

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Departamento Académico de Ciencia, Tecnología e Ingeniería de
Alimentos



“INFLUENCIA DE ENCAPSULANTES: GOMA ARÁBICA Y
MALTODEXTRINA EN LOS FITOQUÍMICOS DE LA COCONA(Solanum
sessilliflorum Dunal) ECOTIPO T-2 LIOFILIZADO”

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

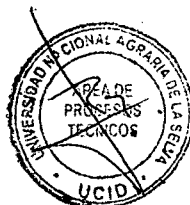
Presentado por:

ELMER JHON LINO CRESPO

PROMOCIÓN 2011

Tingo María, PERÚ

2012



Q04

L67

Lino Crespo, Elmer Jhon

Influencia de encapsulantes: Goma arábica y maltodextrina en los fitoquímicos de la cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) ecotipo T- 2 liofilizado. Tingo María, 2012

101 páginas; 25 cuadros; 18 fgrs.; 50 ref.; 30 cm.

Tesis (Ingeniero en Industrias Alimentarias) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias..

- | | | |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1. COCONA | 2. ENCAPSULACIÓN | 3. LIOFILIZACIÓN |
| 4. FITOQUÍMICOS | 5. INFLUENCIA | 6. ECOTIPO. |



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Av. Universitaria s/n. Teléfono (062) 561385 – Fax (062) 561156

Apart. Postal 156 Tingo María E.mail; fia@unas.edu.pe

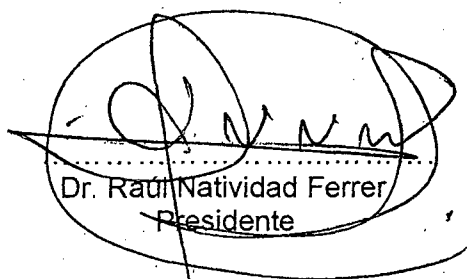
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 14 de junio de 2012, a horas 5:00 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, para calificar la tesis presentado por el Bach. LINO CRESPO, Elmer Jhon, titulada:

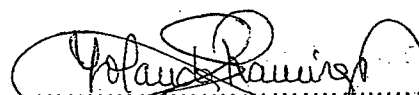
“INFLUENCIA DE ENCAPSULANTES: GOMA ARÁBIGA Y MALTODEXTRINA EN LOS FITOQUÍMICOS DE LA COCONA (*Solanum sessiliflorum* Dunal) ECOTIPO T-2 LIOFILIZADO”

Después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**; en consecuencia el Bachiller, queda apto para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el Art. 22° de la Ley Universitaria 23733; los artículos 51° y 52° del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

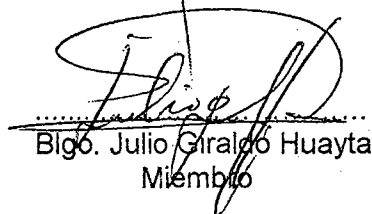
Tingo María, 04 de julio de 2012



Dr. Raúl Natividad Ferrer
Presidente



Ing. Yolanda Ramírez Trujillo
Miembro



Bgo. Julio Giraldo Huayta
Miembro



Ing. M.Sc. Roberto Dávila Trujillo
Asesor

DEDICATORIA

A DIOS con humildad, quién con su protección divina y gracia me ha concedido alcanzar un nuevo triunfo en la vida.

A mi hermana JACKELIN CONDEZO por su comprensión, y por ser un buen ejemplo a seguir.

A mis tíos PEDRO, CATALINO, DIONICIO y NESTOR CRESPO por su apoyo y por estar siempre conmigo.

A mi madre RITA por su amor, apoyo incondicional, principios y valores que me sirvieron para salir adelante.

A mis abuelos DIONICIO CRESPO y JOSEFINA AVILA (QEPD), gracias por rodearme de ternura.

