Technology*. 35 (8): 645–648.
- Prieto, W.H., Iguti, A.M., Nitz, M. (2011). Drying evaluation of green coconut pulp for obtaining a snack-like product. *Procedia Food Science*. 1: 1618–1627.
- Purkayastha, M.D., Kalita, D., Mahnot, N.K., Mahanta, C.L., Mandal, M., Chaudhuri, M.K. (2012). Effect of L-ascorbic acid addition on the quality attributes of micro-filtered coconut water stored at 4°C. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 16: 69–79.
- Qiu, C., Zhao, M., Decker, E.A., McClements, D.J. (2015). Influence of anionic dietary fibers (xanthan gum and pectin) on oxidative stability and lipid digestibility of wheat protein-stabilized fish oil-in-water emulsion. *Food Research International*. 74: 131–139.
- Raghavendra, S.N., Ramachandra-Swamy, S.R., Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S., Kumar, S., Tharanathan, R.N. (2006). Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber. *Journal of Food Engineering*. 72: 281–286.
- Raghavendra, S.N., Raghavarao, K.S.M.S. (2010). Effect of different treatments for the destabilization of coconut milk emulsion. *Journal of Food Engineering*. 97: 341–347.
- Rezvani, E., Schleining, G., & Taherian, A.R. (2012). LWT - Food Science and Technology Assessment of physical and mechanical properties of orange oil-in-water beverage emulsions using response surface methodology. *YFSTL*. 48 (1): 82–88.
- Simuang, J., Naphaporn Chiewchan, N., Tansakul, A. (2004). Effects of fat content and temperature on the apparent viscosity of coconut milk. *Journal of Food Engineering*: 64:193–197.

- Siriphanich, J., Saradhulhat, P., Romphopk, T., Krisanapook, K., Pathaveerat, S., Tongchitpakdee, S. (2011). Coconut (*Cocos nucifera* L.). In: Yahia, E. (Ed.). Postharvest- Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits, Vol 3: Cocona to Mango. Woodhead Publishing in Food Science Technology and Nutrition, Cambridge, UK. p. 8-33.
- Solangi, AH. and Iqbal, MZ. (2011). Chemical composition of meat (kernel) and nut water of major coconut (*cocos nucifera* L.) Cultivars at coastal area of pakistan. Pak. J. Bot. 43 (1): 357-363.
- Sosa-Herrera, M.G., Lozano-Esquivel, I.E., Ponce de León-Ramírez, Y.R., & Martínez-Padilla, L.P. (2012). Effect of added calcium chloride on the physicochemical and rheological properties of aqueous mixtures of sodium caseinate/sodium alginate and respective oil-in-water Thuan-Chew emulsions. Food Hydrocolloids. 29 (1): 175-184.
- Santoso U., Kubo, K., Ota, T., Tadokoro, T., Maekawa, A. (1996). Nutrient composition of kopyor coconuts (*Cocos nucifera* L.). Food Chemistry. 51 (2): 299-304.
- Souza, C.J.F., Garcia-Rojas, E.E. (2017). Interpolymeric complexing between egg white proteins and xanthan gum: Effect of salt and protein/polysaccharide ratio. Food Hydrocolloids. 66: 268-275.
- Tangsuphoom, N., Coupland, J.N. (2005). Effect of heating and homogenization on the stability of coconut milk emulsions. J Food Sci. 70 (8): E466–E700.
- Tangsuphoom, N and Coupland, J.N. (2008). Effect of pH and Ionic Strength on the Physicochemical Properties of Coconut Milk Emulsions. Food Engineering and Physical Properties. 73 (6): E274-E280.
- Tangsuphoom, N., Coupland, J.N. (2009). Effect of surface-active stabilizers on the surface properties of coconut milk emulsions. Food Hydrocolloids. 23: 1801–1809.
- Thaiphanit, S., Schleining, G., Pranee, A. (2016). Effects of coconut (*Cocos nucifera* L.) protein hydrolysates obtained from enzymatic hydrolysis on the stability and rheological properties of oil-in-water emulsions. Food Hydrocolloids. 60: 252-264.
- Thuan-Chew, T., Lai-Hoong, Cheng, R.B., Gulam, R, Azhar, M.E. (2014). Composition, physicochemical properties and thermal inactivation kinetics of polyphenol oxidase and

peroxidase from coconut (*Cocos nucifera*) water obtained from immature, mature and overly-mature coconut. *Food Chemistry*. 142: 121–128.

Tipvarakarnkoon, T., Einhorn-Stoll, U., Senge, B. (2010). Effect of modified Acacia gum (SUPER GUM™) on the stabilization of coconut o/w emulsions. *Food Hydrocolloids*. 24: 595-601.

Tontul, I., Topuz, A. (2017). Review. Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. *Trends in Food Science & Technology*. 63: 91-102.

Trinidad, P., Trinidad, A.C., Mallillin, H., Valdez, A.S., Loyola, F.C., Askali-Mercado, J.C., Castillo, R.R., Encabo, D.B., Masa, A.S. (2006). Dietary fiber from coconut flour: A functional food. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 7: 309–317.

Valencia, C., Sanchez, M.C., Ciruelos, A., & Gallegos, C. (2004). Influence of tomato paste processing on the linear viscoelasticity of tomato ketchup. *Food Science and Technology International*. 10 (2): 95–100.

Vitali, A.A., Soler, M.P., & Rao, M.A. (1985). Rheological behavior of coconut milk. In *Food engineering and process applications*. In M. L. Maguer & P. Jelen (Eds.). Transport phenomena (vol. 1). Elsevier Applied Science.

Waisundara, V.Y., Perera, C.O., Barlow, P.J. (2007). Effect of different pre-treatments of fresh coconut kernels on some of the quality attributes of the coconut milk extracted. *Food Chemistry*. 101: 771–777.

Wallecan, J., McCrae, C., Debon, S.J.J., Dong, J., Mazoyer, J. (2015). Emulsifying and stabilizing properties of functionalized orange pulp fibers. *Food Hydrocolloids*. 47: 115-123.

Yalegama, L.L.W.C., Karunaratne, D.N., Sivakanesan, R., Jayasekara, C. (2013). Chemical and functional properties of fibre concentrates obtained from by-products of coconut kernel. *Food Chemistry*. 141: 124–130.

3. Capítulo 3

INFLUENCIA DEL PROCESO DE SECADO POR ASPERSIÓN Y LA MALTODEXTRINA SOBRE LOS ATRIBUTOS DE CALIDAD DE POLVO DE COCO (*Cocos nucifera L.*)

INFLUENCE OF ASPERATION DRYING PROCESS AND MALDEXTRIN ON COCONUT POWDER QUALITY (*Cocos nucifera L.*)

Cynthia S. TOBÓN C.¹; Misael CORTES R. ¹

¹Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. Calle 59 A N 63-20, Medellín, Colombia.

Email: cstobonc@unal.edu.co, mcortesro@unal.edu.co

RESUMEN

El proceso de secado por aspersion es una técnica muy utilizada en la industria alimentaria, generando una diversidad de productos con múltiples ventajas y donde el coco (*cocos nucifera L*) representa una alternativa de aplicación con gran potencial. El objetivo de la investigación fue evaluar la influencia de las condiciones del proceso de secado por aspersion y la maltodextrina, sobre la calidad del polvo de coco. Se utilizó una emulsión base de coco preparada con una relación de pulpa de coco/agua de coco (PC/AC): 2,0, goma xantan: 0,5%, fibra de coco (FC): 5,0%, terbutilhidroquinona (TBHQ) = 200 mg/kg, suero lácteo: 0,5% y NaCl: 0,05 %. El proceso de optimización experimental se realizó a partir de la metodología de superficie de respuesta utilizando un diseño central compuesto de 26 experimentos y considerando cinco variables independientes: temperatura de entrada del aire (TEA): 150 - 170°C, temperatura de salida del aire (TSA): 80 - 90°C, velocidad del disco atomizador (VDA): 24000-28000 rpm, presión de vacío (PV): 0,6 – 1,2 ("H₂O) y maltodextrina = 5 - 10 %. Las condiciones óptimas del proceso de operación fueron: TEA (163,8 °C), TSA (86,0 °C), VDA (24148 rpm), PV (0,67 "H₂O) y maltodextrina (10%), teniendo la alimentación al secador un contenido de sólidos equivalente al 20% y estable fisicoquímicamente: índice de estabilidad por absorción espectral (R: 0.851±0.025), potencial-ζ (-45,6±2,5

mV), viscosidad (741.7 ± 25.5 cP) y tamaño de partícula (D_{10} : 4.3 ± 0.8 μm , D_{50} : 323.7 ± 43.6 μm y D_{90} : 743.0 ± 65.1 μm). Por otro lado, los atributos de calidad del polvo de coco fueron los siguientes: humedad (1,2 %), a_w (0,176), color (L^* : 83,3; a^* : 2,32 y b^* : 8,50), índice de peróxido (IP): 3,6 meq H₂O₂/kg), solubilidad (59,5%), rendimiento: 49,8 % y formación de depósito (29,0%). El secado por aspersion es una tecnología efectiva que contribuye en la generación de valor al coco, lo cual podría representar una alternativa para mejorar la competitividad de la agrocadena.

Palabras clave: *Cocos nucifera* L., secado por aspersion, emulsion de coco, diseño central compuesto.

ABSTRACT

The spray drying process is a technique widely used in the food industry, generating a diversity of products with multiple advantages and where the coconut (*cocos nucifera* L) represents an application alternative with great potential. The objective of the research was to evaluate the influence of the conditions of the spray drying process and maltodextrin on the quality of the coconut powder. A coconut based emulsion was prepared with a coconut pulp / coconut water (PC/AC) Coconuts emulsion was used, following the ratio conditions: 0.5, xanthan gum: 0.5%, coconut fiber (FC): 5.0%, tert-butylhydroquinone (TBHQ) = 200 mg / kg, whey: 0.5% and NaCl: 0.05%. The experimental optimization process was performed using the response surface methodology using a central design composed of 26 experiments and considering five independent variables: air inlet temperature (TEA): 150 - 170 ° C, air outlet temperature (TSA): 80-90 ° C, atomizing disc speed (VDA): 24000-28000 rpm, vacuum pressure (PV): 0.6-1.2 ("H₂O) and maltodextrin = 5-10%. The optimum operating conditions were: TEA (163.8 ° C), TSA (86.0 ° C), VDA (24148 rpm), PV (0.67 "H₂O) and maltodextrin (10%), To the dryer a solid content equivalent to 20% and physicochemically stable: spectral absorption stability index (R: 0.851 ± 0.025), potential- ζ (-45.6 ± 2.5 mV), viscosity (741.7 ± 25.5 cP) and particle size (D_{10} : 4.3 ± 0.8 μm , D_{50} : 323.7 ± 43.6 μm and D_{90} : 743.0 ± 65.1 μm). On the other hand, coconut powder quality attributes were as follows: moisture (1.2%), a_w (0.176), color (L^* : 83.3, a^* : 2.32 and b^* : 8.50), Peroxide index (IP): 3.6 meq H₂O₂/kg), solubility (59.5%), yield: 49.8% and deposit formation (29.0%). Spray drying is an effective technology that

contributes to the generation of value to the coconut, which could represent an alternative to improve the competitiveness of the agrocadena. **Key words:** *Cocos nucifera* L., spray drying, coconut emulsion, composite central design.

INTRODUCCIÓN

El coco es uno de los frutos con más contenido calórico, es utilizado a nivel mundial por diferentes industrias como son confiterías, helados, repostería, panadería, entre otros; usado como ingrediente básico en sus diferentes recetas (Solangi y Iqbal, 2011). El coco es considerado como un alimento funcional, debido a que proporciona beneficios adicionales para la salud aparte de sus componentes nutricionales (Sangamithra *et al.*, 2013). Entre sus mayores componentes esta la pulpa de coco (PC) y el agua de coco (AC). La PC contiene carbohidratos, azúcares, fibra dietaria, ácidos grasos, proteínas, agua, tiamina, riboflavina, niacina, vitamina C, calcio, magnesio, fosforo, hierro y potasio (Solangi y Iqbal, 2011) y el AC ha sido probada como una alternativa natural a la bebida deportiva comercial, ya que contiene sales, azúcares y vitaminas, por lo que puede reponer de manera efectiva los electrolitos perdidos durante el ejercicio (Thuan-Chew *et al.*, 2014; Camargo Prado *et al.*, 2015).

En los mercados el coco se puede encontrar rayado, molido, triturado, elaborado por diferentes técnicas de secado como son solar, por bandejas entre otros las cuales tienen como ventaja la preservación del producto pero una de sus desventajas es que se pierda la calidad del coco (Solangi y Iqbal, 2011).

Para las frutas y verduras la deshidratación se ha convertido en un método eficiente de preservación, debido a que son alimentos que actualmente son consumidos con frecuencia y su deterioro es notable en las áreas de abasto y en los mercados locales; más aún, cuando estos alimentos necesitan ser transportados durante días para abastecer la población como es el caso del coco. En la actualidad existen una variedad de productos deshidratados como son el coco, el mango, melocotones, banano, limón entre muchos más (Chacon., 2006) (D. Granados-Sánchez y López-Ríos., 2002)

El secado por aspersión transforma un alimento en estado líquido o pastoso a un estado sólido o en polvo, a través de la desintegración del líquido en pequeñas gotas por acción de un atomizador o boquillas de alta presión y en contacto de las mismas con el aire caliente. El secado por aspersión es una técnica de deshidratación muy utilizada en la industria, la cual proporciona una buena estabilidad microbiológica y fisicoquímica a los productos obtenidos (Bete, 2005; Gómez-Cruz *et al.*, 2014), reduce los costos del transporte y almacenamiento, y además proporciona múltiples ventajas, destacándose su economía y su poder para microencapsular ingredientes alimenticios (López M. *et al.*, 2009), su disminución de la a_w (Hernández-Sandoval *et al.*, 2014), generando buena estabilidad y atributos de calidad adecuados (Hernández-Sandoval *et al.*, 2014; A-sun *et al.*, 2016).

Diversas aplicaciones del secado por aspersión han sido exploradas a nivel de investigación y a nivel industrial; en el sector de alimentos (café negro, café verde, café mate, crema de café, café instantáneo, huevo en polvo, huevo integral, yema, clara, sopas instantáneas, hidrolizados de proteínas, hortalizas, frutas, productos derivados del maíz y yuca, almidón, maltodextrinas, productos derivados de la soja: leche integral, extracto soluble, proteína aislada, leche en polvo y derivados de leche, levaduras de cerveza, caña, colorantes naturales, ingredientes de galletería y pastelería, colorantes sintéticos, derivados marinos, compuestos aromatizantes, alimentos para bebés, condimentos, entre otros (Rodríguez, 2015; Mondragón, *et al* 2013; Cortes, *et al* 2012; Polo-Corrales *et al* 2016); en sector químico (sales orgánicas, sales inorgánicas, detergentes en general, plásticos, resinas, catalizadores y Colorantes, fertilizantes y pesticidas, taninos naturales y sintéticos, entre otros (Arango y Casanova, 2015; Mondragón. *et al* 2013; Coronel Delgado, 2015; Devia Pineda, 2005); en el sector farmacéutico /cosmético (fármacos en general, vacunas, extractos de plantas medicinales, extractos de plantas nutraceuticas, polvos para labiales, polvos para el rostro, entre otros (González B *et al.*, 2015; López Hernández *et al.*, 2010; Gil Garzón *et al.*, 2011; López Hernández *et al.*, 2010); en la agroindustria (aminoácidos, hígado, extracto de hígado, peptona de hígado, peptona de restos de carne, bÍlis (tauro cólico), sangre integral , hemoglobina y plasma en polvo, entre otros) (Polo *et al.*, 2014; Correia Calpe, 2013; Kure Oliveras and Yugcha Corrales, 2012; Kure Oliveras and Yugcha Corrales, 2014).

El objetivo de la investigación fue evaluar la influencia de las condiciones del proceso de secado por aspersión y la maltodextrina, sobre la calidad del polvo de coco, lo cual representa una alternativa tecnológica que amplía la diversificación de productos a base de coco y que podría contribuir a mejorar competitividad su agrocadena.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron cocos var. Enano Malayo (Manila), provenientes del municipio de Tumaco (Nariño), con una edad de floración a cosecha de 12 meses y un tiempo de procesamiento entre 15 y 36 días de cosecha. Los ingredientes de la emulsión de alimentación al secador fueron maltodextrina, Terbutil hidroquinona (TBHQ), goma xantan (G_{xantan}), suero lácteo Instant WPC 80 y NaCl.

Se prepararon lotes de 3000 g de emulsión, donde inicialmente se homogenizó la PC, AC y el agua adicionada utilizando una licuadora convencional de 600 Watts durante 5 min; luego esta mezcla se filtró en un tamiz de malla 500 μm , separándose la fibra del extracto líquido. La fibra se secó a 40°C por 48 horas y luego se desintegró su estructura en un molino IKA MF 10.1, USA. Posteriormente, la emulsión final se preparó utilizando un homogenizador Silverson serie L5 a 10000 rpm durante 10 min, mezclando extracto líquido, fibra molida nativa, suero lácteo, sal, goma xantan, TBHQ y maltodextrina (MD); además, se controló la temperatura de la emulsión (<35 °C) manteniendo la emulsión en un baño de enfriamiento.

El proceso se llevó a cabo utilizando un secador por aspersión piloto Vibrasec S.A., modelo PSALAB 1.5 de flujo co-corriente. La optimización del proceso se realizó mediante la metodología de superficie de respuesta, considerando un diseño central compuesto y las variables independientes: MD (5 - 10%), temperatura de entrada del aire caliente (TEA) (150 - 170°C), temperatura de salida del aire caliente (TSA) (80 - 90°C), velocidad del disco atomizador (VDA) (24000 - 28000 rpm) y presión de vacío (PV) (0,6 – 1,2 “H₂O). Los atributos de calidad o variables dependientes del polvo obtenido fueron: a_w , humedad (Xw), solubilidad (S), higroscopicidad (Hi), índice de peróxido (IP), color. Adicionalmente, se consideraron las variables dependientes asociadas al proceso como el rendimiento (R) (sólidos polvo /sólidos de la

alimentación al secador x 100) (Tonon et al, 2008) y la formación de depósito (FD) al interior del cámara de secado (kg polvo adherido /kg polvo obtenido x 100) (Tonon et al, 2008).