A mis primos GERSON, JHONATHAN y KELLY por ser los ángeles que dan alegría a mi vida.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por darme la oportunidad de realizar mis estudios en tan prestigiosa institución.
- A la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias por brindarme las herramientas y conocimientos necesarios para lograr culminar mis estudios.
- Al Ing. M.Sc. Roberto Dávila Trujillo, patrocinador de la tesis, por enseñarme el gusto por la investigación y por compartir su valiosa experiencia.
- Al personal del laboratorio de la Universidad Agraria de la Selva por brindarme los materiales necesarios para la ejecución de la tesis.
- Al Doctor Raúl Natividad, Biólogo Julio Giraldo, a los Ingenieros: Gunter Daza, Alipio Ortega, Yolanda Ramírez, Luz Balcazar y Guadalupe Díaz por sus aportes en la ejecución del presente trabajo.
- Al bachiller Gilmer Benavides Nolasco, por su ayuda en la parte experimental de la investigación.
- A todos mis compañeros de promoción 2005, quienes son gente maravillosa, en especial los bachilleres: Francis Porras Trujillo, Melchor Soria Iturri, y Frank Vela Ríos, por su constante motivación en la realización de la presente tesis.
- A mi ciudad "La Bella Durmiente" Tingo María, quien me vio nacer y como hijo siempre estará en mi corazón.
- Finalmente, gracias a todos mis amigos, así como aquellas personas que han influenciado para conducir este trabajo, siempre los honraré.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades de la cocona	3
2.1.1. Aspectos generales	3
2.1.2. Origen.....	3
2.1.3. Descripción botánica	4
2.1.4. Descripción del fruto.....	4
2.1.5. Diversidad genética	5
2.1.6. Valor nutricional.....	6
2.1.7. Utilización y potencial agroindustrial	6
2.2. Generalidades de los antioxidantes	7
2.2.1. Definición	7
2.2.2. Principales antioxidantes.....	7
2.3. Liofilización.....	9
2.3.1. Definición	9
2.3.2. Funcionamiento del equipo.....	10
2.3.3. Periodos de la liofilización	11
2.4. Encapsulación	12
2.4.1. Definición	12
2.4.2. Funciones de la encapsulación	13
2.4.3. Materiales de pared utilizados en la encapsulación.....	13

2.4.4. Métodos de encapsulación	15
2.5. Propiedades físicas y químicas de los alimentos secos.....	15
2.5.1. Actividad de agua.....	15
2.5.2. Isotermas de adsorción de humedad.....	16
2.5.3. Color.....	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1. Lugar de ejecución	18
3.2. Materia prima y encapsulantes	18
3.2.1. Materia prima	18
3.2.2. Encapsulantes.....	19
3.3. Materiales, equipos y reactivos.....	19
3.3.1. Materiales.....	19
3.3.2. Equipos..	20
3.3.3. Reactivos y soluciones	21
3.4. Métodos de análisis.....	22
3.5. Metodología experimental	22
3.5.1. Evaluación fisicoquímica de la pulpa de cocona.....	22
3.5.2. Evaluación de los fitoquímicos de la pulpa de cocona.....	23
3.5.3. Liofilización de la pulpa de cocona	23
3.5.4. Evaluación del color	27
3.5.5. Isotermas de adsorción	28
3.5.6. Evaluación de los fitoquímicos del producto liofilizado.....	28
3.5.7. Evaluación fisicoquímica del producto liofilizado.....	31
3.5.8. Análisis estadístico.....	32

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1. Características de la pulpa de cocona	35
4.1.1. Composición fisicoquímica	35
4.1.2. Fitoquímicos de la pulpa de cocona	36
4.1.3. Parámetros de color de la pulpa de cocona.....	37
4.2. De la evaluación de color del producto liofilizado.....	38
4.2.1. Parámetros de color	38
4.2.2. Cinética de los parámetros de color	39
4.3. Isotermas de adsorción.....	46
4.3.1. Ajuste a los modelos de las isotermas de adsorción	47
4.4. Compuestos fitoquímicos del producto liofilizado.....	51
4.4.1. Capacidad antioxidante	51
4.4.2. Polifenoles totales	54
4.4.3. Vitamina C.....	57
4.4.4. Carotenos totales	60
4.5. Características fisicoquímicas del polvo de cocona	63
V. CONCLUSIONES.....	65
VI. RECOMENDACIONES.....	67
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXO.....	76