La a_w se determinó con un higrómetro de punto de rocío a 25°C Aqualab serie 3TE; la X_w por el método A.O.A.C, 930.15/90; la solubilidad según la metodología descrita en Cano-Chauca et al, 2005; la Hi por determinación de la absorción de agua utilizando en un ambiente de humedad relativa controlada proporcionado por una solución sobresaturada de Ioduro de potasio a 25°C (Martínez-Navarrete 1998); El IP se evaluó a la mezcla proporcional (PC+AC) utilizando el método espectrofotométrico (Hornero-Méndez et al 2001), determinando el aceite extraíble por el método descrito por Bae & Lee, (2008) modificado; el color se determinó por las coordenadas CIE-L*a*b*, utilizando el espectrofotómetro de esfera X-Rite, serie SP60, iluminante D₆₅ y observador de 10° (Cortés, 2004); los sólidos solubles (°Brix) por lectura refractométrica AOAC 932.12/90, adaptado por Bernal, (1998); la acidez del AC por el método de titulación potenciométrica (AOAC 942.05/90), adaptado por Bernal (1998)) expresado en ácido málico y para la PC se determinó como índice de acidez (IA) por el método de titulación con KOH 0,1M utilizando fenolftaleína como indicador (Método AOAC 942.05/90), adaptado por Bernal (1998); expresado como ácido láurico; el pH por el método AOAC 981.12/90; la viscosidad (μ) del AC se determinó utilizando un reómetro Brookfield DV-III Ultra (Brookfield Engineering Laboratories, Inc., USA) a 25°C, husillo ULA y velocidad 250 rpm (Mirhosseini et al., 2008); la textura se determinó en términos de fuerza máxima de la PC a través de ensayos de penetración utilizando el analizador de textura TA-XT2i, Stable Microsystems Ltd., Reino Unido, celda de carga de 25 kg, sonda de acero inoxidable ($\phi=5\text{mm}$), velocidad de penetración: 1.0 mm s^{-1} y distancia de penetración de 3 mm (Prieto et al., 2011).

El diseño experimental, el análisis estadístico de los datos, la optimización y modelización de las variables dependientes, se realizó usando el software Statgraphics Centurion XVI.I, realizando el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 5%. Se utilizó el método de regresiones múltiples para la predicción de los coeficientes asociados a las variables independientes en los modelos cuadráticos de superficie de respuesta. Con el propósito de verificar la precisión de los

modelos matemáticos, se realizó una experimentación por triplicado a la condición óptima obtenida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización de la matriz de estudio en estado fresco presentó altos valores de a_w y X_w para la PC ($0,978\pm 0,005$ y $50,4\pm 5,2\%$ respectivamente), así como para el AC ($0,970\pm 0,030$ y $96,1\pm 1,6\%$, respectivamente); por otro lado, los valores de IA ($0,51\pm 0,2\%$) y acidez ($0,04\pm 0,01\%$) fueron igualmente bajos en la PC y AC respectivamente, siendo coherentes con los valores de pH encontrados ($6,10\pm 0,2$ y $5,73\pm 0,4$ respectivamente). El IA constituye una medida del grado de hidrólisis de ácidos grasos como los ácidos láurico, cáprico, caproico, caprílico, mirístico, oleico, palmítico, esteárico, vaccénico y linoleico, presentes en la matriz alimentaria (Santoso *et al.*, 1996; Waisundara *et al.*, 2007; Assa *et al.*, 2011; Appaiah *et al.*, 2015). Estas condiciones fisicoquímicas identifican a estas matrices como sustratos favorables al crecimiento microbiano (Luengwilai *et al.*, 2014); además con un potencial para el desarrollo de reacciones de deterioro debido a su composición, tales como la oxidación lipídica y el pardeamiento no enzimático (Appaiah *et al.*, 2015; Haseena *et al.*, 2010), siendo muy recomendable su almacenamiento bajo refrigeración o congelación después de descascarado (Siriphanich *et al.*, 2011). Algunas investigaciones han reportado para la PC valores de $X_w = 41.7\pm 0.5\%$ y $51.0\pm 0.3\%$ (Yalegama *et al.*, 2013; appaiah *et al.*, 2015); valores de a_w entre 0.997 ± 0.001 a 0.991 ± 0.001 (Prieto *et al.*, 2011); valores de acidez en el AC de $0,061\pm 0,003\%$ (expresado como ácido málico) (Thuan-Chew *et al.*, 2014) y valores de pH: entre 4,6 a 6.7 (Siriphanich *et al.*, 2011; Santoso *et al.*, 1996).

El IP para la mezcla PC+AC fue de $0,69\pm 0,34$ meqH₂O₂/kg en el día 15 ddc, el cual se considera aceptable, dado que este representa un indicador del grado de oxidación para lípidos, grasas y aceites, reduciendo la estabilidad y produciendo la formación de sabores y olores desagradables que afectan negativamente la calidad durante el almacenamiento y su aceptación por el consumidor (Hornero-Méndez *et al.*, 2001; Luengwilai *et al.*, 2014). En la bibliografía se reportan valores de 0.82 ± 0.02 y 1.46 ± 0.06 meqH₂O₂/kg aceite (Raghavendra y Raghavarao, 2010) y 35,5 meq de O₂ peróxido

/kg aceite \approx 17,75 meq de H_2O_2 /kg aceite (Waisundara *et al.*, 2007). Los procesos oxidativos ocurren por diversas circunstancias: oxígeno, temperatura, luz y las trazas metálicas o también se pueden generar por agentes bioquímicos como microorganismos, y de enzimas lipoxidasas o la combinación de ambos. En aceites o productos con alto contenido graso, se recomiendan valores \leq 0.8 de acidez (Kishk & Elsheshetawy, 2013). La textura de la PC presentó valores de fuerza máxima de 81.12 ± 8.27 N, lo cual se considera una buena firmeza de la matriz, debido principalmente a sus componentes fibrosos-porosos (Yalegama *et al.*, 2013; Raghavendra *et al.*, 2006). Además en otro estudio realizado por Prieto *et al.*, 2011; se obtuvieron valores de fuerza máxima muy bajos, debido a la cantidad de grasa presente en el coco.

La μ del AC presentó valores de $0,74 \pm 0.06$ cP, comportándose como un producto muy fluido, similar al agua, independiente de poseer composicionalmente azúcares solubles, minerales, proteínas, lípidos, entre otros. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Laux *et al.*, (2014), donde encontraron igual comportamiento para velocidades de corte entre 10 a 400 seg^{-1} , en todas las pruebas de flujo realizadas.

La Tabla 1 presenta los valores medios con su desviación estándar de las variables dependientes del polvo de coco obtenido por secado por aspersión. La Tabla 2 y la figura 1 presentan el análisis de varianza (ANOVA) del proceso de secado por aspersión de polvo de coco y los gráficos de superficie de respuesta de las variables dependientes que presentaron diferencias estadísticas significativas.

Tabla 1. Resultados del proceso de secado por aspersión de polvo de coco.

Aleatorización	Ensayo	TEA (°C)	TSA (°C)	VDA (rpm)	PV ("H ₂ O)	MD (%)	Xw (%)	a _w	L*	a*	b*	IP (meqH ₂ O ₂ /kg)	Hi (%)	S (%)	R (%)	FD (%)
19	1	160	85	26000	1,2	7,5	1,32±0,03	0,263±0,008	77,5 ± 1,5	2,8±0,2	9,3±0,4	2,50±0,13	9,76±0,04	64,47±2,72	96,5	27,9
9	2	170	80	28000	0,6	10	1,74±0,04	0,292±0,001	81,2±1,1	2,6±0,1	8,3±0,3	0,74±0,22	8,39±0,06	77,05±1,21	58,4	27,6
7	3	150	80	28000	1,2	10	1,78±0,13	0,22±0,009	80,7±1,3	2,3±0,2	8,4±0,5	2,4±0,11	7,71±0,14	44,77±7,50	40,7343	22,4564
1	4	170	90	24000	1,2	5	1,34±0,06	0,232±0,009	75,0±0,7	3,2±0,2	9,0±0,2	2,38±0,34	7,22±0,01	59,38±4,46	47,1894	27,9180
13	5	170	85	26000	0,9	7,5	1,97±0,09	0,271±0,006	78,3±2,0	2,7±0,3	8,5±0,7	2,78±0,56	7,90±0,12	72,91±14,40	35,6058	94,0
11	6	150	80	24000	0,6	5	2,11±0,09	0,324±0,009	73,7±0,2	3,4±0,1	7,8±0,1	2,21±0,75	7,20±0,21	59,82±1,79	28,9825	87,8754
21	7	160	85	26000	0,9	10	1,67±0,03	0,257±0,044	79,6±0,8	1,5±0,1	7,4±0,2	1,96±0,19	8,43±0,372	53,99±10,64	55,6690	26,4020
5	8	170	90	24000	0,6	10	1,91±0,03	0,238±0,020	78,7±0,3	2,2±0,1	8,4±0,2	1,43±0,47	8,90±0,08	65,96±3,63	48,6406	43,9203
24	9	160	85	26000	0,9	7,5	1,66±0,17	0,225±0,002	79,1±0,9	2,0±0,1	9,1±0,5	2,08±0,72	9,64±0,22	73,60±4,65	55,0451	24,9540
2	10	170	80	28000	1,2	5	1,94±0,11	0,268±0,019	75,0±1,4	2,5±0,2	10,5±0,7	2,03±0,90	9,57±0,16	63,35±0,98	47,4313	16,1868
4	11	170	90	28000	0,6	5	1,56±0,07	0,257±0,005	76,7±1,4	2,2±0,1	11,1±0,9	2,48±0,20	9,16±0,21	60,43±1,93	41,1086	32,6206
18	12	160	85	26000	0,6	7,5	2,48±0,07	0,276±0,009	76,9±0,9	2,5±0,1	11,4±0,3	1,94±0,64	9,41±0,05	54,52±8,88	49,1263	26,9676
20	13	160	85	26000	0,9	5	2,62±0,05	0,281±0,004	75,7±0,6	2,9±0,2	11,9±0,6	1,96±0,15	9,36±0,20	41,41±5,66	47,9604	26,2320
25	14	160	85	26000	0,9	7,5	1,40±0,05	0,200±0,007	69,4±1,7	2,7±0,5	10,0±1,5	2,51±0,12	7,85±0,20	49,56±3,93	42,0590	36,2208
14	15	160	80	26000	0,9	7,5	1,86±0,03	0,195±0,018	80,3±0,5	1,9±0,1	8,0±0,4	1,99±0,20	8,12±0,11	55,80±8,05	38,3230	25,0486
17	16	160	85	28000	0,9	7,5	1,74±0,07	0,196±0,011	82,8±0,7	1,4±0,2	8,0±0,4	1,11±0,44	10,90±0,28	58,55±7,97	45,8280	28,7795
16	17	160	85	24000	0,9	7,5	1,74±0,06	0,188±0,009	82,9±0,4	2,4±0,1	7,8±0,2	0,75±0,04	11,92±0,12	55,72±10,59	49,1103	16,3026
26	18	160	85	26000	0,9	7,5	2,52±0,04	0,195±0,003	70,7±1,9	3,1±0,3	10,7±0,9	2,15±0,69	8,48±0,05	49,32±3,66	37,2741	22,3955
23	19	160	85	26000	0,9	7,5	1,55±0,05	0,200±0,005	75,4±1,2	3,1±0,2	8,7±0,7	1,78±0,48	8,70±0,23	44,06±1,01	51,3350	27,0790
22	20	160	85	26000	0,9	7,5	1,72±0,03	0,203±0,008	75,1±1,2	3,0±0,2	8,5±0,5	1,85±0,07	8,53±0,16	49,86±4,74	53,2909	27,8609
10	21	150	90	28000	1,2	5	1,03±0,05	0,201±0,008	77,1±0,3	2,6±0,2	8,6±0,2	2,33±0,48	6,94±0,31	50,20±1,21	52,9300	11,5192
3	22	150	90	28000	0,6	10	1,18±0,01	0,218±0,003	81,3±0,5	2,3±0,1	7,4±0,1	2,08±0,37	8,17±0,20	63,42±3,08	60,0497	17,8395
6	23	170	80	24000	1,2	10	1,23±0,02	0,178±0,004	83,1±0,9	2,1±0,0	8,1±0,1	1,96±0,47	7,45±0,46	53,02±4,04	47,1393	61,1347
12	24	150	85	26000	0,9	7,5	1,21±0,03	0,285±0,028	81,0±0,1	2,7±0,0	7,8±0,1	1,62±0,94	7,35±0,46	50,08±1,28	51,7776	18,8414
8	25	150	90	24000	1,2	10	1,48±0,13	0,206±0,003	79,7±0,7	1,6±0,0	8,7±0,3	1,90±0,33	8,48±0,14	44,51±1,68	54,5926	40,3807
15	26	160	90	26000	0,9	7,5	1,19±0,18	0,233±0,009	78,4±1,2	1,5±0,1	8,7±0,4	2,49±0,46	7,73±0,11	58,58±1,67	58,8618	26,1106

Tabla 2. El ANOVA de los modelos de superficie de respuesta de polvo de coco en el proceso de secado por aspersion.

Variables	INTERACCIONES																			
	A: TEA	B: TSA	C: VDA	D: PV	E: MD	AA	AB	AC	AD	AE	BB	BC	BD	BE	CC	CD	CE	DD	DE	EE
Xw (%)	0,9145	0,2777	0,9952	0,0904	0,1473	0,0867	0,3655	0,1559	0,640	0,6120	0,3713	0,1574	0,9295	0,7707	0,8961	0,823 4	0,586	0,629 3	0,3798	0,197 6
a _w	0,0550	0,3783	0,7544	0,7544	0,5684	0,9863	0,6312	0,1086	0,339	0,1725	0,2769	0,0700	0,085	0,1538	0,0484 *	0,323 9	0,674 4	0,115 5	0,2815	0,119 7
L*	0,3087	0,8073	0,987	0,946	0,6359	0,5581	0,8564	0,9002	0,991	0,8532	0,8939	0,6675	0,5107	0,5532	0,2979	0,434 9	0,551 3	0,649 7	0,4862	0,741 7
a*	0,8301	0,7197	0,4074	0,8168	0,2895	0,7171	0,7974	0,9778	0,514	0,9280	0,5911	0,6643	0,7243	0,8028	0,8247	0,958 4	0,321 1	0,244 9	0,7948	0,721 8
b*	0,0067*	0,6135	0,8076	0,1425	0,0134*	0,0748	0,038*	0,0886	0,264	0,5812	0,1509	0,9061	0,1971	0,0534	0,0698	0,089 7	0,050 3	0,097 6	0,0061 *	0,506 8
IP (meqH ₂ O ₂ /kg)	0,1969	0,0088*	0,1864	0,6597	1,000	0,3897	0,3684	0,051	0,230	0,1036	0,0002*	0,1038	0,0152 *	0,1109	0,0003 *	0,497 3	0,889	0,390 3	0,7384	0,568
Hi (%)	0,6374	0,7407	0,4027	0,7714	0,4372	0,0215*	0,6278	0,5681	0,212	0,7672	0,0423*	0,8030	0,2432	0,5313	0,008*	0,781 7	0,537 6	0,567 6	0,6026	0,479 7
S (%)	0,4588	0,8575	0,8552	0,5292	0,4319	0,2741	0,2951	0,1749	0,638	0,4033	0,4996	0,9678	0,4108	0,6396	0,5041	0,468 9	0,857 9	0,332 1	0,1389	0,515 9
R (%)	0,5870	0,0934	0,7543	0,8891	0,4725	0,9363	0,288	0,2981	0,46	0,5996	0,8849	0,5200	0,4522	0,2794	0,7038	0,592 3	0,598 2	0,852 6	0,7992	0,595 9
FD (%)	0,0008*	0,88	0,121	0,8899	0,9807	0,0033*	0,7507	0,0189 *	0,792	0,1995	0,7118	0,2339	0,0123 *	0,0033 *	0,2213	0,544 9	0,128 6	0,827 7	0,0012 *	0,888 8

* Significativo (p<0.05)

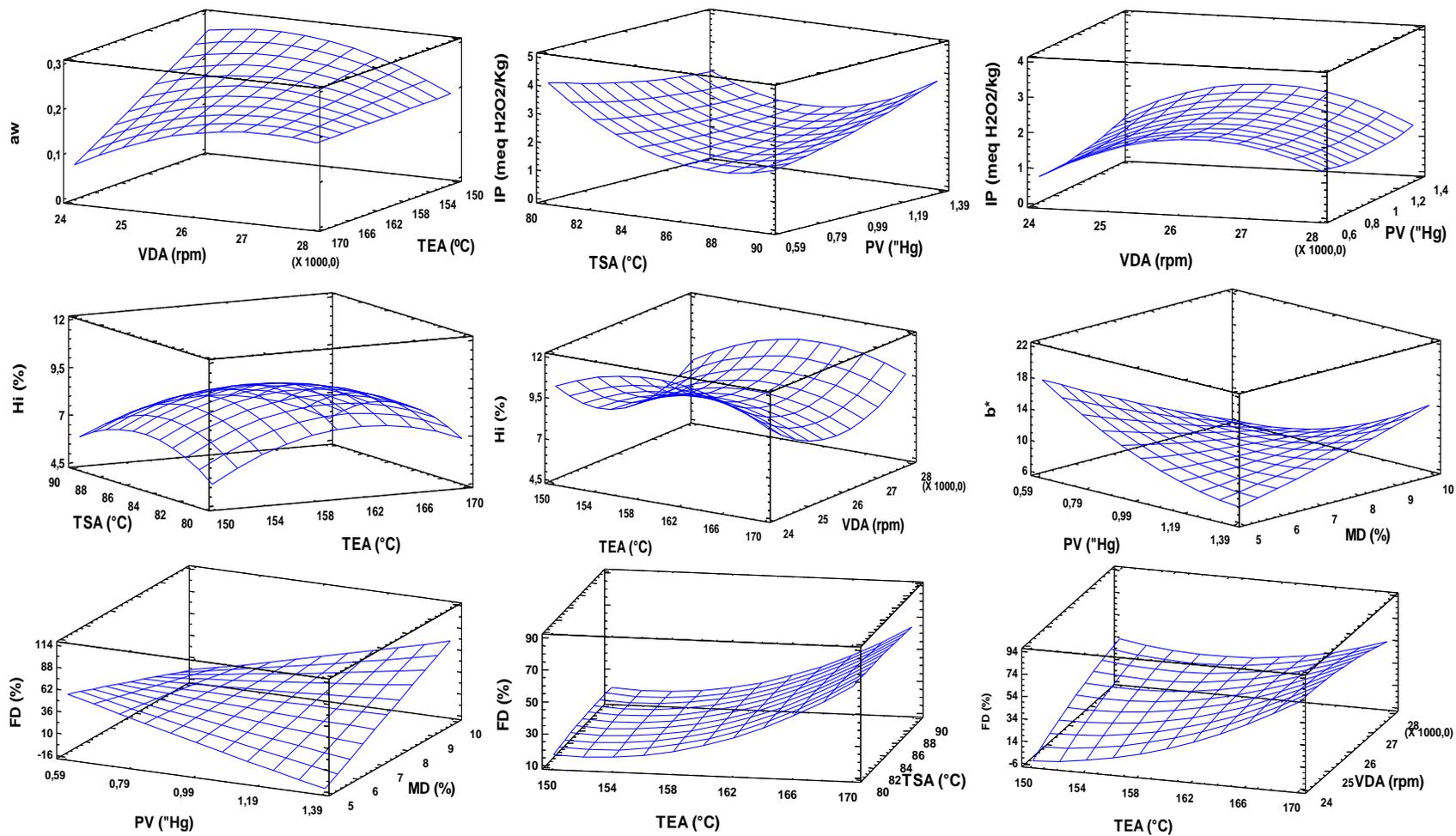


Figura 1. Gráficos de superficie de respuesta de las variables a_w , b^* , IP, Hi y FD en función de las variables independiente.