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Composición de la cocona en base a 100 g de la parte comestible.....	6
2. Tipos de coberturas utilizados en la encapsulación.....	14
3. Análisis fisicoquímico de la pulpa de cocona.....	35
4. Composición de los fitoquímicos de la pulpa de cocona.....	36
5. Parámetros de color de la pulpa de cocona	37
6. Parámetros de color CIELAB del producto liofilizado.....	38
7. Cinética de color del parametro a*.....	40
8. Cinética de color del parametro b*.....	41
9. Cinética de color del parametro L*.....	42
10. Cinética de color del parametro H*.....	44
11. Cinética de color del parametro C*.....	45
12. Datos experimentales de equilibrio de agua en polvo de cocona.....	47
13. Parámetros estimados para el modelo de Smith.....	48
14. Isotermas de adsorción ajustado al modelo de Smith.....	48
15. Parámetros estimados para el modelo de Henderson.....	49
16. Isotermas de adsorción ajustado al modelo de Henderson.....	49
17. Capacidad antioxidante del producto liofilizado.....	51
18. Cinética de la capacidad antioxidante.....	52
19. Polifenoles totales del producto liofilizado.....	54
20. Cinética de los polifenoles totales.....	55
21. Vitamina C del producto liofilizado.....	57

22. Cinética de la vitamina C.....	58
23. Carotenos totales del producto liofilizado.....	60
24. Cinética de los carotenos totales.....	61
25. Análisis fisicoquímico de la pulpa de cocona liofilizada.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Esquema de un liofilizador.....	10
2. Flujograma del proceso de liofilización de pulpa de cocona.....	24
3. Cocona ecotipo T-2.....	25
4. Liofilizador utilizado en el secado de pulpa de cocona.....	26
5. Diagrama representativo de sistema de coclores CIELAB.....	27
6. Diseño experimental del trabajo de investigación.....	33
7. Comportamiento de la cinetica de color del parametro a^*	40
8. Comportamiento de la cinetica de color del parametro b^*	41
9. Comportamiento de la cinetica de color del parametro L^*	43
10. Comportamiento de la cinetica de color del parametro H^*	44
11. Comportamiento de la cinetica de color del parametro C^*	45
12. Comportamiento de los datos experimentales de equilibrio de agua en polvo de cocona.....	47
13. Comportamiento de las isotermas de adsorción modelo de Smith.....	48
14. Comportamiento de las isotermas de adsorción modelo de Henderson..	49
15. Comportamiento de la cinética de la capacidad antioxidante.....	53
16. Comportamiento de la cinética de polifenoles totales.....	56
17. Comportamiento de la cinética de vitamina C	59
18. Comportamiento de la cinética de carotenos totales.....	62

RESUMEN

Los objetivos del estudio fueron: realizar el análisis fisicoquímico, fitoquímico y color del fruto de cocona ecotipo T-2; determinar las cinéticas de vitamina C, carotenos, polifenoles, capacidad antioxidante, color, isoterma de adsorción y análisis fisicoquímico de la pulpa de cocona liofilizada. Se utilizaron frutos con humedad ($90,3\pm 0,32\%$), °Bx ($6,23\pm 0,05$), pH ($3,83\pm 0,15$), proteína ($0,8\pm 0,01\%$), grasa ($0,8\pm 0,08\%$), acidez titulable ($1,37\pm 0,04$ g ácido cítrico/100 g), parámetros de color ($a^*-3,59\pm 0,06$, $b^*36,99\pm 1,38$, $L^*72,77\pm 1,55$). Fitoquímicos: polifenoles totales ($150\pm 0,01$ mg Ac. Gálico/100 g), vitamina C ($5,20\pm 0,02$ mg ácido ascórbico/100 g), carotenos totales ($0,28\pm 0,01$ mg carotenos/100 g). Las operaciones para el liofilizado fueron: pesado, lavado, pelado, pulpeado, tamizado, acondicionamiento de la pulpa de cocona con encapsulante goma arábica PGA y maltodextrina PMD, liofilización, envasado y almacenado. Los resultados fueron evaluados mediante un DCA, con arreglo factorial de 3x3. Las isotermas de adsorción se ajustaron a los modelos de Smith y Henderson. La retención después de 60 días de almacenamiento fue: capacidad antioxidante: pulpa de cocona (PC) (69,22%), PGA (95,08%) y PMD 95,08%; polifenoles totales: PC (25,98 %), PGA (80,71%) y PMD (80,96 %); vitamina C: PC (50,23 %), PGA (86,92 %) y PMD (86,27%) y carotenos totales: PC (46,14 %), PGA (97,11 %) y PMD (96,05 %). Las características fisicoquímicas de la cocona liofilizada fueron: humedad ($5,62\pm 0,66\%$), proteína ($6,08\pm 0,02\%$), grasa ($0,91\pm 0,03\%$); pH ($3,87\pm 0,02$) y acidez titulable ($11,45\pm 0,024$ g ácido cítrico/100 g).

I. INTRODUCCIÓN

El Perú es un país mega diverso que tiene una serie de productos convencionales y no convencionales, entre ellas las frutas tropicales nativas como la cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal), que se caracteriza por sus propiedades funcionales, debido a la presencia de metabolitos secundarios, como la catequina, epicatequina, ácido gálico, carotenoides, licopeno y vitamina C. En la industria de los alimentos, el ácido ascórbico y los carotenoides son utilizados como suplemento vitamínico y como antioxidante.

Por otro lado, la liofilización reduce la cantidad de agua conservando las propiedades organolépticas y funcionales de los alimentos. La técnica de encapsulamiento minimiza la pérdida de los compuestos fitoquímicos previniendo el crecimiento de microorganismos y minimizando las reacciones de deterioro. Además reduce la masa y el volumen, disminuyendo los costos de empaque, almacenamiento y transporte. Los productos secos aumentan su vida útil almacenado a temperatura ambiente por largos periodos de tiempo.

La cocona ecotipo T-2 desempeña un papel importante para el desarrollo sostenible de la amazonia y del valle del Alto Huallaga para ello se requiere conocer los procesos tecnológicos que permitan el aprovechamiento

de sus propiedades intrínsecas, bajo éstas consideraciones, se realizó el presente estudio con los siguientes objetivos:

- Realizar la evaluación fisicoquímica, de los fitoquímicos y de color del fruto de cocona ecotipo T-2.
- Determinar las cinéticas de vitamina C, carotenos, polifenoles totales, capacidad antioxidante y color (L^* , a^* , b^*) de la pulpa de cocona liofilizada con encapsulantes goma arábica y maltodextrina.
- Determinar las isotermas de adsorción de agua de la pulpa de cocona liofilizada.
- Realizar el análisis fisicoquímico de la pulpa de cocona liofilizada.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades de la cocona

2.1.1. Aspectos generales

Según CARBAJAL y BALCAZAR (2006), la familia *Solanaceae* incluye una diversidad de cultivos importantes, pero aun existen dentro de la familia especies subempleadas con gran potencial. De estas la cocona parece ser de mayor importancia para la subsistencia en las tierras bajas tropicales. Esta fruta es muy valorizado por sus propiedades medicinales (especialmente beneficiosa para el riñón el hígado y la piel); además de su alto contenido de fierro y vitaminas A, C y Niacina. Estas vitaminas y minerales son particularmente importantes para las mujeres y niños en ambientes tropicales, así mismo por la presencia de fitoquímicos con capacidad antioxidante.

2.1.2. Origen

Según CARBAJAL y BALCAZAR (2006), la cocona es una especie nativa de ceja de selva y selva alta de América Tropical, se distribuye naturalmente entre los 200 y 1000 m de altitud en Brasil, Colombia, Perú, Ecuador y Venezuela. En la selva peruana se cultivan en pequeña escala en las regiones de Loreto, San Martín, Ucayali, Huánuco, Junín, Ayacucho, Madre de Dios y Amazonas.

2.1.3. Descripción botánica

VILLACHICA (1996) menciona que la cocona es una planta arbustiva de 0,5 a 2,0 m de alto; de tallo semi leñoso muy pubescente. Hojas ovaladas de borde sinuoso y ápice agudo de 30 a 50 cm de largo y 20 a 30 cm de ancho y con el haz cubierto de pelos duros y blanquecinos, envés con pubescencia suave. Flores axilares dispuestas en racimos, desde blancas, amarillo hasta verdoso. Los frutos son bayas de forma variable desde sub globosos a ovoides, de 4 a 12 cm de ancho y 3 a 6 cm de largo; peso variable según el ecotipo de 24-250 g. Semillas numerosas envueltas en un mucílago claro.

Según CARBAJAL y BALCAZAR (2006), la cocona presenta la siguiente clasificación taxonómica.