El ANOVA evidenció diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) en la a_w con respecto a la interacción cuadrática de la VDA; en la cromaticidad b^* con respecto a los factores TEA, MD y a las interacciones TEA-TSA y PV-MD; en el IP con respecto a los factores TSA, a las interacciones TSA-PV y a las interacciones cuadráticas de TSA y PV; en la Hi con respecto a las interacciones cuadráticas de TSA, TSA y PV; y en la FD con respecto al factor TEA, y a las interacciones lineales TEA-VDA, TSA-PV, TSA-MD y PV-MD y con la interacción cuadrática TEA.

Las variables dependientes X_w , L^* , a^* , S y el rendimiento del proceso no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$), debido a la misma variabilidad de estas en el proceso. Se resaltan los valores alcanzados en el rendimiento y la S , los cuales fluctuaron entre 35,2-60,0 % y 41,4 – 77,1 respectivamente, de acuerdo a las condiciones dadas en el proceso de secado por aspersión. Se consideran aceptables los valores de S obtenidos (40 - 73%), dado el alto contenido graso del polvo de coco (32,9%), lo cual se atribuye principalmente al efecto encapsulante y la solubilidad de la MD utilizada (Largo *et al.*, 2015). Por otro lado, los bajos valores del rendimiento están asociados a diversos factores tales como los tamaños de lote evaluados (3 kg/lote), que generan mayores pérdidas en términos porcentuales de las masas adheridas en las tuberías y tanques de preparación; por otro lado, al carácter propio de la matriz con un alto contenido graso que favorece su adhesividad con la parte metálica del interior de la cámara de secado (coherente con los valores obtenidos del FD) y además, es probable que los contenidos de MD utilizados hayan sido bajos y estuvieran contribuyendo a la mayor adhesividad mencionada anteriormente.

La FD presentó altas fluctuaciones (11,5 – 94,0%), lo cual identifica la matriz como un producto adhesivo, muy coherente e inverso a lo encontrado en el rendimiento. Los gráficos de superficie de respuesta muestran una tendencia de incrementar la FD cuando se incrementa la TEA, potenciándose con la VDA a altas temperaturas, donde los niveles de FD alcanzan desde 55 a 75%. Por otro lado, el efecto de la MD como microencapsulante sobre a FD no fue muy claro o estuvo muy condicionado a las condiciones de operación impuestas, siendo más favorable cuando el sistema opera con contenidos altos de MD (10%) y TSA bajos (80°C) o vacíos bajos (PV \rightarrow 0,6 “Hg) y cuando el sistema opera a bajos contenidos (5%) y TSA altas (90°C) o vacíos altos (PV \rightarrow 1,2 “Hg).

Los valores de a_w fluctuaron en un rango entre 0.178 – 0.324 y el contenido de humedad entre 1.03 – 2.62 %, lo cual podría conferir al polvo de coco una estabilidad contra agentes microbiológicos, así como a reacciones hidrolíticas, de oxidación de lípidos y autoxidaciones (Coronel, 2015 y Caliskan and Dirim, 2016). Arab, 2010 reportó valores de a_w entre 0,11 y 0,23 para leche en polvo obtenida por secado por aspersión; mientras que, Caliskan *et al.*, 2013 reporta valores de a_w entre 0.276 y 0.331 para polvo de extracto de té obtenida por secado por aspersión a diferentes temperaturas de entrada de aire (145, 155 y 165 °C).

La a_w no presenta una tendencia clara con respecto a la VDA por un lado, cuando el sistema opera con TEA bajas hay una tendencia a incrementar la a_w con la disminución de VDA; por otro lado, a TEA altas se presenta una tendencia de disminuir la a_w con la disminución de la VDA. En ambos casos, se observa que los mayores valores de a_w se obtienen con valores de VDA entre 25500 y 26500 rpm. En diversas investigaciones la TEA ha influido sustancialmente

sobre la X_w y la a_w ; presentando una disminución de ambas variables con el incremento de la TEA (A-sun *et al.*, 2016).

El IP presentó una fluctuación en sus valores medios entre 0,74 y 2,50 meqH₂O₂/kg, lo cual refleja un efecto importante del proceso de secado por aspersion sobre la oxidación de la emulsión de alimentación, la cual presentó valores de 0,142±0,038 meqH₂O₂/kg. Este evidente aumento, se atribuye a las temperaturas de operación del secado por aspersion que hacen que las partículas dispersas durante el tiempo de residencia en el interior de la cámara de secado favorezca la oxidación de lípidos, grasas y/o aceites y se generen sabores desagradables que afectan negativamente la calidad del producto y, además la aceptación por parte del consumidor (Hornero-Méndez *et al.*, 2001).

Los gráficos de superficie de respuesta del IP muestran una tendencia curvilínea con menores valores o niveles de oxidación cuando el sistema opera en todo el rango de PV y condiciones de TSA entre 84 y 87°C o mayores niveles de oxidación cuando la VDA está en niveles intermedios (26000 – 27000 rpm). Se resalta, que los valores de IP obtenidos en esta investigación fueron menores a los obtenidos durante el secado por aspersion de aceite de pescado (2,8 y 3,25 H₂O₂/kg); además, reportaron un incremento del IP cuando el sistema opera a mayores TEA y VDA, los valores de IP se aumentan, debido a que hay mayor energía para desarrollar las reacciones de los lípidos (Cuaspud, 2015).

Los valores medios de Hi fluctuaron entre 7,196 y 11,918%, evidenciándose la forma curva en los gráficos de superficie de respuesta, y con una tendencia a presentar mayor absorción en la estructura del polvo a condiciones de proceso de TEA: 160 – 162 °C y TSA: 85 – 87 °C y 24000 rpm en la VDA, lo cual representa una condición desfavorable del producto ya que presenta una mayor cohesividad entre las partículas y apelmazamiento. Esta situación podría ser atribuido a que a menores VDA se obtienen mayores tamaños de partícula y el efecto del stress térmico impuesto produciría una menor fracturabilidad y colapso microestructural de la partícula, correspondiente a una menor área superficial durante el secado; al mismo tiempo, las partículas tendrán mayores contenidos de humedad que potencian la cohesividad del material. Largo *et al.*, 20015 reporta en polvo de caña panelera menores niveles de Hi cuando el sistema opera a mayores TEA, VDA y TSA, presentando ésta última una sinergia con bajos contenidos de MD.

El color representa un atributo de calidad muy apreciado por los consumidores, por lo que el efecto o influencia del proceso juega un papel fundamental para la aceptación final del producto. Los valores medios de los parámetros de color (L^* , a^* y b^*) para el polvo de coco fluctuaron así: L^* (69,4 - 82,9), a^* (1,4 – 3,3) y b^* (7,4 – 11,9) respectivamente. Se observa una poca variabilidad en la cromaticidad a^* e inclusive en la cromaticidad b^* , a pesar que ésta última presentó diferencias estadísticas, que hace que su movilidad en el plano cromático a^*b^* sea mínima, no saliendo de la zona acromática o zona de escala de grises. Para el caso de la L^* se observa un rango de variación del orden de 13,5 unidades, que a pesar de no mostrar diferencias estadísticas significativas (posiblemente por la misma variabilidad encontrada) no deja de ser importante para el ojo humano, el cual podría percibir estas diferencias en cuanto a lo claro u oscuro de las muestras.

Se resalta que la L* del polvo de coco evidenció una tendencia a ser mayor cuando los contenidos de MD fueron mayores, lo cual tiene una total coherencia por la misma naturaleza de la MD como un material blanco. Esta tendencia en los resultados de color concuerda con algunas investigaciones; por ejemplo, Caliskan and Dirim, 2016; utilizó diferentes contenidos de MD (20, 25 y 30%) para obtener polvo de extracto de zumaque; Shishir *et al*, 2015 utilizó contenidos de MD (10, 15 y 20 %) para obtener polvo de guayaba rosa.

Para la cromaticidad b* se resalta principalmente la tendencia a incrementar cuando el sistema opera a mayor TEA, similar a lo reportado para polvo de azúcar de coco (A-sun et al, 2016), lo que podría indicar una tendencia a acentuarse el tono rojizo (>a*). Estos cambios observados en la cromaticidad a* y b* fueron mínimos o bajos (< 4 unidades), por lo que probablemente no sean percibidos por el ojo humano (Shishir *et al*, 2015 and A-sun et al., 2016). Por otro lado, se observa en los gráficos de superficie de respuesta que el incremento del contenido de MD tiene un efecto diluyente o de blanqueo en el polvo de coco, que hace que disminuya su cromaticidad a* o b*, lo cual es coherente e igualmente observado por Caliskan and Dirim, 2016 en el polvo de extracto de zumaque.

PROCESO DE OPTIMIZACIÓN

El optimización del proceso se realizó utilizando como función de optimización los modelos cuadráticos de las variables dependientes, teniendo en cuenta los resultados estadísticos y fijando ciertos criterios que favorezcan los atributos de calidad del producto en polvo obtenido por secado por aspersión. Las variables que no fueron significativas se les dio un peso e impacto bajo, siendo los criterios fijados para este fin los siguientes: minimizar a_w, b*, IP, Hi y FD, y maximizar X_w, L*, a*, S y R.

La aplicación del software Statgraphics Centurión XVI.I bajo los criterios fijados proporcionó las mejores condiciones de proceso y formulación de alimentación al secador por aspersión: TEA (163,8 °C), TSA (86,0 °C), VDA (24148,1 rpm), PV (0,67”H₂O) y MD (9,99 %). En la tabla 3, se presentan los resultados de los valores teóricos de cada variable dependiente predichos por el modelo cuadrático frente a los valores experimentales obtenidos a partir de tres replicas realizadas a la condición óptima seleccionada.

Tabla 3. Verificación de las condiciones óptimas en el proceso de secado por aspersión de la emulsión.

Variable Dependiente	ÓPTIMO	EXPERIMENTAL
X _w (%)	2,2	1,2±0,2
a _w	0,224	0,176±0,004
L*	81,0	83,3±1,8
a*	2,1	2,3±0,3
b*	6,3	8,5±0,3
IP (meqH ₂ O ₂ /kg polvo)	1,0	3,6±0,9
S (%)	61,2	59,5±6,1
Rendimiento (%)	53,5	49,8±7,1
FD (%)	11,5	29,0±8,1

CONCLUSIONES

El proceso de secado por aspersión es una tecnología efectiva para la obtención de polvo de coco, donde los atributos de calidad del producto están afectados por las condiciones de operación impuestas durante el proceso, siendo las más críticas aquellas asociadas a la oxidación del producto (IP), a la adhesividad con el material metálico del interior de la cámara de secado (FD) y la cohesividad del polvo (Hi); además, la formulación de la alimentación exige la presencia de un agente encapsulante como la maltodextrina, la cual contribuye a mejorar el rendimiento del proceso, la FD, la adhesividad y por ende, la degradación de sustancias presentes en el coco, como es el caso de los ácidos grasos.

Dada la complejidad que representa el proceso de secado por aspersión con sistemas biológicos, la experimentación con equipos pilotos que tengan incorporado un buen sistema de control de las variables independientes, acoplado al uso de una optimización experimental del proceso utilizando como herramientas estadísticas, contribuye a tener un panorama completo del proceso, seleccionar las condiciones más adecuadas de las variables independientes (TEA: 163,8 °C, TSA: 86,0 °C, VDA: 24148,1 rpm), PV: 0,67 "H₂O y MD: 10%) y a predecir las variables dependientes en función de las variables independientes con su modelación matemática.

Esta investigación representa una base importante para realizar una transferencia tecnológica a nivel industrial, ya que implicó una estandarización del modelo tecnológico para la producción de muestras industriales en planta piloto de polvo de coco.

REFERENCIAS

- AGRONET (2013). Red de Información y Comunicación Estratégica del Sector Agropecuario – AGRONET Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [en línea]. <<http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Estad%C3%ADsticas.aspx>> [citado el 15 de febrero de 2016].
- Appaiah, P., Sunil, L., Prasanth Kumar, P.K., & Gopala Krishna, A. G.. (2015). Physico-chemical characteristics and stability aspects of coconut water and kernel at different stages of maturity. *J Food Sci Technol.* 52 (8): 5196–5203
- Arango1, D.J.; Casanova, H. (2015). Cambios microestructurales de agregados de carbonato de calcio generados a partir de secado por aspersión. *Afinidad LXXII(571)*: 207-213.
- Arab Tehrany, E. (2010). *Packaging and the Shelf Life of Milk Powders*. Taylor and Francis Group, LLC. 127 -141.
- Assa, R.R., Konan-Konan, J.L., Prades, A., Nemlin, J., and Koffi, E. (2011). Physicochemical characteristics of kernel during fruit maturation of four coconut cultivars (*Cocos nucifera* L.). *African Journal of Biotechnology.* 9 (14): 2136-2144.
- A-sun, K.; Thumthanaruk, B.; Lekhavat, S. Jumnonpon, R.; Effect of spray drying conditions on physical characteristics of coconut sugar powder. (2016). *International Food Research Journal* 23(3): 1315-1319.
- Bae, E.K., & Lee, S.J. (2008). Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin. *Journal of Microencapsulation.* 25 (8): 549–560.
- Bernal, I. *Análisis de alimentos*. 3 Ed. Bogotá. Colombia: Editorial Guadalupe 1998, 314 p.
- Bete. (2005). *Spray Dry Manual*, 1-25. [en línea]. http://www.bete.com/pdfs/BETE_SprayDryManual.pdf. [citado el 2 de Enero de 2016].
- Caliskan, G., Dirim, N. S. (2013). The effects of the different drying conditions and the amounts of maltodextrin addition during spray drying of sumac extract. *Food and Bioproducts Processing.* 91: 539 -548
- Caliskan, G., Dirim, N. S. (2016). The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders. *Powder technology.* 287: 308 – 314.
- Camargo Prado, F.; Dea Lindner, J.; Inaba, J.; Thomaz-Soccol, V.; Kaur Brar, S.; Soccol, C.R. (2015). Development and evaluation of a fermented coconut water beverage with potential health benefits. *Journal of functional foods.* 12: 489–497.
- Cano-Chauca, M.; Stringheta, P.C.; Ramos, A.M.; 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: 420 – 428.
- Coronel D, A. (2015). Efecto de las condiciones de secado por aspersión en la obtención de un colorante natural a partir de extractos líquidos de cúrcuma (*curcuma longa* L). Universidad Nacional de Colombia: 31-49.

Cuaspad, E., M. A. (2015). Obtención de aguacate microencapsulado mediante secado por atomización. Proyecto previo a la obtención de ingeniero agroindustrial.

Chacon, S. A. (2006). Procesamiento de frutas: procesos húmedos y procesos secos. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura. 1-16.

Coronel D, A.Y. (2015). Efecto de las condiciones de secado por aspersión en la obtención de un colorante natural a partir de extractos líquidos de cúrcuma (*Curcuma longa* L). Universidad Nacional de Colombia. 1-89.

Cortes R, M.; Ciro V, H.J.; Rodríguez S, E.; Largo A, E.; Secado por aspersión de concentrado de caña panelera: una tecnología apropiada para mejorar la competitividad de la cadena. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. 19, (1): S51-S53.

Cortés, M. (2004). Desarrollo de productos de manzana deshidratados enriquecidos con vitamina E. España, Universidad Politécnica de Valencia. Tesis de Doctorado.

Correia C, E. (2013). Diseño de bebidas simbióticas vegetales en polvo. Universidad Politécnica de Valencia. 1-26.

Damar, S. (2006). Processing of coconut water with high pressure carbon dioxide technology. Ph.D. Thesis, University of Florida, Florida. http://ufdcimages.uflib.ufl.edu/UF/E0/01/55/41/00001/damar_s.pdf. Accessed on 21 April, 2017.

Dámaso Hornero-Méndez, Antonio Pérez-Gálvez, I. M.-M. (2001). A Rapid Spectrophotometric Method for the Determination of Peroxide Value in Food Lipids with High Carotenoid Content. J. Am. Oil Chem. Soc., 78(11), 1151–1155.

Devia P, J.E. (2005). Pulverización de colorantes naturales por secado por atomización. Universidad eafit. 1-62.

González, B.E.; Ochoa Martínez, L.A.; Rutiaga-Quiñones, O.M. (2015). Microencapsulación mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 16(2): 180-192.

Gil G, M. A.; Alzate T, L. M.; Sánchez-Camargo, A. P. Millán C. L. J. (2011). Secado por aspersión: una alternativa para la conservación de los compuestos bioactivos y aromáticos del extracto de ajo (*Allium sativum* L.). Revista Lasallista de Investigación. 8(2): 40-52.

Gómez Cruz, N. I.; Jiménez Munguía, M. T. (2014). Métodos de secado de emulsiones alimentarias. Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental, Universidad de las Americas Puebla. 8(2): 23-33.

Granados-Sánchez, D.; López-Ríos, G.F. (2002). Manejo de la palma de coco (*cocos nucifera* L.) en México. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 8(1): 39-48.

Hernández-Sandoval, G.R.; Cortés-Rodríguez, M.; Ciro-Velásquez, H.J. (2014). Effect of storage conditions on quality of a functional powder of cape gooseberry obtained by spray drying. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 17 (1): 139 – 149.

Hornero-Méndez D, Pérez-Gálvez A, and Mínguez-Mosquera M.I. (2001). A Rapid Spectrophotometric Method for the Determination of Peroxide Value in Food Lipids with High Carotenoid Content. *JAOCS*, 78 (11).

Kishk, Y.F.M., & Elsheshetawy, H.E. (2013). Effect of ginger powder on the mayonnaise oxidative stability, rheological measurements, and sensory characteristics. *Annals of Agricultural Sciences*. 58 (2): 213–220.

Kure O, J.L.; Yugcha C, A.B. (2012). “Estudio del proceso de secado del látex de papaya (*carica papaya* L.) deshidratado por aspersión”. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción 1-124.

Largo, A. E., Cortes, R. M., and Ciro, V. H. J. (2015). Influence of Maltodextrin and Spray Drying Process Conditions on Sugarcane Juice Powder Quality. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín* 68: 7509-7520.

Laux, D., Gibert, O., Ferrandis, J.Y., Valente, M., Prades., A. (2014). Ultrasonic evaluation of coconut water shear viscosity. *Journal of Food Engineering*. 126: 62–64.

[Lopez M. B. E.](#); [Carvajal DE P. L. M.](#); [Millan C. L. J.](#) Establecimiento de condiciones de la mezcla de pulpa de banano (*musa paradisiaca* L.) para someter a secado por aspersión. (2009). *vitae*, revista de la facultad de química farmacéutica. 16(3): 287-296.

López Hernández, O.D.; Menéndez C, R.A.; García Peña, C.M.; González S, M.L.; Nogueira M, A. (2010). Estudio de secado por aspersión de extractos de *Plectranthus amboinicus*, *Ocimum tenuiflorum*, *Passiflora incarnata*, *Matricaria recutita* y *Melissa officinalis*. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*. 9(3): 216-220.

López H, O.D.; Martínez Á, L.O. (2010). Herramientas para el diseño de las condiciones del proceso de secado por aspersión de extractos vegetales para uso farmacéutico. *Rev Cubana de Plantas Medicinales*. 15 (3): 152-156.

Luengwilai, K., Beckles, DM., Pluemjit, O., Siriphanich, J. (2014). Postharvest quality and storage life of ‘Makapuno’ coconut (*Cocos nucifera* L.). *Scientia Horticulturae*: 175: 105–110.

Master, K. (1985). *Spray Dry Handbook*. Vol 1, 4^a Edition.

Martínez-Navarrete, N.; Andrés A.; Chiralt, A.; Fito, P. (1998). *Termodinámica y Cinética de Sistemas Alimento y Entorno*. Universidad Politécnica de Valencia, servicio de publicaciones.

Mirhosseini, H., Ping Tan, C., Hamid, N. S. A., Yusof, S. (2008). Effect of Arabic gum, xanthan gum and orange oil contents on ζ -potential, conductivity, stability, size index and pH of orange beverage emulsion. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 315: 47–56.

Mondragón, R.; Enrique J, J.; Barba, A. Jarque, J. C.; (2013). El proceso de secado por atomización: formación de gránulos y cinética de secado de gotas. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*. 52(4): 159-168.

Polo, J. Da Veiga, L. Deike, V. (2014). Plasma porcino atomizado: un ingrediente seguro y de futuro. *Mundo Ganadero*. 36-39.

- Polo-Corrales, L.; Hernández-Ramos, L.E.; Mendoza-Corvis, F. (2016). Secado por aspersión de una bebida de leche y yuca: solubilidad e higroscopicidad. *Agronomía Colombiana* 34(1Supl): S481-S484.
- Purkayastha, M.D., Kalita, D., Mahnot, N.K., Mahanta, C.L., Mandal, M., Chaudhuri, M.K. (2012). Effect of L-ascorbic acid addition on the quality attributes of micro-filtered coconut water stored at 4°C. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 16: 69–79.
- Prieto, W.H. Iguti, A. M. Nitz, M. Drying evaluation of green coconut pulp for obtaining a snack-like product. *Procedia Food Science* 1: 1618 – 1627.
- Quintana, C.A. (2011) Cadena nacional de coco de Colombia. Acuerdo de competitividad 2011 [en línea]. http://sioc.minagricultura.gov.co/templates/sioc_cadenas/docs/1443.pdf > [citado el 19 de junio de 2014].
- Raghavendra, S.N., Ramachandra-Swamy, S.R., Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S., Kumar, S., Tharanathan, R.N. (2006). Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber. *Journal of Food Engineering*. 72: 281–286.
- Rodríguez G, E. (2015). Elaboración de bases lácteas en polvo mediante secado por atomización para la fabricación de chocolate. Universidad de Oviedo. 1-110.
- Roos, Y.H. (1995). *Phase Transitions in Foods*. Academic Press, San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokio, Toronto.
- Santoso U., Kubo, K., Ota, T., Tadokoro, T., Maekawa, A. (1996). Nutrient composition of kopyor coconuts (*Cocos nucifera* L.). *Food Chemistry*. 51 (2): 299-304.
- Sangamithra, A. Swamy, G. J. Sorna, P. R. Chandrasekar, V. Sasikala, S. Hasker, E. (2013). Coconut: An extensive review on value added products. *Indian food industry mag*. 32(6): 29-36
- Santoso U., Kubo, K., Ota, T., Tadokoro, T., Maekawa, A. (1996). Nutrient composition of kopyor coconuts (*Cocos nucifera* L.). *Food Chemistry*. 51 (2): 299-304.
- Solangi, AH. and Iqbal, MZ. (2011). Chemical composition of meat (kernel) and nut water of major coconut (*Cocos nucifera* L.) Cultivars at coastal area of pakistan. *Pak. J. Bot.* 43 (1): 357-363.
- Shishir, M.R.I., Taip, F.S., Aziz, N.A., Talib, R.A., Saifullah, M. (2015). Effect of maltodextrin concentrations at different drying temperatures on the physical and drying properties of the spray-dried pink guava powder. *Journal of applied science and agriculture*. 10: 176 - 182.
- Siriphanich, J., Saradhulhat, P., Romphopphak, T., Krisanapook, K., Pathaveerat, S., Tongchitpakdee, S. (2011). Coconut (*Cocos nucifera* L.). In: Yahia, E. (Ed.). *Postharvest-Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*, Vol 3: Cocona to Mango. Woodhead Publishing in Food Science Technology and Nutrition, Cambridge, UK. p. 8-33.
- Tonon, R., Brabet, C., Hubinger, M. (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of ac_ai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*. 88: 411–418.

Trinidad P., Trinidad, A.C., Mallillin, H., Valdez, A.S., Loyola, F.C., Askali-Mercado, J.C., Castillo, R.R., Encabo, D.B., Masa, A.S. (2006). Dietary fiber from coconut flour: A functional food. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 7: 309–317.

Thuan-Chew, T., Lai-Hoong, Cheng, R.B., Gulam, R., Azhar, M.E. (2014). Composition, physicochemical properties and thermal inactivation kinetics of polyphenol oxidase and peroxidase from coconut (*Cocos nucifera*) water obtained from immature, mature and over-mature coconut. *Food Chemistry*. 142: 121–128.

Tonon, R.; Brabet, C.; Hubinger, M. (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleracea* Mart.) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*. 88: 411–418.

Yalegama, L.L.W.C., Karunaratne, D.N., Sivakanesan, R., Jayasekara, C. (2013). Chemical and functional properties of fibre concentrates obtained from by-products of coconut kernel. *Food Chemistry*. 141: 124–130.

4. Capítulo 4

EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE POLVO DE COCO OBTENIDO POR SECADO POR ASPERSIÓN DURANTE EL ALMACENAMIENTO

Cynthia S. TOBÓN C.¹; Misael CORTES R.¹; Jesús H. GIL G.¹

¹Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. Calle 59 A N 63-20, Medellín, Colombia.

Correos: cstobonc@unal.edu.co, mcortesro@unal.edu.co, jhgilg@unal.edu.co

RESUMEN

El coco es un fruto con muchas aplicaciones en diversos sectores industriales: alimentario, cosmético, farmacéutico y químico; por lo que su uso como materia prima para obtener un producto en polvo representa una alternativa efectiva, y la estabilidad de los atributos de calidad durante el almacenamiento es la base fundamental para determinar la vida útil del producto seco. El objetivo de este trabajo fue evaluar la estabilidad durante el almacenamiento de las propiedades fisicoquímicas y físicas del polvo de coco obtenido por secado por aspersión. El polvo de coco obtenido por secado por aspersión, previa optimización experimental del proceso, se empacó en bolsas de película laminada de pet y foil de aluminio con permeabilidad al $O_2 < 1 \text{ cc}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot \text{atm})$ y al vapor de agua $< 1 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot \text{atm})$, y se envasó en N_2 y en condiciones atmosféricas; a temperaturas de 15, 25 y 35°C durante 180 días. Los atributos de calidad evaluados fueron: humedad (x_w), actividad acuosa (a_w), color en coordenadas CIELAB, solubilidad (S), índice de peróxido (IP), índice de acidez (IA), capacidad antioxidante: DPPH y ABTS cenizas, grasa, proteínas, fibra dietaría total. Los resultados mostraron que los atributos de calidad x_w , a_w e IP, fueron los más afectados por las variables independientes temperatura y tiempo. La temperatura de 15°C fue la más favorable alcanzando el producto a los 180 días los siguientes valores: x_w ($2,8 \pm 0,0\%$), a_w ($0,377 \pm 0,006$), color (L^* : $75,23 \pm 0,20$; a^* : $3,22 \pm 0,34$ y b^* : $10,87 \pm 0,49$), S ($55,0 \pm 4,4\%$), IP ($0,29 \pm 0,40 \text{ meqH}_2\text{O}_2/\text{kg polvo}$), IA ($1,3 \pm 0,3\%$), DPPH ($65,60 \pm 1,39 \text{ mg Trolox}/100 \text{ g de coco}$) y ABTS ($81,33 \pm 6,21 \text{ mg Trolox}/100 \text{ g de}$

coco). El polvo de coco obtenido por secado por aspersion representa una matriz cuyos encapsulantes permiten proteger la matriz ante fenomenos de deterioro durante el almacenamiento.

Palabras clave: *cocos nucifera*, estabilidad de los alimentos, almacenamiento, atmósfera de N₂, ANOVAs.

ABSTRACT

The Coconut is a fruit with many applications in various industrial sectors: food, cosmetic, pharmaceutical, chemical, so its use as raw material powder represents an effective alternative and the stability of its quality attributes during storage of the fundamental base to determine the shelf life. The objective of this work was to evaluate the stability of the physico-chemical and physical properties of the coconut powder obtained by the spray-drying during storage. The coconut powder obtained by spray drying, after experimental optimization of the process, was packed in the rolled film pouches of pet, aluminum foil with permeability to O₂ <1 cc / (m² * 24h * atm) and Water vapor <1 g / m² * 24h * atm) and it was packed in N₂ and under atmospheric conditions at temperatures of 15, 25 and 35 ° C for 120 days. The quality attributes evaluated were: moisture (xw), aqueous activity (aw), color coordinates (CIELAB), solubility (S), peroxide index (PI), acidity index (AI), antioxidant capacity: DPPH and ABTS. The results showed that the quality levels xw, aw and IP were the most affected by the independent temperature and time variables. The temperature of 15°C was the most favorable reaching the product at 120 days of the following values: xw (2.8 ± 0.0%), aw (0.377 ± 0.006), color (L*: 75.23±0.20; a*: 3.22±0.34 y b*: 10.87±0.49), S (55.0 ± 4.4%), IP (0.29±0.40 meqH₂O₂/ kg powder), AI (1.3 ± 0.3%), DPPH (65.60±1,39 mg Trolox /100 g coconut) and ABTS (93.73 ± 2.00 mg Trolox / 100 g coconut). The coconut powder obtained by the spray drying represents a matrix whose encapsulants allow to protect the matrix before the phenomena of deterioration during storage.

Key words: *Cocos nucifera*, Stability of food, storage Atmosphere of N₂, ANOVAs.

INTRODUCCIÓN

El coco pertenece a la familia *Palmaceae* la cual contiene alrededor de 235 géneros, el cocotero hace parte del género *Cocos* y la especie *nucífera*. El coco se aprovecha casi en su totalidad, siendo la nuez el principal producto ya que contiene fibra y puede ser transformada en leche de coco, aceite de coco, agua de coco y coco deshidratado (Baraona y Sancho, 1992; Alfonso y Ramírez, 2008). La leche de coco es básicamente agua y grasa, con baja cantidad de proteína, carbohidratos, fibra y cenizas. Además, cerca del 95% de los lípidos presentes en el coco son de cadenas saturada, principalmente representadas por el ácido láurico, el cual se le ha reconocido propiedades antivirales, antibacteriales y antiprotozoarias; por otro lado, el coco contiene cantidades menores en minerales tales como fósforo, calcio y potasio, y algunas vitaminas del grupo B y ácido ascórbico; mientras que el agua de coco contiene vitaminas B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, B₉, azúcares, polioles, vitamina C, aminoácidos libres, fitohormonas, enzimas y factores que promueven el crecimiento (Debmandal y Mandal, 2011; Enig, 2004). La leche de coco, es un ingrediente principal en múltiples platos culinarios; por ello la industria del coco se ha inclinado en la extracción de la leche, donde para el año de 1997, del total de nueces de coco producidas a nivel mundial el 25% fueron consumidas como leche (Seow y Gwee, 1997).

El coco es originario de Asia y a partir de allí se ha extendido por todo el mundo, se cree que llegó a la costa atlántica de América por navegadores en el siglo XV, no obstante, su aparición aún sigue siendo una especulación debido a que el coco tienen la facultad de flotar en el agua y puede ser transportado por las corrientes hacia muchos lugares. El coco es la palmera más importante del mundo, sus principales productores son: Filipinas, Indonesia, India, Sri Lanka, Malasia y Tailandia; en América se encuentra principalmente en México y Brasil (Baraona y Sancho, 1992; Alfonso y Ramírez, 2008). Existen aproximadamente 360 usos domésticos para esta planta debido a que se aprovecha casi en su totalidad; entre los usos se destaca: confitería y pastelería, manteca, margarina, jabones, bronceadores, bebida rehidratante, alimentos, cosmetología, combustibles y lubricante, alimento para ganado y aves, fibras textiles, alfombras, escobas y objetos de adorno, entre otros (Baraona y Sancho, 1992; Alfonso y Ramírez, 2008).

Los alimentos deshidratados (AD) son alimentos que han sufrido un proceso de extracción de agua por medio de la aplicación de diferentes tecnologías donde se controlan varios factores como son la temperatura, la circulación del aire, humedad; entre otros. En un AD el crecimiento de microorganismos, bacterias y/o levaduras, está limitado. La deshidratación de alimentos existe desde hace ya varios años y se aplicaba en épocas de escasez de los alimentos. La principal función de la deshidratación es la preservación, además facilita el transporte, almacenado y envasado del alimento; en algunas frutas, la función del secado es aumentar los niveles de azúcar, así como también mantener las propiedades nutricionales y sensoriales del producto fresco (Ceballos y Jiménez. 2012).

Los alimentos en polvo son materiales en estado sólido con tamaños de partícula en la escala de nanómetros a milímetros, y son obtenidos por un proceso de deshidratación que conserva al máximo todas las características nutritivas y organolépticas del alimento original hidratado. En la actualidad, los AD son utilizados como ingredientes o materias primas en la formulación de alimentos como bocadillos, cereales, productos cárnicos y lácteos entre otros. Sin embargo, la mayoría de los alimentos deshidratados deben ser rehidratados con soluciones acuosas, salinas entre otras para poder ser consumidos (Marín *et al.*, 2006).

Para las frutas y verduras la deshidratación se ha convertido en un método eficiente de preservación, debido a que son alimentos que actualmente son consumidos con frecuencia y su deterioro es notable en las áreas de abasto y en los mercados locales; más aún, cuando estos alimentos necesitan ser transportados durante días para abastecer la población; como sucede con el coco (*Cocos nucifera*). El coco es una fruta que en Colombia se cultiva en las zonas de Nariño, Córdoba y Cauca con 38.656,50, 32.032,70 y 17.435,10 toneladas, respectivamente. Para el año 2014 su producción fue 118.666,30 toneladas en un área de 16.503,69 hectáreas, ocupando el puesto 24 a nivel mundial con un 0,23% de su producción. En Colombia se estima una producción de 8,2 toneladas por hectárea al año, superando los promedios mundiales que son de 5 ton/año, ocasionando así una sobreoferta de esta fruta, que genera a largo plazo el detrimento de la producción de la materia prima o aun también la disminución de los precios; que a su vez, conlleva a pérdidas económicas realmente importante para los productores (Quintana 2011). Por ende, la deshidratación de coco

es una de las posibles soluciones a las pérdidas ocasionadas por sobreoferta; sin embargo, se necesita realizar estudios para establecer cambios físicos y químicos del producto de polvo de coco (PC) según las condiciones ambientales de almacenamiento (Ceballos y Jiménez. 2012., Agronet, 2014).

La vida útil de un alimento está definida como el tiempo máximo en el cual un producto alimenticio puede ser almacenado en diferentes condiciones ambientales sin que el alimento sufra ningún deterioro respecto a los parámetros de calidad. (Jena *et al* 2012). Los estudios de vida útil determinan la duración de los alimentos desde la fabricación hasta el momento que presentan cambios significativos tanto en su textura, color, sabor o composición y pueda ser rechazado por los consumidores. Existen varios factores los cuales son de vital importancia a la hora de la determinación de la vida útil de un producto; estos son: factores intrínsecos (composición, estructura, naturaleza, actividad de agua, pH, acidez, disponibilidad de oxígeno y potencial redox) y factores extrínsecos (procesamiento, higiene, manipulación, materiales, sistemas de empaque, almacenamiento, distribución y lugares de venta), seguido del tiempo como una función de degradación de la calidad del producto. Cualquier componente de estos factores que se altere puede afectar de manera negativa el producto; por eso es aconsejable evaluar estos parámetros de manera individual y en conjunto (Bhandari 2013; Jena *et al* 2012). El presente estudio tiene como objetivo evaluar la estabilidad durante el almacenamiento del polvo de coco obtenido por secado por aspersión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la determinación de vida útil del PC se realizó un estudio de almacenamiento del producto obtenido de un proceso de optimización de secado por aspersión. El PC se empacó en dos atmósferas diferentes, N_2 y atmosférica, y se almacenó a temperaturas de 15, 25 y 35°C durante 0, 30, 60, 90, 120, 150 y 180 días. Los parámetros que se evaluaron en el PC durante el almacenamiento fueron: humedad, actividad acuosa, color, solubilidad, índice de peróxidos, capacidad antioxidante e índice de acidez; según las metodologías descritas a continuación:

Humedad (X_w): se realizó bajo el método oficial AOAC (930.15/90 de 1990).

Actividad acuosa (aw): se determinó con un higrómetro de punto de rocío a 25°C (Aqualab serie 3TE).

Color: se midió por medio de un espectrofotómetro de esfera (X-RITE. Serie SP60) con iluminante D65 y un observador de 10°. Se obtuvieron las coordenadas de color del CIE- L* a* b* Cortés (2004).

Solubilidad (S): 1 g de PC se mezcló con 50 mL de agua destilada bajo agitación vórtex por 1 min; luego, se centrifugó durante 5 min a 3000 rpm a 25°C. 25 mL del sobrenadante fueron depositados en cajas Petri pesadas y se llevó a sequedad en una estufa a 105°C por 5 h. El porcentaje de solubilidad se calculó haciendo la relación del peso de material soluble respecto al peso de PC inicial. Cano-Chauca *et al.*, (2005).

Índice de acidez (IA): Se determinó por el método de titulación con KOH 0,1M utilizando fenolftaleína como indicador (Método AOAC 942.05/90), adaptado por Bernal (1998); la acidez se expresó en términos de ácido láurico (g de ácido láurico/100 g muestra).

Aceite extraíble (AE): Se determinó de acuerdo al método descrito por Bae & Lee, (2008) modificado. 4 g ($\pm 0,0001$) de PC en un tubo de ensayo se mezcló con 40 mL de solución hexano:isopropanol (3:1 v/v) agitando durante 2 min; luego, se centrifugó a 3000 rpm/5min y la fase orgánica separada fue sometida a calentamiento a 70 °C/150min hasta evaporación del solvente. El contenido de aceite extraíble se cuantificó de acuerdo al contenido de aceite obtenido después de la evaporación, sobre la cantidad de la muestra inicial.