Reyno	: Vegetal
División	: Espermatofita
Sub división	: Angiospermas
Clase	: Dicotiledónea
Subclase	: Simpétala
Familia	: Solanáceae
Especie	: <i>Solanum sessilliflorum</i> Dunal

2.1.4. Descripción del fruto

CARBAJAL y BALCAZAR (2006) refieren que los frutos son bayas de forma variable desde esferoide, amarañonado, cilíndrico, ovalada, oblata, redondeada, hasta cilíndrica - cónica; el tamaño y peso varía de acuerdo al

ecotipo. Los frutos maduros son de color amarillo pálido, anaranjado manchado o rojo; la pulpa es acuosa, con una firmeza intermedia y blanda de color amarillo a amarillo blancuzco, de agradable aroma, ligeramente ácida. El epicarpio es una capa delgada lisa, suave y cubierta según variedad por pubescencia fina purulenta, que presenta coloraciones diferentes a la madurez, con maduración uniforme y algunas veces pobre. Las cavidades de las semillas presentan una forma irregular en algunos ecotipos mientras que en otros en forma regular y redonda. Los frutos presentan longitudes de entre 52,18 mm. y 83,97 mm. y su diámetro con 49,94 mm. y 77,85 mm, el número de lóbulos de 4 a 5, el grosor de pulpa oscila entre 4,94 mm. y 12,12 mm. el peso de pulpa en los frutos presenta rangos entre 33,60 g. y 184,73 g.

2.1.5. Diversidad genética

VILLACHICA (1996) menciona que la especie presenta alta diversidad genética, que se manifiesta en la variedad de forma, tamaño sabor, pubescencia y aroma de los frutos. En el Perú se han determinado la existencia de hasta 25 biotipos, de las cuales se han seleccionado 11 promisorios.

En la actualidad el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana de Tingo María conserva una colección de 13 ecotipos de cocona, colectadas de la zona de Cedruyo, Nueva Esperanza, Boquerón, Shambillo, Previsto, Nuevo Mundo y Santa Rosa. Se ha hecho un registro de cada una de las accesiones que en total representan 52 accesiones.

2.1.6. Valor nutricional

En el Cuadro 1 se muestra la composición de la cocona.

Cuadro 1. Composición de la cocona en base a 100 g de la parte comestible.

Componentes	100 g de pulpa
Agua	87,5 g
Proteínas	0,90 g
Grasa	0,70 g
Carbohidratos	10,2 g
Cenizas	0,70 g
Calcio	16,0 mg
Fósforo	30,0 mg
Hierro	1,50 mg
Caroteno	0,18 mg
Tiamina	0,06 mg
Riboflavina	0,10 mg
Niacina	2,25 mg
Ácido ascórbico	4,50 mg

Fuente: CARBAJAL y BALCAZAR (2006)

2.1.7. Utilización y potencial agroindustrial

HUAYANAY (2000) recomienda promover el desarrollo de nuevas líneas de procesamiento en la propagación de los ecotipos T-2, N-3 y AR-1 que presentan las mejores características agronómicas, biométricas, físico químicas, químico proximal y organoléptico para su uso en la agroindustria.

VILLACHICA (1996) reporta que la cocona tiene un alto potencial para la industrialización a pequeña escala. Los múltiples usos de la fruta permiten deducir su alto potencial de industrialización como dulce, ensalada,

encurtidos, jugos, néctares y otros. La productividad es alta, pudiendo llegar a 80 a 100 t/ha en condiciones de cultivos altamente tecnificados.

2.2. Generalidades de los antioxidantes

2.2.1. Definición

SIES (1997) menciona que el antioxidante es una sustancia, que a bajas concentraciones reduce, retrasa o previene la oxidación de un sustrato significativamente. Los antioxidantes son compuestos que prolongan la vida útil de los alimentos protegiendo contra el deterioro causado por la oxidación.

2.2.2. Principales antioxidantes

- Antioxidantes endógenos

GONZÁLES *et al.* (2000) mencionan que los antioxidantes endógenos o antioxidantes enzimáticos, actúan a nivel celular. Existen tres sistemas principales de enzimas antioxidantes: superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CTL) y glutatión peroxidasa (GPX).

- Antioxidantes exógenos

POLYAKOV *et al.* (2001) mencionan que los antioxidantes exógenos o no enzimáticos, transforman los radicales libres en menos agresivos. Entre ellos tenemos: flavonoides, alfa tocoferol (vitamina E), beta caroteno, vitamina C, glutatión y urato.

Carotenoides:

MARTÍNEZ (2003) menciona que los carotenoides son hidrocarburos poliénicos ($C_{40}H_{56}$), tales como α y β -carotenos, precursores de vitamina A y licopeno.

Los pigmentos carotenoides son un grupo de compuestos ampliamente distribuidos en la naturaleza y son responsables de las frutas amarillas, anaranjadas y rojas (COULTATE, 2004). La fuente clásica de los carotenoides se corresponde con las plantas, pero encuentran en animales y microorganismos (OLIVER, 2000).

El principal papel de los carotenoides en la dieta de los humanos y otros animales es su capacidad de actuar como precursores de la vitamina A, para esto es que requiere la estructura de los retinoides (con el anillo de la ionona). Se estima que la provitamina A los carotenoides presentes en frutas y verduras proporcionan entre el 30 y el 100% de las necesidades de vitaminas de las poblaciones humanas, es el carotenoide caroteno, que tiene la mayor actividad de provitamina A (FENNEMA, 2000).

Vitamina C

Según JUNTAMAY (2010), la vitamina C o ácido ascórbico es uno de los seis carbonos lactonas que se sintetiza a partir de la glucosa y la galactosa, en las plantas. El ser humano y otros primates y algunas especies animales carecen de la enzima l-gulonolactonaoxidasa que es capaz de catalizar la conversión de la glucosa en vitamina C, por lo que necesitan ingerirla en la dieta. Se encuentra en la naturaleza en las frutas y verduras frescas, y en algunas glándulas animales (suprarrenales, hipófisis y cuerpo lúteo).

2.3. Liofilización

2.3.1. Definición

Es un proceso, que en forma simultánea ocurre dos subprocesos, la congelación del alimento y la remoción del agua mediante la sublimación utilizado con el fin de reducir las pérdidas de los componentes volátiles o termo sensibles (CUÉLLAR, 2008).

Este proceso no altera la estructura físico-química del material, pero permite su conservación sin cadena de frío, con menos del 15% de humedad y alta estabilidad microbiológica (CUÉLLAR, 2008).

CEBALLOS (2008) menciona que en la liofilización comercial, los alimentos se congelan generalmente a temperaturas cercanas a -20°C , manteniéndose sin congelar del 1 al 4% del agua contenida en el producto. El estado rígido que adquiere el producto durante la congelación, es necesaria para el secado, de ello depende que se presente el fenómeno del colapso de la estructura, que es un fenómeno indeseable durante el proceso. Las temperaturas de colapso para algunos extractos de frutas son: -24°C para jugo de naranja, $-41,5^{\circ}\text{C}$ para jugo de manzana, -20°C para extracto de café, lo cual indica que su valor es muy diferente dependiendo del material de trabajo. Esta temperatura depende de la naturaleza del soluto, de su peso molecular, de la estructura y de su composición.

Los alimentos liofilizados son secos, luminosos, porosos y generalmente logran retener la forma y textura del producto original a ser reconstituidos, una vez envasados pueden ser almacenados durante poco más de un año y conservar la mayoría de las características físicas, químicas,

biológicas y organolépticas del producto en estado original (BARBOSA-CÁNOVAS *et al.*, 2005).

2.3.2. Funcionamiento del equipo

Los liofilizadores consisten básicamente de una cámara de vacío, dotada con bandejas donde se coloca el producto y de calentadores que suministran el calor latente de sublimación. Existen tres variables importantes para el diseño en el proceso de liofilización:

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

En los sistemas de liofilización el material congelado es colocado en bandejas. Se produce el vacío dentro de la cámara hermética, comenzando así la sublimación del hielo. El flujo de vapor pasa a través de la cámara y es recogido en la superficie refrigerada llamada trampa de hielo o condensador. La sublimación del hielo solo puede realizarse cuando las condiciones de temperatura y presión son menores que el punto triple del agua. La Figura 1 muestra un esquema del proceso (CEBALLOS, 2008).