Índice de peróxidos (IP): se determinó a partir del aceite extraído. A 20 mg del aceite extraído del PC se adicionó 10 mL de la mezcla cloroformo:metanol 7:3 (v:v). Después de agitar por 5 min, se adicionó 20 μ L de solución de tiocianato 3,94 M y 20 μ L de solución de cloruro ferroso 0,016 M (FeCl₂). La reacción se dejó en oscuridad por 5min. Posteriormente, se determinó el IP el un método espectrofotométrico (Hornero-Méndez, Pérez-Gálvez, & Mínguez-Mosquera, 2001). El IP fue expresado como meq de H₂O₂ /kg muestra (ecuación 1), donde A_m y A_b corresponden a la absorbancia de la muestra y el blanco, respectivamente, a una longitud de onda de 500 nm; m= pendiente de la curva de calibración; W= peso muestra (g); 2= factor de conversión para expresar como meqH₂O₂; 55,84= peso molecular del hierro y V_f= volumen final (mL) de la mezcla de reacción.

$$\frac{\text{meqH}_2\text{O}_2}{\text{kg muestra}} = \frac{(A_m - A_b) * 1/m}{w * 2 * 55,84} * v_t \quad (\text{Ecuación 1})$$

Actividad Antioxidante:

DPPH: se determinó la capacidad antioxidante por el método DPPH bajo la metodología de Berger *et al* (2008). A 1980 µL de solución de DPPH se adicionó 20 µL de un extracto de PC obtenido con metanol. La reacción se guardó en oscuridad durante 30 min; la absorbancia se midió en un espectrofotómetro (Thermo Scientific Evolution 60) a 517 nm. El porcentaje de inhibición se calculó como: % inhibición = $(A_{\text{dpph}} - A_{\text{muestra}}) / A_{\text{dpph}}$. De acuerdo con la curva de calibración de inhibición construida con trolox, la actividad antioxidante se expresó como mg de trolox equivalente/ 100 g de polvo.

ABTS: Se determinó la capacidad antioxidante por el método de ABTS bajo la metodología Prior (2005). Se utilizó un extracto metanólico de polvo de coco. El ABTS^{•+} se generó a partir de su precursor el ácido 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolín)-6-sulfónico (ABTS). 20 uL de muestra se adicionó a 2000 uL de ABTS^{•+}, después de 7 min de reacción en la oscuridad se midió la absorbancia de la muestra a 734 nm. Con los valores de absorbancia se calculó el porcentaje de inhibición % de inhibición = $(A_{\text{ABTS}} - A_{\text{muestra}}) / A_{\text{ABTS}}$ y la actividad se expresó como capacidad antioxidante en mg de trolox equivalente/ 100 g de polvo.

Caracterización bromatológica: se determinó el contenido de cenizas, grasas, proteínas y fibras dietaria total según el método oficial AOAC 942.05/90, 920.39/90, 955.04/90 y 985.29/90, respectivamente.

Los resultados fueron analizados a partir de ANOVAs, como método de comparaciones múltiples, con un nivel de significancia menor o igual a un 5%. Con el programa estadístico Statgraphics Centurion XV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan los valores, con sus respectivas desviaciones estándar, de las características fisicoquímicas del PC empleado en el estudio de estabilidad. De cada una de las variables en los tiempos 0, 1 (T30), 2 (T60), 3 (T90), 4 (T120), 5 (T150)

y 6 (T180) días; en las dos condiciones (Nitrógeno y atmosférica) a las temperaturas 15, 25 y 35 °C.

Se pueden evidenciar que todos los parámetros fisicoquímicos del producto en polvo, así como variables relacionadas con el deterioro, son dependientes del método de secado y la composición del alimento fresco que se deshidrata. Adicionalmente se encontró en el tiempo 0, que el PC tenía un porcentaje de cenizas de 1,9%; de grasa 32,9%; de proteína cruda de 4,7% y de fibra dietaria total de 21,2%. En un estudio realizado por, Jena y Das (2012), predijeron la vida útil de leche de coco en polvo, conteniendo goma acacia y maltodextrina, empacada en un envase de polietileno al vacío y almacenada a $90\pm 1\%$ de humedad relativa y 38 ± 2 °C. En el tiempo 0, obtuvieron valores de a_w e IP de 0.37 y 3.83 mEq. O₂/kg (1,91 meq H₂O₂/Kg), respectivamente. Ambos valores fueron mayores a los encontrados para el PC probablemente estas diferencias están asociadas a contenidos grasos disimiles entre la leche de coco y el coco fresco empleado en esta investigación, y a las condiciones de secado empleadas en cada caso. Las condiciones y el tipo de secado que se utiliza es fundamental y es clave determinante de las características fisicoquímicas de coco en polvo.

Tabla 1. Resultados de la estabilidad del polvo de coco seco por aspersión en las temperaturas (15, 25, 35 °C), en nitrógeno y en condiciones atmosférica.

	T (°C)	Xw (%)	S (%)	Aw	L*	a*	b*	IP (meqH2O2/Kg polvo)	AE (%)	DPPH (mg Trolox /100g polvo)	ABTS (mg Trolox /100g de polvo)	IA (%)
(T0)	N,A	1,2±0,2	59,5±6,1	0,176±0,004	83,31±1,85	2,32±0,33	8,50±0,32	3,64±0,87	48,78±7,75	68,58±2,68	57,79±14,59	1,1±0,6
(T30)	15°C N	2,1 ±0,1	46,6±4,6	0,321±0,041	77,11±0,84	2,44±0,16	8,51±0,76	2,51±0,51	29,44±1,85	58,87±5,09	87,83±11,70	0,9±0,0
	15°C A	1,8 ±0,1	51,7±3,1	0,272±0,008	76,33±0,58	2,73±0,19	8,54±0,46	2,04±1,71	28,83±6,38	59,73±1,65	93,39±6,82	0,9±0,0
	25°C N	1,8±0,1	46,4±4,3	0,28±0,016	76,91±1,40	2,650,11	8,58±0,57	1,69±0,68	29,95±5,23	60,83±4,73	93,39±2,71	2,0±0,1
	25°C A	1,6 ±0,1	47,5±6,1	0,277±0,006	77,69±1,56	2,940,22	9,16±0,66	1,82±0,64	33,76±7,18	71,10±0,17	80,02±12,72	1,3±0,1
	35°C N	1,8 ±0,2	47,3±1,0	0,295±0,013	77,97±0,49	2,65±0,10	8,62±0,31	1,76±0,39	24,29±4,85	60,04±3,52	76,24±6,70	1,3±0,2
	35°C A	1,7±0,1	47,6±2,9	0,292±0,031	75,02±2,80	2,9±0,23	8,91±0,61	1,82±0,61	29,86±1,38	61,50±0,81	84,36±2,76	1,5±0,1
(T60)	15°C N	2,0±0,1	61,7±4,1	0,322±0,003	74,37±1,57	1,62±0,17	9,58±0,35	2,21±0,94	28,54±1,87	72,35±4,68	83,76±10,40	1,7±0,3
	15°C A	2,0±0,0	64,3±3,4	0,348±0,005	72,32±0,63	1,95±0,17	9,07±0,36	2,10±0,90	32,16±6,04	63,43±3,84	71,46±7,41	1,9±0,4
	25°C N	2,5±0,2	60,0±0,3	0,361±0,026	76,42±2,43	1,52±0,18	7,64±0,88	2,06±1,05	31,08±3,04	78,36±3,93	90,26±13,80	1,7±0,3
	25°C A	2,2±0,0	67,8±5,0	0,36±0,026	72,11±1,37	2,06±0,05	8,77±0,30	1,98±0,17	27,75±4,88	71,14±2,77	74,50±12,74	1,7±0,2
	35°C N	1,7±0,0	57,6±1,7	0,344±0,018	68,80±0,70	1,59±0,09	8,81±0,92	1,90±1,29	29,49±8,51	79,09±4,02	98,397±17,29	3,2±0,3
	35°C A	2,0±0,0	64,5±4,0	0,344±0,030	77,32±0,44	1,52±0,08	8,13±0,34	1,93±0,48	29,78±1,95	73,35±3,67	66,12±5,88	3,0±0,2
(T90)	15°C N	2,1±0,1	49,9±7,0	0,323±0,010	78,59±0,21	1,54±0,05	8,26±0,22	1,43±0,73	30,83±2,83	68,55±4,44	94,68±9,21	0,6±0,0
	15°C A	2,6±0,1	50,5±5,0	0,361±0,008	79,79±0,29	1,70±0,03	9,82±0,89	1,15±0,98	28,66±7,76	62,00±2,15	89,18±12,18	0,9±0,0
	25°C N	2,3±0,0	50,4±6,6	0,343±0,004	78,50±0,22	1,65±0,12	8,65±0,18	1,36±0,78	31,90±3,95	71,86±3,20	99,93±14,64	0,9±0,0
	25°C A	2,3±0,0	57,3±5,9	0,341±0,010	78,68±0,75	1,75±0,14	8,85±0,30	1,13±0,15	30,33±4,24	67,86±0,72	115,26±5,71	0,9±0,1
	35°C N	2,0±0,0	44,8±2,8	0,364±0,010	76,72±0,83	1,83±0,09	10,49±0,49	1,12±0,46	27,84±5,77	65,62±1,81	88,70±11,12	1,7±0,4
	35°C A	2,1±0,0	49,0±1,5	0,377±0,007	77,08±0,80	1,99±0,05	10,83±0,42	1,62±1,09	32,70±2,14	63,94±1,13	89,83±12,30	1,3±0,2
(T120)	15°C N	2,4±0,0	53,1±5,7	0,360±0,001	78,65±0,49	3,32±0,17	9,93±1,01	2,30±0,87	35,69±1,96	69,50±2,41	101,82±14,07	1,9±0,5
	15°C A	2,0±0,0	59,9±3,7	0,347±0,005	78,17±0,23	2,88±0,41	10,02±0,69	1,44±1,76	27,60±10,77	65,20±1,81	80,20±2,39	2,6±0,3
	25°C N	2,5±0,1	54,3±5,3	0,370±0,003	76,43±0,60	2,69±0,51	9,86±0,66	1,33±2,03	32,86±1,70	63,68±2,12	103,28±14,01	4,3±0,7
	25°C A	2,4±0,0	57,9±2,4	0,353±0,004	75,80±0,33	2,96±0,25	10,29±0,30	1,83±0,77	33,67±2,31	63,72±3,01	95,31±2,01	4,3±0,6
	35°C N	2,2±0,1	46,0±2,4	0,356±0,011	74,86±0,63	3,18±0,04	10,57±0,26	1,54±0,51	33,86±1,89	66,00±2,36	84,59±22,10	2,6±0,2
	35°C A	2,2±0,1	49,6±3,8	0,371±0,023	74,43±0,81	2,99±0,21	10,22±0,43	1,20±0,41	30,81±0,52	58,94±0,25	97,55±14,21	5,6±9,5
(T150)	15°C N	2,5±0,1	57,7±7,9	0,327±0,005	78,84±0,49	2,31±0,05	10,10±0,13	0,32±0,25	39,80±11,34	66,52±1,80	85,14±3,47	1,3±0,3
	15°C A	3,1±0,1	53,4 ±1,4	0,353±0,027	78,66±0,31	3,28±0,11	10,56±0,12	0,27±0,07	37,82±10,52	64,16±2,64	81,59±3,42	3,0±0,6
	25°C N	3,3 ±0,1	54,2±1,1	0,378±0,010	77,47±0,11	3,60±0,11	11,19±0,35	0,19±0,10	33,78±0,65	66,25±2,68	86,42±7,10	4,3±0,5
	25°C A	3,0±0,0	58,5±4,0	0,386±0,013	76,59±0,09	2,40±0,10	9,82±0,09	0,24±0,26	34,72±2,73	75,57±8,47	77,28±7,56	4,3±0,6
	35°C N	2,2 ±0,0	46,0±1,1	0,332±0,005	76,45±1,01	3,28±0,13	11,01±0,14	0,36±0,50	31,93±1,11	60,34±1,99	63,21±19,86	2,6±0,3
	35°C A	2,2±0,1	52,9±5,6	0,307±0,006	75,37±0,02	3,37±0,20	10,78±0,19	0,16±0,08	29,87±5,13	60,00±4,71	63,21±19,86	4,3±0,4
(T180)	15°C N	2,8±0,0	55,0±4,4	0,377±0,006	75,23±0,20	3,22±0,34	10,87±0,49	0,29±0,40	34,73±1,66	65,60±1,39	81,33±6,21	1,3±0,3
	15°C A	2,7±0,0	46,4±2,5	0,345±0,005	74,16±0,69	3,22±0,18	10,19±0,71	0,24±0,14	32,67±0,73	63,92±3,85	63,81±13,12	3,0±1,2
	25°C N	4,0±0,0	60,4±5,1	0,368±0,005	72,43±1,21	2,97±0,38	9,49±1,01	0,09±0,21	45,69±10,06	55,41±5,05	58,75±6,64	4,3±1,3
	25°C A	3,6±0,1	55,3 ±1,0	0,385±0,003	71,26±0,52	2,66±0,06	8,83±0,26	0,06±0,13	36,84±7,96	60,30±4,61	80,02±10,29	4,3±1,4
	35°C N	2,3±0,0	63,7±0,8	0,312±0,020	72,18±1,22	3,27±0,20	9,81±0,43	0,08±0,08	32,93±0,72	64,36±3,24	75,91±7,02	2,6±0,3
	35°C A	2,3±0,1	67,9±1,2	0,334±0,017	72,22±0,67	2,74±0,11	9,65±0,51	0,10±0,08	36,81±3,66	59,47±3,99	76,77±5,84	4,3±0,4

En la tabla 2 se presenta el ANOVA, de la estabilidad del polvo de coco secado por aspersión almacenado en nitrógeno y atmosférica durante 0, 30, 60, 90, 120, 150 y 180 días a temperaturas de 15, 25, y 35 °C; con un nivel de significancia de $p < 0,05$.

Tabla 2. ANOVA de la estabilidad del polvo de coco secado por aspersión en las temperaturas (15, 25, 35 °C), con nitrógeno y atmosférica.

VARIABLE	INTERACCIONES						
	A:EMVASADO	B:TEMPERATURA	C:TIEMPO	AB	AC	BC	ABC
IP meqH ₂ O ₂ /kg polvo	0,526	0,086	0,000*	0,4211	0,9995	0,8677	0,8867
Aceite Extraíble (%)	0,988	0,482	0,000*	0,2211	0,8665	0,5862	0,5049
L*	0,302	0,000*	0,000*	0,0329*	0,1967	0,0003*	0,0000*
a*	0,376	0,055	0,000*	0,0288*	0,0017*	0,0004*	0,0000*
b*	0,807	0,000*	0,000*	0,4939	0,0159*	0,0000*	0,0081*
DPPH (mg Trolox/100g polvo)	0,142	0,065	0,000*	0,0219*	0,0056*	0,0006*	0,7396
ABTS (mg Trolox/100g polvo)	0,089*	0,037*	0,000*	0,2714	0,0536	0,1704	0,0527
Xw (%)	0,461	0,000*	0,000*	0,0310*	0,0010*	0,0000*	0,0035*
S (%)	0,000*	0,120	0,000*	0,0049*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
aw	0,562	0,002*	0,000*	0,8493	0,0315*	0,0000*	0,0003*
IA (%)	0,000*	0,000*	0,000*	0,0044*	0,0000*	0,0000*	0,0053*

*Significativo ($p < 0,05$)

En la tabla 2, se puede observar que todas las variables fueron significativas ($p < 0,05$), con respecto al tiempo o sus interacciones, en donde este factor es clave fundamental para la determinación de la vida útil del polvo de coco secado por aspersión.

Índice de Peróxidos: el IP es una variable que indica el grado de la rancidez oxidativa de las grasas; por lo tanto, es un parámetro importante durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos grasos porque brinda un estimativo del contenido de sustancias que se están oxidando y se asocia a la presencia de peróxidos derivados de los ácidos grasos presentes en el polvo de coco. Algunos de los factores que alteran la oxidación lipídica son el oxígeno, la exposición a la luz, la temperatura de almacenamiento, el contenido de agua y la presencia de metales. Una de las consecuencias de la oxidación lipídica son los cambios de sabor y de olor en la matriz alimenticia que a su vez causa un rechazo para el consumidor Arab T 2010 y

Carrillo I, Reyes I (2013). El valor inicial de IP fue de 3.64 ± 0.87 , y a los 180 días el valor disminuyó en todas las condiciones de almacenamiento a valores entre $0,08 \pm 0,08$ y $0,29 \pm 0,40$. El índice de peróxidos se utiliza para determinar el grado de oxidación primaria, la cual pudo ocurrir durante el proceso de secado para obtener (PC) dado que en el proceso de secado por aspersion el producto es expuesto a altas temperaturas, por ende la oxidación inicial es mayor; y luego en el almacenamiento ocurren procesos de descomposición de los peróxidos a productos de oxidación secundaria; por lo tanto el IP disminuye. Se recomienda utilizar otra técnica la cual se pueda evaluar los procesos de oxidación secundarios. En un estudio hecho por Raghavendra y Raghavarao (2010), encontraron valores de peróxidos para el aceite de coco de 0.82 ± 0.02 , y de 1.46 ± 0.06 . Mientras Jena en el 2012, que predijo la vida útil de leche de coco deshidratada almacenada a $90 \pm 1\%$ de humedad relativa y 38 ± 2 °C; a los 30 días de almacenamiento obtuvo valores de peróxidos de $7,105$ mEq.O₂/kg ($3,5525$ meqH₂O₂/kg), resultados superiores a los obtenidos en este estudio en polvo de coco secado por aspersion en donde a los 30 días los valores de IP estuvieron entre $2,51 \pm 0,51$ y $2,04 \pm 1,71$ a 15°C en nitrógeno y atmosférico, respectivamente; $1,69 \pm 0,68$ y $1,82 \pm 0,64$ a 25 °C en nitrógeno y atmosférico, respectivamente; y $1,76 \pm 0,39$ y $1,82 \pm 0,61$ a 35°C en nitrógeno y atmosférico. La descomposición de los peróxidos es coherente, puesto que los procesos de descomposición son más lentos a temperaturas más bajas; es decir el PC almacenado a 15°C, está sufriendo procesos de descomposición de peróxidos menores que los PC almacenados a (25, 35°C) sucesivamente.

Color: los cambios de color en los alimentos pueden ser un indicador determinante para obtener un tiempo máximo de utilidad. La reducción de la luminosidad (L*) en el tiempo de almacenamiento indica un oscurecimiento del polvo atribuible generalmente a reacciones no enzimáticas (Hernández *et al* 2014). La disminución de L* desde el tiempo 0 ($83,31 \pm 1.85$) al tiempo 180 días ($75,23 \pm 0,20$ a $71,26 \pm 0,52$), podría deberse a las reacciones de maillard que se acentuaron durante el tiempo de almacenamiento y que aún a bajo temperaturas (15 °C), porque la energía de activación de esta reacción es bajo. En un estudio realizado por Prieto *et al.*, (2011), donde al secar pulpa de coco verde a diferentes temperaturas (60-80°C), encontraron que L* disminuyó de valores entre 80.9 ± 0.7 y 84 ± 2 , a valores del producto final de 67.4 ± 0.2 – 66.8 ± 0.3 y resaltaron que el pardeamiento no era causado por la baja actividad de las enzimas,

que se debía probablemente a la etapa de maduración de coco (verde), indicando que la causa de oscurecimiento se debió por la reacción de Maillard, debido a que el color, sabor y olor en el producto final eran típicos de esta reacción. Se logró evidenciar un aumento en a^* (cromaticidad verde (-) a rojo (+)), y b^* (cromaticidad azul (-) a amarillo (+)); este resultado se asocia con la oxidación de las grasas, que confieren al polvo tonalidades amarillas y al aumento valor de b^* (Hernández *et al* 2014).

1.1. Antioxidantes: La capacidad antioxidante (ABTS y DPPH), presentó diferencias estadísticamente significativas respecto al factor tiempo y la interacción del envasado con el tiempo. La temperatura no afectó la actividad antioxidante del PC en el tiempo de almacenamiento. La capacidad antioxidante es considerada un atributo de calidad muy importante en los alimentos y más aún en las frutas, en donde gracias a su consumo conlleva a obtener hábitos alimenticios saludables (Monteagudo *et al* 2013). En el presente estudio, la capacidad antioxidante DPPH fue de $68,584 \pm 2,678$ (T0) y disminuyó en 180 días a valores entre $55,414 \pm 5,048$ y $65,597 \pm 1,392$; mientras que los valores de ABTS incrementaron en el tiempo de almacenamiento, pasando de $57,795 \pm 14,586$ (T0) a valores entre de $58,746 \pm 6,643$ y $81,334 \pm 6,210$ a los 180 días. Las diferencias encontradas en los valores de actividad antioxidante pueden ser debidas a que los radicales del DPPH son más impedidos, es decir es más difícil reaccionar con el radical; caso contrario ocurre con el ABTS en donde el radical se encuentra más disponibles.

En un estudio realizado por López fernández., 2015; en el cual estudiaron el efecto de la humedad relativa y del tiempo de almacenamiento en la calidad de plátano primitivo, cacao y quinoa secos en polvo; los cuales fueron almacenados durante nueve meses, obtuvieron valores iniciales de DPPH para los productos plátano, cacao y quinoa de $5,4 \pm 0,4$; 73 ± 2 y $4,3 \pm 0,8$ μ moles Trolox equivalentes/100 g de solidos secos, respectivamente; y luego, cuando el a_w fue de 0,113, se obtuvieron valores de $4,66 \pm 0,14$; $38,41 \pm 0,19$ y $2,2 \pm 0,3$ μ moles Trolox equivalentes/100 g de solidos secos, respectivamente.. Por otro lado, en el ABTS se obtuvieron valores de: $5,2 \pm 1,4$; $54,8 \pm 1,5$ y $4,9 \pm 0,2$ μ moles Trolox equivalentes/100 g de solidos secos a un a_w de 0,113, y de $3,2 \pm 1,3$; 32 ± 2 y $2,4 \pm 0,07$ μ moles Trolox equivalentes/100 g de solidos secos a un a_w de 0,755. Estos cambios pueden estar relacionados con la disminución

del contenido de compuestos fenólicos, carotenoides, vitamina C, los cuales se pierden por lixiviación o reacción química influenciados por el aw durante el almacenamiento.

Humedad: Al igual que la aw, la humedad de un producto seco en polvo es un factor muy importante y se encuentra influenciado por el material de empaque y las condiciones de almacenamiento en el tiempo (Carrillo I, Reyes I 2013). En este estudio se obtuvieron valores de humedad en el (T0): $1,2 \pm 0,2\%$; en el (T30): $1,6 \pm 0,1 - 2,1 \pm 0,1$; en el (T60): $1,7 \pm 0,0 - 2,5 \pm 0,2$; en el (T90): $2,1 \pm 0,0 - 2,6 \pm 0,1$; en el (T120): $2,0 \pm 0,0 - 2,5 \pm 0,1$; en el (T150): $2,2 \pm 0,0 - 3,3 \pm 0,1$; en el (T180): $2,3 \pm 0,0 - 4,0 \pm 0,0$. Estos valores pueden deberse al material de empaque acompañado de la temperatura en donde a temperaturas más bajas la ganancia de humedad en el tiempo es superior (Jena *et al* 2012).

En un estudio realizado por A-sun *et al.* (2016) donde midieron el efecto de las condiciones de secado por aspersión en las características físicas de Polvo de azúcar de coco; pudieron determinar la humedad a las temperaturas en 120°C de $3,03\%$; en 150°C de $2,25\%$; en 180°C de $1,92\%$. En otro estudio realizado por Jena *et al* (2012), donde predijeron la vida útil de leche de coco seca en polvo y realizaron mediciones de humedad en los días 0, 9, 16, 23 y 30; donde sus valores de humedad fueron: 0,05; 0,087; 0,088; 0,102 y 0,112 kgde agua/kgde agua/solido seco. Es decir: 5; 8,7; 8,8; 10,2; 11,2%. En este proceso los valores de humedad fueron superiores a los del presente estudio, estas diferencias se pudieron dar por múltiples causas entre ellas esta las condiciones de secado, el tipo de empaque y la atmosfera en la que es almacenado el producto.

Solubilidad: Para productos en polvo la solubilidad es una variable clave, debido a que a mayor solubilidad se genera un producto más aceptable para el consumidor y desde un punto de vista económico favorece y reduce costos (Arab T, 2010). Los valores de solubilidad para el PC se encuentran entre $59.4872 \pm 6.1119\%$ y $49,8618 \pm 6,9687\%$ mostrando que es una variable influenciada por todos los factores. En un estudio de azúcar de coco en polvo donde concluyeron que a medida que aumenta la temperatura de almacenamiento mayor era la solubilidad del producto

(disuelto a una misma temperatura); estos datos no concuerdan con lo reportado en coco en polvo secado por aspersión (A-sun *et al*, 2016). Adicionalmente se tienen valores de solubilidad bajos en comparación a otro estudio, donde utilizaron un polvo de jugo de granada y manzana que sus valores de solubilidad, están alrededor 86,24 a 94,53% (Ochoa *et al* 2014). Todas estas diferencias en estos estudios se debe posiblemente a al tamaño y forma de las moléculas las cuales son diferentes en cada producto y además de su composición nutricional, debido a que alguna de las moléculas como es el caso de ácidos grasos son menos solubles en el agua. Adicionalmente también estas diferencias se pueden deber a que en los polvos por el almacenamiento se hayan formado cristales los cuales disminuye la solubilidad y en algunos otros se obtengan más superficies amorfas, las cuales incrementa la solubilidad de los polvos en agua.

Aw: este factor presentó diferencias estadísticamente significativas con el factor de tiempo de almacenamiento, lo cual va muy relacionado con el contenido de humedad. La ganancia de vapor de agua durante el almacenamiento se puede deber a la permeabilidad del material del empaque; en tanto a otros estudios se reportan que en aw entre 0,11 y 0,23; el productos en polvo retrasa la aparición de la oxidación lipídica y se considera un polvo microbiológicamente estable (Hernández *et al* 2014. Arab T 2010). El valor de aw en el tiempo 0 fue de $0,176 \pm 0,004$ e incrementó, en 30 días, a valores entre $0,272 \pm 0,008$ a $0,321 \pm 0,041$; mientras que en el día 180 estuvieron entre $0,312 \pm 0,020$ a $0,377 \pm 0,006$. En un estudio, reportado por Jena *et al* 2012, encontraron valores de aw en el día 0 de 0.375, mientras en el día 30 se obtuvieron valores de 0.728, valores muy superiores a los de este estudio (Jena *et al* 2012). En otro trabajo, de un polvo funcional de uchuva obtenido por secado por aspersión, se obtuvieron valores de aw muy similares a este estudio en donde en el tiempo 2 se obtuvieron valores de aw de 0.296 ± 0.002 a 4°C, de 0.352 ± 0.002 a 20°C y 0.342 ± 0.002 a 30°C (Hernández *et al* 2014).

Índice de Acidez: La acidez del polvo de coco mostró diferencias estadísticamente significativas con el factor tiempo y la interacción del tiempo con la temperatura; se observó que estos factores alteran el grado de hidrólisis de las grasas y por lo tanto incrementan la presencia de ácidos grasos libres, los cuales a su vez son más susceptibles a la oxidación generando en hidroperóxido en la fase inicial de oxidación.

Factores como la actividad enzimática de las lipasas y las lipoxidasas, oxígeno, temperatura, luz, trazas metálicas, agentes químicos, agentes bioquímicos, microorganismos, las condiciones de almacenamiento y la misma composición del producto o la combinación de estos, son de mucha importancia en su deterioro. Se recomienda valores del índice de acidez ≤ 0.8 con el objetivo de garantizar un menor grado de oxidación (Kishk & Elsheshetawy, 2013).

CONCLUSIÓN

La estabilidad del polvo de coco secado por aspersión es un parámetro importante y vital para la distribución y comercialización del producto. El tiempo es una variable crítica, debido a que altera todos los parámetros de calidad del polvo de coco.

El almacenamiento del polvo de coco fue favorable respecto a la estabilidad del producto a temperatura de 15°C con atmósfera nitrógeno, alcanzando valores a los 180 días de : x_w (2,83±0,02%), a_w (0,377±0,006), color (L^* : 75,23±0,20; a^* : 3,22±0,34 y b^* : 10,87±0,49), S (55,00±4,36%), IP (0,29±0,0,40 meqH₂O₂/kg polvo), IA (1,29±0,30 %), DPPH (65,60±1,39 mg Trolox /100g de coco) y ABTS (81,33±6,21 mg Trolox /100g de coco).

El polvo de coco obtenido por secado por aspersión representa una matriz cuyos encapsulantes permiten proteger la matriz ante fenómenos de deterioro durante el almacenamiento.

REFERENCIAS

AGRONET (2014). Red de Información y Comunicación Estratégica del Sector Agropecuario – AGRONET Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [en línea]. < <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>> [citado el 2 de Enero de 2017].

Alfonso, J.A. y Ramírez, T. (2008). Manual técnico del cultivo del cocotero (Cocos nucifera L.). Honduras: MCA-Honduras y Fintrac Inc. 39.

Arab Tehrany, E. (2010). Packaging and the Shelf Life of Milk Powders. Taylor and Francis Group, LLC. 127 -141.

A-sun, K., Thumthanaruk, B., Lekhavat, S. and Jumnongpon, R. (2016). Effect of spray drying conditions on physical characteristics of coconut sugar powder. International Food Research Journal 23(3): 1315-1319

Bae, E. K., & Lee, S. J. (2008). Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin. Journal of Microencapsulation, 25(8), 549–560. doi.org/10.1080/02652040802075682

Baraona Cockrell, M. y Sancho Barrantes, E. (1992). Coco, Pejivalle y Cas. 1 ed. San José, C. R: EUNED. 120.

Berger J, Rana R.J, Javeed H. (2008). Radical Quenching of 1,1 –Diphenyl-2-picrylhydrazyl: a Spectrometric Determination of Antioxidant Behavior. Lab Documentation.

Bernal, I. Análisis de alimentos. 3 Ed. Bogotá. Colombia: Editorial Guadalupe 1998, 314 p.

Bhandari B.; Bansal. N.; Zhang.; M and Schuck, P. (2013). Handbook of food powders: processes and properties. Cambridge, UK. Woodhead Publishing.

Cano-Chauca, M.; Stringheta, P.C.; Ramos, A.M.; 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: 420 – 428.

Carrillo Inungaray, M,L; Reyes Munguía, A. (2013). Vida útil de los alimentos. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias* 2: 1-25.

Ceballos, E.; Jiménez, M. (2012). Cambios en las propiedades de frutas y verduras durante la deshidratación con aire caliente y su susceptibilidad al deterioro microbiano. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*. 6-1: 98 – 110.

Cortés, M. (2004). Desarrollo de productos de manzana deshidratados enriquecidos con vitamina E. España, Universidad Politécnica de Valencia. Tesis de Doctorado.

Debmandal, M. y MANDAL S. (2011). Coconut (Cocos nucifera L.: Arecaceae): In health promotion and disease prevention. En: *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, p. 241-247.

Enig, M.G. (2004). Coconut: In support of good health in the 21st Century [en línea]. <http://www.mtmayon.com/Articles/InSupportOfGoodHealth.pdf>> [citado el 27 de abril de 2011].

Hernández, G.; Cortés M.; Ciro. H. (2014). Efect of storage conditions on quality of a functional poder of cape gooseberry obtained by spray drying. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 17 (1): 139 – 149.

Hornero-Méndez D, Pérez-Gálvez A, and Mínguez-Mosquera M.I. (2001). A Rapid Spectrophotometric Method for the Determination of Peroxide Value in Food Lipids with High Carotenoid Content. *JAOCS*, 78 (11).

Jena, S., Das, H. 2012. Shelf life prediction of aluminum foil laminated polyethylene packed vacuum dried coconut milk powder. *Journal of Food Engineering*. 108: 135-142.

Kishk, YF. M., & Elsheshetawy, HE. (2013). Effect of ginger powder on the mayonnaise oxidative stability, rheological measurements, and sensory characteristics. *Annals of Agricultural Sciences*: 58 (2): 213–220.

Marín, E.; Lemus, R.; Flores, V.; Vega, A. (2006). La rehidratación de los alimentos deshidratados. *Revista chilena de nutrición*. 33:3

Monteagudo Fraile, G. Benlloch Tinoco, M. Camacho Vida, M. Moraga Ballester, G. (2013). Aplicación de métodos combinados para la obtención de kiwi en polvo de alta calidad. Universitat Politècnica de València. Escuela técnica superior de ingeniería agronómica y del medio natural.

Ochoa Martínez, L. A.: González Herrera, S. M.; Rocha Guzmán, N. E.; Trancoso Reyes, N.; Urbina Martínez, M.J. (2014). Propiedades de rehidratación y funcionales de un producto en polvo a base de jugo de granada y manzana. Instituto Tecnológico de Durango, Unidad de posgrado, Investigación y Desarrollo Tecnológico.

Prieto, WH., Iguti, AM., Nitz, M. (2011). Drying evaluation of green coconut pulp for obtaining a snack-like product. *Procedia Food Science* 1: 1618 – 1627.

Prior, R.L (2005). Standardized methods for the determination of Antioxidant Capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *J. Agric. Food Chem.* 53: 4290-4302.

Raghavendra, S.N., Raghavarao, K.S.M.S. (2010). Effect of different treatments for the destabilization of coconut milk emulsion. *Journal of Food Engineering*. 97: 341–347.

Seow, C.C. y Gwee, C.N. (1997). Coconut milk: chemistry and technology. *International Journal of Food Science and Technology*, 32, 189–201.

5. Conclusiones y recomendaciones

CONCLUSIONES

La estabilidad del polvo de coco secado por aspersion es un parámetro muy importante y vital para la distribución, comercialización de los productos. El parámetro del tiempo es crítico, debido a que alteran todos los parámetros de calidad y causa rechazo del consumidor.

El polvo de coco obtenido por secado por aspersion representa una matriz cuyos encapsulantes permiten proteger la matriz ante fenómenos de deterioro durante el almacenamiento.

La generación de valor en la agrocadena de coco representa un reto desde el punto de vista de investigación, dado que la matriz es muy compleja debido a su composición y propiedades en general.

RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar otra técnica aparte del IP, la cual se pueda evaluar los procesos de oxidación secundarios.

REFERENCIAS DE LA INTRODUCCIÓN

AGRONET (2014). Red de Información y Comunicación Estratégica del Sector Agropecuario – AGRONET Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [en línea]. < <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>> [citado el 2 de Enero de 2017].

Alfonso, J.A. y Ramírez, T. (2008). Manual técnico del cultivo del cocotero (*Cocos nucifera* L.). Honduras: MCA-Honduras y Fintrac Inc. 39.

Bete. (2005). Spray Dry Manual, 1-25. [en línea]. http://www.bete.com/pdfs/BETE_SprayDryManual.pdf. [citado el 2 de Enero de 2016].

Bhandari, B.R.; Datta, N.; Crooks, R.; Howes, T.; Rigby, S. (1997a). A semi-empirical approach to optimise the quantity of drying aids required to spray dry sucrose-rich foods. *Drying Technology*, 15(10): 2509-2525.

Baraona Cockrell, M. y Sancho Barrantes, E. (1992). *Coco, Pejivalle y Cas*. 1 ed. San José, C. R.: EUNED. 120.

Cano-Chauca, 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: 420 – 428.

Chiou, D. y Langrish, T. (2007). Development and characterization of novel nutraceuticals with spray drying technology. *Journal of Food Engineering*, 82, 84-91.

Debmandal, M. y MANDAL S. (2011). Coconut (*Cocos nucifera* L.: Arecaceae): In health promotion and disease prevention. En: *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, p. 241-247.

Del Greco, N. I. (2010). Estudio sobre tendencias de consumo de alimentos. [en línea]. <http://bvs.minsa.gob.pe/local/minsa/2603.pdf>> [citado el 5 de enero de 2017].

Enig, M.G. (2004). Coconut: In support of good health in the 21st Century [en línea]. <http://www.mtmayon.com/Articles/InSupportOfGoodHealth.pdf>> [citado el 27 de abril de 2011].

Gómez Cruz, N. I.; Jiménez Munguía, M. T. (2014). Métodos de secado de emulsiones alimentarias. Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental, Universidad de las Americas Puebla. 8(2), 23-33.

Gharsallaoui, A., Raudaut, G., Chabin, O., Voilley, A., Saurel, R. (2007) Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 40, 1107–1121.

Gupta, A.S. (1978). Spray drying of citrus juice. American Institute of Chemical Engineers, 7th Annual meeting, paper no.55f.

Kudra, T. (2003). Sticky region in drying - Definition and identification. *Drying Technology*, 21(8), 1457-1469.

Master, K. (1985). *Spray Dry Handbook*. Vol 1, 4^a Edition.

Moreiras y col. Coco fresco. 2013 [en línea] <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/coco.pdf>. [citado el 19 de junio de 2015].

Murugesan, R.; Orsat, V. (2012). Spray Drying for the Production of Nutraceutical Ingredients—A Review. *Food Bioprocess Technol*, 5:3–14.

Quintana, C.A. (2011) Cadena nacional de coco de Colombia. Acuerdo de competitividad 2011 [en línea]. http://sioc.minagricultura.gov.co/templates/sioc_cadenas/docs/1443.pdf > [citado el 19 de junio de 2014].

Rodríguez, J. L. (2006). Sistemas coloidales: Características generales. Sistemas coloidales en farmacia. 1-4.

Roos, Y.H. (1995). Phase Transitions in Foods. Academic Press, New York, USA. CA, (1-4): 1:103.

Seow, C.C. y Gwee, C.N. (1997). Coconut milk: chemistry and technology. International Journal of Food Science and Technology, 32, 189–201.

Tangsuphoom, N., Coupland, J.N. (2008). Effect of surface-active stabilizers on the microstructure and stability of coconut milk emulsions. Food Hydrocolloids 22:1233–1242.

Tangsuphoom, N and Coupland, JN. (2008). Effect of pH and Ionic Strength on the Physicochemical Properties of Coconut Milk Emulsions. Food Engineering and Physical Properties. Vol. 73, Nr. 6: e274-e280.

CAPITULO I

ANEXO A REVISTA FACULTAD NACIONAL DE AGRONOMÍA- POLÍTICA EDITORIAL

La Revista Facultad Nacional de Agronomía (RFNA), es una publicación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. Esta orientada a profesores, investigadores, estudiantes, extensionistas y a todos aquellos profesionales que crean conocimiento y articulan la ciencia y la tecnología para hacer más productivo el campo a nivel empresarial y de economía campesina.

La periodicidad de la Revista es semestral, con circulación nacional e internacional y tiene como objetivo divulgar artículos escritos en inglés, originales e inéditos de carácter científico que respondan a preguntas específicas y que proporcionen soporte y pruebas a una hipótesis, en aspectos relacionados con las Ciencias Agronómicas, Zootecnia, Ciencias Forestales e Ingeniería Agrícola y de Alimentos y otras afines que contribuyan a la solución de los limitantes del agro en el trópico.

Teniendo en cuenta los criterios considerados por Colciencias, la revista acoge documentos de las siguientes tipologías: Artículos de investigación científica y tecnológica: Documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de proyectos terminados de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro partes fundamentales: Introducción, metodología (materiales y métodos), resultados y discusión, y conclusiones.

Artículos de revisión: Documentos producto de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias.

Artículos de reflexión: Documento que presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre los temas específicos ya citados, recurriendo a fuentes originales.

Artículos cortos: Documento breve que presenta resultados originales preliminares o parciales de una investigación científica o tecnológica, que por lo general requieren de una pronta difusión. Para todos los casos el 60% de las citas debe provenir de artículos publicados en los últimos diez años.

Los artículos deben ser presentados de acuerdo a los lineamientos establecidos en las “Instrucciones a los Autores”; quienes incumplan las normas básicas no iniciarán el proceso editorial. Se debe diligenciar el formato “Autorización para Publicación de Obras y Cesión de Derechos Patrimoniales”, el cual será suministrado por la Revista. Dicho documento es explícito en mencionar que todos los autores están informados y de acuerdo con someter el artículo a consideración de la Revista, que no hay conflictos de interés entre ellos y expresa que el contenido del manuscrito no ha sido ni será enviado para su publicación a otra Revista.

El Comité Editorial, apoyado por un equipo de editores asociados, evaluará el mérito científico del documento y luego lo someterá a evaluación bajo la modalidad doble ciego -es decir que se guarda estricto anonimato en la revisión- por dos árbitros especializados en el tema, preferiblemente uno nacional y otro internacional, quienes entregarán su dictamen en el formato establecido por la Revista. El Comité Editorial se reserva el derecho de aceptar o no las colaboraciones. El dictamen luego del proceso de revisión puede ser: aceptado para publicación sin ninguna o pocas modificaciones; aceptado para publicación con cambios mayores de acuerdo a las observaciones de los evaluadores; reconsiderado para publicación si se modifica sustancialmente, en este caso, será catalogado como material nuevo; rechazado para publicación. Si los artículos son aceptados, estos serán devueltos a los autores para su corrección y remitidos de nuevo al Director de la Revista en los siguientes 30 días calendario.

La impresión de gráficos, figuras o fotografías en color es opcional y tiene un costo adicional por página necesaria de cien mil pesos colombianos (\$100.000). La redacción de la Revista se reserva el derecho de realizar modificaciones de forma en el texto del artículo (títulos, resúmenes/abstracts, tablas y figuras); siempre que sea posible, se consultará a los autores sobre los cambios introducidos.

El autor(es) se compromete(n) a ceder los derechos de impresión y reimpresión del material publicado a la Revista Facultad Nacional de Agronomía y cualquier cita a los artículos editados en la Revista se deberá hacer si se adiciona el crédito respectivo. En caso de duplicación del contenido de la Revista o su publicación parcial o total en otro idioma, se deberá contar con el permiso escrito del Director.

La Revista admite comentarios y opiniones que discrepen de los términos expresados en el material publicado, acepta retractaciones argumentadas de los autores y corregirá los errores tipográficos y de otra índole que se puedan haber cometido al publicar un artículo. La Facultad de Ciencias Agrarias y la Revista no se responsabilizan o solidarizan, necesariamente, con los conceptos emitidos en los artículos publicados, cuya responsabilidad será en su totalidad del autor o los autores.

Para mayor información, correspondencia, suscripciones y canje, dirigirse a la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agrarias, Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. Apartado Aéreo 568, Medellín, Colombia. Teléfono: (4) 430 9006; Fax: (4) 230 0420; correo electrónico: rfnagron_med@unal.edu.co La Revista puede consultarse en su versión electrónica en <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/refame>

Lineamientos generales

Los artículos pueden ser enviados al correo electrónico: rfnagron_med@unal.edu.co, o a través del Open Journal System en el Portal de Revistas de la Universidad Nacional de Colombia <http://www.revistas.unal.edu.co/>. Sólo serán considerados artículos escritos en inglés. Adjunto se debe remitir el formato “Autorización para Publicación de Obras y Cesión de Derechos Patrimoniales”, en el cual se acepta la no postulación simultánea del artículo a otras revistas u órganos editoriales y se ceden los derechos a la Revista para su difusión. Las formas de publicación son: artículos de investigación científica y tecnológica, artículos de revisión, artículos de reflexión y artículos cortos. Los artículos pueden ser elaborados por profesores y/o investigadores de la Universidad Nacional de Colombia, o cualquier otra institución afín, nacional o internacional, en los temas Agropecuarios, Forestales y de Ingeniería Agrícola y de

Alimentos. La extensión no debe exceder de 5.200 palabras, las hojas deben ser tamaño carta, escritas a interlineado sencillo, letra o fuente Times New Roman o Verdana, tamaño 12 puntos, márgenes de 3 cm en la parte superior, 2 cm en la inferior y 2,5 cm en las márgenes laterales derecha e izquierda. Las tablas y figuras (es decir, los gráficos, dibujos, esquemas, diagramas de flujo, fotografías y mapas) se deben mostrar incorporadas en el texto y con numeración consecutiva (Tabla 1... Tabla n; Figura 1... Figura n, etc.). Los textos y tablas se deben presentar en el procesador de palabras MS-Word®; las tablas y los diagramas de frecuencia (barras y tortas) originales se deben suministrar en el archivo del documento y también en su original de MS-Excel®; otras figuras, como fotografías sobre papel y dibujos, se pueden enviar en original o escaneadas y ser remitidas en el formato digital de compresión JPG (o JPEG) preferiblemente con una resolución de 600 x 600 dpi (mínimo 300 dpi); es deseable que las fotografías originales sean enviadas como diapositivas. Como norma general, las tablas y figuras sólo se aceptan en blanco y negro; excepcionalmente se incluirán en color cuando sea estrictamente necesario y a juicio del Comité Editorial.

Unidades, abreviaturas y estilo

Se debe utilizar el Sistema Internacional de Unidades (SIU), y aquellas unidades específicas de mayor uso por parte de la comunidad científica. Cuando se requiera se debe usar la forma exponencial. Ejemplo: kg ha^{-1} . El significado de las abreviaturas debe citarse por extenso cuando se mencionan por primera vez en el manuscrito. El estilo de escritura debe ser absolutamente impersonal, en tiempo gramatical pasado para la introducción, los procedimientos y los resultados y presente para la discusión, evitando la conjugación de verbos en primera o tercera persona del singular o el plural. Los números del uno al nueve se escriben en palabras, excepto cuando incluyen unidades de medida o se mencionan varios números. Ejemplo: “ocho tratamientos”, “3, 7 y 9 lecturas”, “15 kg”. Use cero antes del punto decimal. Para separar números en intervalos de uno o más años, use la letra “a”, y guión para temporadas de crecimiento. Ejemplo: Periodo 2002 a 2005; temporadas de crecimiento 1999-2000, 2000-2001.

Título y autores

El título del artículo no debe incluir abreviaturas y es obligatoria su respectiva traducción al idioma español. En lo posible, el título no debe exceder de 15 palabras y

debe reflejar con precisión el contenido del documento. Cuando contenga nombres científicos de especies vegetales o animales, éstos se deben escribir con letra cursiva (itálica) en minúsculas, sólo con mayúsculas la primera letra del género y del clasificador. Debajo del título en inglés se escribe el nombre(s) y apellido(s) de los autores, sin sus respectivos títulos académicos, ni cargos laborales, en una línea horizontal y de acuerdo con su contribución en la investigación y/o preparación del artículo. Como nota al pie de la primera página, se escribe el título de pregrado, el cargo laboral de los autores, el nombre y la ciudad de ubicación de la entidad a la cual prestan sus servicios o del patrocinador para la realización del trabajo y su respectiva dirección de correo electrónico, indicando el autor de correspondencia. Además, se debe adjuntar un resumen de la hoja de vida de los autores, donde se mencionen los artículos publicados en otras revistas.

Resumen, abstract y palabras claves

El resumen no debe exceder de 250 palabras escritas en un único párrafo. Se debe escribir en inglés y español. Debe contener en forma breve la justificación, los objetivos, los métodos utilizados, los resultados obtenidos más relevantes y las conclusiones. Es obligatorio acompañar el resumen con un máximo de seis palabras clave distintas a las utilizadas en el título. Se aceptan como palabras clave no sólo las palabras simples, sino también términos compuestos hasta de tres palabras. Deben ir escritas en minúsculas y separadas por comas.

Introducción

Puede tener o no título. Define el problema e informa sobre el estado del arte respecto al tema principal del artículo; además, señala las razones que justifican la investigación y plantea los objetivos de la misma. Es obligatorio acompañar los nombres vulgares con el nombre(s) científico(s) y la abreviatura(s) del clasificador en la primera mención dentro del texto. No se deben mencionar marcas de productos, sino su nombre genérico o químico.

Materiales y métodos

En este apartado se deben describir en forma clara, concisa y secuencial, los materiales (vegetales, animales, implementos agrícolas o de laboratorio) utilizados en el desarrollo del trabajo; además, se mencionan los aspectos relacionados con la

ubicación, preparación y ejecución de los experimentos. Se debe indicar el diseño seleccionado, las variables registradas, las transformaciones hechas a los datos, los modelos estadísticos usados y el nivel de significancia empleado. Evitar detallar procedimientos previamente publicados.

Resultados y discusión

Son la parte central del artículo, deben estar respaldados por métodos y análisis estadísticos apropiados. Se deben presentar de manera lógica, objetiva y secuencial mediante textos, tablas y figuras; estos dos últimos apoyos deben ser fáciles de leer, autoexplicativos y estar siempre citados en el texto. Las tablas se deben elaborar con pocas columnas y renglones. Se debe tener la precaución de incluir el nivel de significancia estadística representado por letras minúsculas del comienzo del alfabeto (a, b, c, d,...), un asterisco simple (*) para $P < 0,05$, doble asterisco (**) para $p < 0,01$ o triple asterisco (***) para $p < 0,001$. Las investigaciones que no siguen un diseño estadístico, deben mostrar la información de manera descriptiva. Use subíndices para modificaciones, reserve superíndices para potencias o notas al pie en tablas y figuras. La discusión Se refiere al análisis e interpretación objetiva de los resultados, confrontándolos con los obtenidos en otras investigaciones, o con los hechos o teorías conocidos sobre el tema. Explica los resultados en particular cuando difieren de la hipótesis planteada. Destaca la aplicación práctica o teórica de los resultados obtenidos y las limitaciones encontradas. Resalta la contribución que se hace a una determinada área del conocimiento y el aporte a la solución del problema que justifica la investigación. Finalmente, proporciona elementos que permitan proponer recomendaciones o lanzar nuevas hipótesis. No se deben hacer afirmaciones que van más allá de lo que los resultados pueden apoyar.

Conclusiones

Son las afirmaciones originadas a partir de los resultados obtenidos, deben ser coherentes con los objetivos planteados y la metodología empleada; además, expresar el aporte al conocimiento en el área temática estudiada y proponer directrices para nuevas investigaciones.

Agradecimientos

Si se considera necesario, se incluyen los agradecimientos o reconocimientos a personas, instituciones, fondos y becas de investigación, que hicieron contribuciones importantes en la concepción, financiación o realización de la investigación.

Literatura citada

Sólo se listan las referencias bibliográficas mencionadas en el texto. No se aceptan notas de clase, artículos en preparación o en prensa, o cualquier otra publicación de circulación limitada. Se debe evitar el exceso de autocitas.

La bibliografía se deberá incluir al final del texto, sólo con las referencias citadas en el mismo. Se debe incluir el número doi asignado a cada artículo consultado. Las citas en el texto deben incluir apellido del autor y año, con coma entre autor y año. Ejemplo: Pérez, 1995; además conservar el siguiente orden de citación:

- Si hay más de una fecha se separarán con comas: Ejemplo: Pérez, 1995, 1998, 2001.

- Si hay dos autores se citarán separados por la conjunción and. Ejemplo: Gil and Ortega, 1993.

- Si hay varios trabajos de un autor publicados en un mismo año, se citarán con una letra en secuencia alfabética de los títulos, adosada al año. Ejemplo: Gómez, 2000a, 2000b, 2000c.

En el caso de citas con tres o más autores, es necesario mencionar en el texto el apellido del primero y reemplazar los demás por la expresión latina abreviada et al. que significa y otros; en la bibliografía se deben citar todos los autores.

Las comunicaciones personales, se deben citar al pie de la página y no se incluyen en la bibliografía.

Las referencias bibliográficas se deben ordenar alfabéticamente por el apellido del primer autor, sin numeración y sin sangría. Para citar varias publicaciones del mismo autor, se debe seguir el orden cronológico creciente, si son del mismo año, se debe seguir el orden alfabético de los títulos.

Las referencias deberán contener todos los datos que permitan su fácil localización. Las referencias se citan en el lenguaje de la publicación original. En cada referencia para todos los autores cite primero el apellido seguido de la inicial del nombre sin puntos, separando autores con coma y espacio.

Ejemplos:

Para libros: Autor (es). Año. Título del libro, edición, ciudad de su sede, casa editora y, páginas consultadas (pp. # - #) o páginas totales (# p.). Ejemplo: Robinson A, Morrison J, Muehrcke P, Kimerling AJ and Guptill S. 1995. Elements of Cartography. Sixth edition. John Wiley and Sons, Inc., New York. 674 p.

Para capítulos de libros: Autor (es). Año. Título del capítulo, páginas consultadas (pp. # - #). En: Apellidos y nombres de los compiladores o editores (eds.), título del libro, edición, casa editora y ciudad de su sede, páginas totales (# p.). Ejemplo: Bernal H. 1996. Capítulo 6: Evapotranspiración. pp. 112-125. En: Agrios G. (ed.). Fitopatología. Segunda edición. Editorial Limusa, México D.F. 400 p.

Para artículos de revistas: Autor (es). Año. Título del artículo, nombre completo de la revista volumen(número): página inicial–página final. doi. Ejemplo: García S, Clinton W, Arreaza L and Thibaud R. 2004. Inhibitory effect of flowering and early fruit growth on leaf photosynthesis in mango. Tree Physiology 24(3): 387-399. doi: 10.1093/treephys/24.4.387

Ponencias en memorias de congresos, seminarios, simposios: García M. 1998. La ingeniería geotécnica y la protección del medio ambiente. pp. 65-94. En: Memorias IX Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Santa Fé de Bogotá. Tesis, trabajos de grado. Gómez C. 2004. Autoecología del Mortiño (*Vaccinium meriodinale* Swartz Ericaceae).

Tesis Magister en Bosques y Conservación Ambiental. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 78 p.

Abril G. 2002. Biogeografía y descripción de las especies del género *Collaria* sp. en seis zonas lecheras del Departamento de Antioquia. Trabajo de grado Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 49 p.

Cita de cita. Magalhaes LM e da Cruz AJ. 1979. Fenologia do pau-rosa (*Aniba duckei* Kostermans), Lauraceae, em floresta primária na Amazônia Central. *Acta Amazônica* 9(2): 227- 232. Citado por: Gómez CP. 2004. Autoecología del mortiño (*Vaccinium meriodinale* Swartz Ericaceae). Tesis Magister en Bosques y Conservación Ambiental. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 46 p.

Suplemento de revista. Silva AM y Carrillo NN. 2004. El manglar de piruja, Golfito, Costa Rica: un modelo para su manejo. *Revista de Biología Tropical* 52 Supl. 2: 195-201.

Para citas de internet: Autor (es). Año. Título del artículo. En: Nombre(s) de la publicación electrónica, de la página web, portal o página y su URL, páginas consultadas (pp. # - #) o páginas totales (# p.); fecha de consulta. Ejemplo: Arafat Y. 1996. Siembra de olivos en el desierto palestino. En: *Agricultura Tropical*, <http://agrotropical.edunet.es>. 25 p.; consulta: noviembre 2003

CAPITULO II Y CAPITULO IV

REVISTA VITAE - ANEXO B INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

A. CARACTERÍSTICAS

1. La Revista VITAE es una publicación oficial de la Facultad de Química Farmacéutica, de periodicidad semestral, y tiene como misión la divulgación del pensamiento científico y el quehacer a nivel investigativo en los diversos campos de las ciencias farmacéuticas, alimentarias y afines.

2. Posición de la revista.

La opinión de la Facultad frente a los diversos temas de interés se consigna a través de sus páginas editoriales. La responsabilidad por los juicios, opiniones y puntos de vista expresados en los artículos publicados corresponde exclusivamente a sus autores.

3. Reserva de derechos.

El estudio y la selección de los artículos enviados por los colaboradores para su publicación en la revista, están a cargo del Comité Editorial y el Comité Científico. La recepción de un trabajo no implica su publicación ni el compromiso por parte del Comité Editorial con respecto a su fecha de aparición; así mismo, se reserva el derecho de realizar las modificaciones editoriales que a su juicio sean necesarias para la publicación en la revista. Los artículos deben ser originales e inéditos y se publicarán en estricto orden de recepción y aprobación. Antes de la publicación de un artículo, uno de sus autores deberá firmar una carta donde declare que el contenido de dicha publicación no es ni será publicado en otra revista.

B. CLASES DE ARTÍCULOS La Revista VITAE publicará las siguientes clases de artículos: Revisiones Artículos Completos Artículos Cortos Clasificación de artículos Todos los artículos serán clasificados en alguna de las siguientes secciones: Ingeniería y Tecnología de Alimentos. Atención Farmacéutica. Biotecnología. Farmacología y Toxicología. Industrial farmacéutica. Productos

Naturales. Otras secciones: Cartas al Editor Notas académicas y profesionales Preguntas y respuestas En Otras Secciones sólo se publicará una colaboración por cada modalidad.

C. INSTRUCCIONES PARA PRESENTAR LOS ARTÍCULOS Presentación:

Todo artículo debe ceñirse a las normas de publicación de artículos del último número de la revista. Los trabajos enviados para su publicación deben dirigirse a la Secretaría de la Facultad de Química Farmacéutica: un original y dos copias en papel; con márgenes simétricas de 2,5 cm; a doble espacio en su totalidad. Además, se debe acompañar de una copia en medio magnético, en Word bajo Windows®. El texto debe digitarse sin formato, utilizando tipo de letra Times New Roman con tamaño de 12 puntos. Se admite la copia magnética enviada por correo electrónico, mientras se remita el original en papel impreso con todas las especificaciones antes mencionadas. El artículo debe acompañarse de la hoja de vida actualizada del autor o autores; además especificar lo siguiente: si fue derivado de una investigación, cuál es el nombre del proyecto de investigación incluyendo su fecha de inicio y culminación, entidad que lo financió y si tiene algún programa de investigación asociado, cuál es éste. En la primera página de todos los artículos deben aparecer: título del trabajo (en español e inglés) y autores (primer nombre completo e inicial del segundo y primer apellido en mayúscula e inicial del segundo). En el pie de página debe aparecer la institución a la que pertenece cada uno de los autores, incluyendo la dirección física, y el correo electrónico del autor a quien se debe dirigir la correspondencia

Resumen: Se debe incluir un resumen y un abstract (máximo de 200 palabras), que deben estar redactados en tiempo presente, en un sólo párrafo y deben contener:

- 1 Presentación del tema
- 2 Una hipótesis
- 3 Uno o dos argumentos
- 4 Resultados

4. Conclusiones. En los resúmenes no deben usarse referencias y se recomienda no incluir siglas ni acrónimos. A continuación se deben incluir hasta cinco palabras clave en español e inglés, las cuales deben consultarse en los Descriptores de Ciencias de la Salud (DeCS) del Índice de Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud (LILACS) (<http://decs.bvs.br>).

Revisiones: Son documentos donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones, publicadas o no, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de sus avances y las tendencias en su desarrollo. Deben tener una extensión máxima de 25 páginas. Los trabajos de revisión estarán dedicados a estudios de actualización sobre un tema específico, bien documentados, y realizados por expertos en el tema. Debe incluir la evolución del área durante un período de tiempo y las perspectivas de su desarrollo con énfasis en el significado de los hallazgos recientes. Deben presentar una descripción general del campo en cuestión, con una evaluación crítica de su desarrollo. La estructura y encabezamiento de los trabajos de revisión quedan a criterio del autor, si bien el Comité Editorial puede sugerir cambios que mejoren la edición. Las referencias bibliográficas seguirán las reglas establecidas para los artículos originales completos y deben estar actualizadas, con un mínimo de 50 referencias bibliográficas citadas en el texto. En la introducción del artículo se debe definir un período de revisión bibliográfica no inferior a un año y las fuentes de información consultadas.

Artículos completos:

En estos se publicarán los resultados, análisis y conclusiones de mayor alcance en el campo de las ciencias farmacéuticas, alimentarias y afines, que no hayan sido publicados previamente. Cuando se trate de estandarización de métodos analíticos, éstos deben ser validados bajo normas internacionales. Tendrán una extensión máxima de 25 páginas, incluyendo tablas, figuras y referencias bibliográficas. En los trabajos experimentales se deben presentar los siguientes apartados: 1. Introducción, en la cual se expondrán los fines y objetivos; se hará referencia explícita a todo trabajo anteriormente publicado por el mismo autor o por

otro, si el conocimiento de esos trabajos es esencial para situar al lector en el desarrollo del texto presentado.

1 Una parte experimental o de materiales y métodos, que sólo contendrá los datos necesarios para la reproducción de los experimentos.

2 Resultados.

3 Discusión de resultados.

4 Agradecimientos, cuando se considere necesario.

5 Referencias bibliográficas.

Artículos cortos: En estos se publicarán los resultados, análisis y conclusiones definidas y rigurosas, pero limitados aún en su alcance, de aquellos trabajos relacionados con las ciencias farmacéuticas alimentarias y afines, cuyo interés justifique que se tenga información sobre el tema. Tendrán una extensión máxima de 15 páginas, incluyendo tablas, figuras y referencias bibliográficas. La estructura será la misma que para los Artículos Completos. Se recomienda en estos casos presentar un solo apartado para Resultados y Discusión.

Referencias bibliográficas: Las referencias deben colocarse al final del artículo, dándoles números correlativos según el orden en que aparezcan por primera vez en el texto; se identificarán en el texto mediante números arábigos entre paréntesis. Deben estar ordenadas numéricamente bajo el título Referencias Bibliográficas, de acuerdo con las normas Vancouver. En las referencias con más de seis autores se mencionan los seis primeros seguidos de la abreviatura et al.

• Artículos de revistas:

– Artículos estándar: Autor/es. Título del artículo. Nombre abreviado internacional de la revista Año; volumen (número): página inicial-final del artículo. Giraldo GA, Duque A, García C. Métodos combinados de secado para el escarchado de mango (*Mangifera indica*) var. Kent. *Vitae*. 2006; 12 (2): 5-12.

• Libros y otras monografías: La primera edición no es necesario consignarla. La edición siempre se pone en números arábigos y abreviatura: 2ª ed.

– Estándar: Autor/es. Título del libro. Edición. Lugar de publicación: Editorial; año. Ringsven MK, Bond D. *Gerontology and leadership skills for nurses*. 20 ed. Albany (NY): Delmar Publishers; 1996.

- Editor(es), compilador(es) como autores Norman IJ, Redfern SJ, editores. Mental health care for elderly people. Nueva York: Churchill Livingstone; 1996.
- Organización como autor y editor Institute of Medicine (US). Looking at the future of the Medicaid programme. Washington (DC): El Instituto; 1992.
- Capítulo de libro Phillips SJ, Whisnant JP. Hypertension and stroke. En: Laragh JH, Brenner BM, editores. Hypertension: pathophysiology, diagnosis and management. 20 ed. Nueva York: Raven Press; 1995. p. 465-78.

- Documentos legales: País, departamento o jurisdicción. Nombre de la entidad que expidió el documento legal. Título de la ley, decreto, acuerdo, etc., y el motivo de expedición. Ciudad: Entidad que la publicó; año. Colombia. Ministerio de Salud. Decreto 3075 de 1997, diciembre 23, por el cual se reglamenta la ley 09 de 1979 y se dictan otras disposiciones. Bogotá: El Ministerio; 1997.
- Referencias bibliográficas de congresos, conferencias, etc: Autor/es. Título de la ponencia. En: Título oficial del Congreso. Lugar de publicación: Editorial; año. Página inicial-final de la ponencia.

- Referencias bibliográficas de tesis y trabajos de investigación: Autor/es. Título de la tesis. [Tesis Doctoral]. Lugar de edición: Editorial; año.
- Artículos de periódicos: Autor/es (si figura). Título del artículo. Nombre del periódico (no abreviado) año mes día; Sección: página (columna).

- Material audiovisual: Autor/es. Título del material. [video]. Lugar de edición: Editorial; año.
- Material electrónico: – Artículo de revista en formato electrónico: Autor/es. Título. Nombre abreviado de la revista [tipo de soporte (en línea, archivo de computador, etc.)] año [fecha de acceso]; volumen (número): páginas o indicador de extensión. Disponible en: <http://>.

Morse SS. Factors in emergence of infectious diseases. Emerg Infect Dis [serial en línea] 1995 [citado 1996 Jun 5]; 1(1): 24 pantallas. Disponible en: <http://www.cdc.gov/nclodod/EID/eid.htm>

- Documentos en formato electrónico Autor/es. Título. [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://>. Consultado: Organización de las Naciones Unidas. Declaración Universal de los Derechos Humanos. [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://www.un.org/spanish/aboutun/hrights.htm>. Consultado: 20 de junio de 2005.

– Archivo de computador Hemodynamics III: the ups and downs of hemodynamics (programa de computador). Versión 2.2. Orlando (FL): Computerized Educational Systems; 1993.

Tablas y figuras:

Cada artículo debe ser complementado con sus respectivas tablas y figuras previamente referidas en el texto, así: (Véase tabla 3) y (Véase figura 1), y deben ubicarse después del párrafo en que son citadas por primera vez. Se debe tener en cuenta lo siguiente: Las tablas y figuras serán numeradas en el orden en que aparecen citadas en el texto, utilizando números arábigos. En las tablas se incluyen cuadros y en las figuras todas las ilustraciones como fotografías, dibujos y gráficos. No usar colores ni sombras ni en las gráficas ni en las figuras. Los datos que aparecen en las tablas y figuras no deben duplicarse en el texto. El número de figuras se limitará al mínimo, procurando yuxtaponer aquellas gráficas que sin perjuicio de la claridad, pueden referirse al mismo sistema de coordenadas. Todas las tablas y figuras deben contener la fuente de donde han sido tomadas; si ésta no aparece se asumirá que son creación del autor. El título de las figuras se digita como un párrafo ordinario fuera de la figura en la parte inferior y el título de las tablas en la parte superior. Símbolos: El autor debe tener en cuenta en la redacción las Normas del Sistema Internacional (SI), en lo referente a unidades, símbolos y abreviaturas.

Nombres comerciales:

Se evitará el empleo de nombres comerciales; en su lugar se utilizarán los genéricos, pero si es inevitable, se indicará con el símbolo ®.

D. REVISIÓN DE ORIGINALES

El Comité Editorial revisará los originales, se asesorará, cuando lo requiera, de personal adecuadamente calificado y devolverá a los autores aquellos cuyo contenido no se ajuste a las presentes normas, solicitando, en todo caso, las modificaciones que estime oportunas. Selección. El Comité Editorial remitirá todos los artículos que cumplan las normas editoriales como mínimo a dos árbitros, quienes deben emitir su concepto por escrito en el formato establecido para ello. Si los árbitros sugieren

correcciones, los autores deberán enviar la nueva versión por duplicado acompañada del medio magnético en un plazo máximo de doce días a partir de la fecha de envío, pasado el cual perderá su turno de publicación. En la corrección de pruebas de impresión final, que deberá realizarse con gran atención, no se admitirán modificaciones al texto original. Por último, a todo autor principal se le retribuirá por su colaboración con tres ejemplares del número de la revista en el cual fue publicado su artículo.

E. COSTOS DE PUBLICACIÓN

Se establece un valor a pagar de \$250.000 (doscientos cincuenta mil pesos) por artículo. Este valor se pagará tan pronto como se informe al autor principal sobre el volumen y el número en que se publicará la versión definitiva del manuscrito.

CAPITULO III

REVISTA LA SALLE - DIRECTRICES PARA AUTORES/AS

La *Revista de la Universidad de La Salle* publicará en sus páginas artículos, ensayos, crónicas y reportajes que centren su atención en temas de actualidad y de interés general desde diversos campos como la educación, el humanismo, el desarrollo humano sustentable, la ciencia, la tecnología, la cultura y el arte, entre otros, enmarcados en la vida cotidiana. Nuestra Revista invita a toda la comunidad universitaria lasallista y a la sociedad en general, a realizar sus aportes y proponer sus artículos con miras a ser incluidos dentro de la publicación.

Las instrucciones que se presentan a continuación tienen el propósito de estandarizar la presentación de artículos para ser sometidos al proceso de evaluación del Comité Editorial de la Revista de la Universidad de La Salle. Pretenden, por una parte, establecer una armonía en la presentación, lo que le da identidad y estructura a la publicación y, adicionalmente, tener en cuenta variables importantes en el momento de evaluar la calidad de los artículos.

Los artículos deben enviarse al correo electrónico: vacademi@lasalle.edu.co. Únicamente se recibirán textos de un solo autor, quien debe presentar un original en tamaño carta en Word, a espacio sencillo y en letra Times New Roman, tamaño de fuente de 12 puntos. Los artículos deben tener como máximo 15 cuartillas a espacio sencillo.

Se deben anexar a los artículos los permisos necesarios para reproducir tablas, figuras, apartes de obras ajenas u otros materiales protegidos por el derecho de autor; así como permisos para reproducir fotografías o informaciones para cuya publicación se requiera el consentimiento de terceros.

Una característica de los artículos que se someten a evaluación para su publicación es que sean inéditos, es decir, que no hayan sido publicados en ningún otro medio.

Debe presentarse prueba de representación si se actúa por apoderado, o prueba de adquisición del derecho a publicar si el solicitante no es el autor de la obra, o si esta es colectiva.

La opinión y conceptos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores. El Comité Editorial estudiará cada artículo y decidirá sobre la conveniencia de su publicación. En algunos casos podrá aceptar el artículo con algunas modificaciones o podrá sugerir la forma más adecuada para una nueva presentación.

Los artículos deberán ser enviados en las fechas establecidas dentro del cronograma del proceso de edición de la Revista. La aceptación o no de dicho material para publicación será notificada al autor dentro del plazo establecido por el Comité Editorial después de recibido, informando sobre el concepto de los jueces anónimos que la Revista designe para tal fin.

Los autores cuyos artículos sean seleccionados para formar parte de la Revista deberán firmar una autorización (cuyo formato está previamente establecido) donde se especifica el derecho que tiene la Revista y, por ende, la Universidad de La Salle, de reproducir el artículo en este medio de comunicación o en su versión electrónica, sin ningún tipo de retribución económica o compromiso de la Universidad por este aporte.

Los artículos deben tener la siguiente estructura:

- En la primera página incluir: título del artículo, nombres y apellidos completos del autor, hoja de vida resumida y correo electrónico. El título del artículo debe contener el menor número posible de palabras que describan adecuadamente su contenido.
- En la misma página, se incluye el resumen en español, que no será mayor de 180 palabras, en el que se sintetice el contenido del artículo, y las palabras clave. No se deben incluir tablas, ecuaciones ni gráficos, aunque puede incluir números y debe ser escrito en un sólo párrafo.

Cada figura o fotografía se acompañará de una leyenda que describa claramente el material presentado. Las figuras y las fotografías deben ser originales del autor. Si son modificaciones o reproducciones de otro artículo, es necesario acompañar el permiso del editor correspondiente, para salvaguarda de los derechos de autor.

Las figuras o fotografías que se entregan en medio magnético, deben acompañarse de una impresión prueba en papel blanco y verificarse que la resolución de la imagen sea la adecuada para publicar en la Revista. La resolución para impresión es de mínimo 300 DPI (dots per inch o puntos por pulgada).

Referencias bibliográficas

La *Revista de la Universidad de La Salle* utiliza el sistema de referencias del *Manual de publicaciones de la American Psychological Association (APA)* para la citación de las referencias bibliográficas dentro del texto.

Debe aparecer dentro de paréntesis el autor y el año respectivo así: (Gómez, 2003), (Gómez y Rodríguez, 2004) si la referencia tiene dos autores, y (Gómez et al., 2003) si tiene más de dos autores. Si la referencia forma parte de la oración, se expresa, por ejemplo: Gómez (2003) explica..., o según Gómez (2003).

Bibliografía

La metodología en general se rige por las normas internacionales de la American Psychological Association (APA).

La bibliografía en el artículo debe presentarse al final del texto, en orden alfabético de acuerdo con el apellido del autor o autores mencionados en el artículo y limitarse a las fuentes citadas dentro del texto. En caso de registrarse varias publicaciones del mismo autor, se ordenan cronológicamente en el orden en que fueron publicadas. Cuando un autor tiene más de una publicación en un mismo año, se mantiene el orden cronológico y se utilizan letras para diferenciar las referencias de ese mismo año (por ejemplo: 2001a).

Cuando se usan fuentes de Internet, se debe mencionar el autor, el año, el nombre del artículo, el URL o el DOI. Si se trata de una revista electrónica, se debe especificar el volumen, el número, año, páginas, URL o DOI.

A continuación se dan algunos ejemplos de referencias bibliográficas:

1. ARTÍCULO DE REVISTA

Autor (solo el apellido y la inicial del nombre). (año). Nombre del artículo. *Nombre de la Revista*, volumen (sin abreviaturas como V. o Vol.) (Número de ejemplar), intervalo de páginas que ocupa el artículo (el número en la que comienza, separadas por guión, número de la página en que termina).

Ejemplo:

Villar, L. (2003). La educación hoy: una nueva perspectiva. *Ensayos sobre Educación y Pedagogía*, 8(1), 35-41.

2. LIBRO

Autor (solo el apellido y la inicial del nombre). (año). *Nombre del libro*. Número de edición (solo cuando es diferente de la primera). Ciudad (solo cuando existan homónimos si pone el país): Editorial (sin el título de editorial, ni nombres comerciales como S. A. o Ltda.).

Ejemplo:

Millares, A. (2001). *Comunicación para construir lo público*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

3. LIBRO ELECTRÓNICO

Autor (solo el apellido y la inicial del nombre). (año). *Título del libro*. Nombre del editor, compilador o traductor. Datos de la publicación. Recuperado de URL (dirección completa de Internet).

Ejemplo:

Austen, J. (1996). *Orgullo y prejuicio*. Ed. Henry Churchyard. Recuperado de <http://www.pemberley.com/janeinfo/pridprej.html>

4. TESIS O TRABAJO DE GRADO

Autor (solo el apellido y la inicial del nombre). (año). *Nombre de la tesis o trabajo de grado*. Grado académico. Nombre de la Institución, País.

Ejemplo:

Ramírez, M. (2004). *Violencia en relaciones de pareja y conductas autodestructivas en mujeres*. Tesis de Maestría, Universidad Iberoamericana de Puebla, México.

5. CONFERENCIA, CONGRESO O REUNIÓN

Nombre del orador (solo el apellido y la inicial del nombre). (año). *Título de la ponencia*. Espacio académico donde fue presentada. Patrocinador del evento. Lugar.

Ejemplo:

Odriozola, A. (1987). *Impacto del enfoque centrado en la persona en el noreste del país*. Ponencia presentada en homenaje póstumo a Carl R. Rogers: Vida y Obra, Universidad Iberoamericana, México.

6. NOTAS DE PIE DE PÁGINA

Deben ser solo de carácter aclaratorio.

Ejemplo:

1. Otro de los estudios que no ha encontrado relación de causalidad entre aportes del criterio tecnológico a la educación es el de Rodríguez (2004).

Cualquier inquietud puede ser resuelta en el correo: publicaciones@lasalle.edu.co

Lista de comprobación para la preparación de envíos

Como parte del proceso de envío, los autores/as están obligados a comprobar que su envío cumpla todos los elementos que se muestran a continuación. Se devolverán a los autores/as aquellos envíos que no cumplan estas directrices.

1. El artículo no ha sido publicado previamente, ni se ha presentado a otra revista (o se ha proporcionado una explicación en Comentarios al editor).
2. El archivo enviado está en formato .doc o .docx
3. Se han añadido direcciones web para las referencias donde ha sido posible.

4. El texto tiene interlineado simple; el tamaño de fuente es 12 puntos; se usa cursiva en vez de subrayado (exceptuando las direcciones URL); y todas las ilustraciones, figuras y tablas están dentro del texto en el sitio que les corresponde y no al final del todo.
5. El texto cumple con los requisitos bibliográficos y de estilo indicados en las [Normas para autoras/es](#), que se pueden encontrar en Acerca de la revista.
6. Si esta enviando a una sección de la revista que se revisa por pares, tiene que asegurarse que las instrucciones en [Asegurar una revisión a ciegas](#)) han sido seguidas.

Declaración de privacidad

Los nombres y direcciones de correo-e introducidos en esta revista se usarán exclusivamente para los fines declarados por esta revista y no estarán disponibles para ningún otro propósito u otra persona.