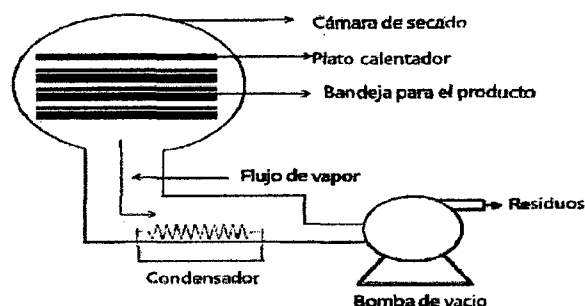


Figura 1. Esquema de un liofilizador

2.3.3. Periodos de liofilización

El secado por congelación se completa con tres pasos: secado de congelación, secado primario y secundario, obteniendo luego el producto final.

La congelación es una fase importante, que debería ser más rápido para que se formen micro cristales de hielo que no daña la estructura de la membrana celular de los alimentos. Cuando la congelación es lenta, se forman grandes cristales que rompen la membrana celular, lo que resulta en la pérdida neta del citoplasma y por lo tanto disminución de la comida que viene a buscar a marchitarse. En la congelación rápida, la estructura de los alimentos se mantiene intacta, conservando su forma original después de la hidratación y vuelve a normal (FELLOWS, 2007).

El primer paso es el secado primario, donde se elimina el disolvente por sublimación al vacío y la adición de calor. Una importante cantidad de calor latente de sublimación también se consume cuando las moléculas de agua entran a sublimar y la fase de vapor. Debido a esto, la temperatura del producto congelado se reduce. Por lo tanto, es necesario el suministro de calor al producto, que puede ser concedida por conducción, convección y / o radiación. En esta etapa, el alimento puede ser deshidratado a un contenido de aproximadamente el 15% (BOSS *et al.*, 2004)

El secado secundario es el de sorción de la capa de agua o disolvente que no se congeló, según lo señalan (CHEN y WANG, 2007). El secado por evaporación (de sorción) de agua no se congela hasta el 2% de humedad y se obtiene mediante la elevación de la temperatura a una

temperatura cercana a la temperatura ambiente manteniendo la presión baja (BOSS *et al.*, 2004).

Los liofilizadores consisten en una cámara de vacío con las bandejas para almacenar alimentos, calentadores para suministrar el calor latente de sublimación, de enfriamiento para condensar los vapores de las bobinas directamente en las bombas de hielo y de vacío para eliminar los vapores no condensables. Los métodos utilizados para suministrar calor a la superficie de los alimentos pueden ser a través de la frecuencia de conducción, radiación o la radio.

En la práctica, la menor presión de la cámara económicamente viable es de 13 Pa y la temperatura del condensador es de unos - 35 ° C (FELLOWS, 2007).

2.4. Encapsulación

2.4.1. Definición

Según DZIEZAK (1988) es definida como una tecnología de empaque de materiales sólidos, líquidos o gaseosos en miniatura. Esto implica el recubrimiento de un ingrediente sensible, ya sea puro o una mezcla, dentro de un material para otorgar protección contra la humedad, calor u otras condiciones extremas, de modo de mejorar su estabilidad y aumentar su vida útil. En el encapsulado, la porción activa es llamada núcleo, fase interna o relleno, y el material encapsulante es llamado cáscara, recubrimiento o material de pared y puede variar tanto en espesor como en el número de capas.

2.4.2. Funciones de la encapsulación

DZIEZAK (1988) menciona que la encapsulación de ingredientes en la industria de alimentos tiene las siguientes funciones:

- Estabilizar y controlar el material núcleo.
- Separar reactivos o componentes incompatibles en una formulación.
- Protección de componentes del alimento (luz, humedad y calor).
- Aseguramiento contra pérdidas nutricionales.
- Utilización alternativa de ingredientes sensibles.
- Incorporación de mecanismos de liberación inusuales de tiempo dentro de la formulación.
- Enmascarar o preservar sabores y aromas.
- Transformar ingredientes líquidos en sólidos fácilmente manejables.

2.4.3. Materiales de pared utilizados en la encapsulación

YÁÑEZ *et al.* (2005) mencionan que desarrollos recientes se han hecho con nuevos acarreadores, incluyendo coloides y gomas naturales, para la obtención de mezclas que permitan incrementar la retención de compuestos volátiles y la vida en anaquel de las microcápsulas. Se ha conseguido la retención de aceites esenciales de naranja y disminuido su oxidación al usar goma arábiga.

En el Cuadro 2 se presenta los tipos de coberturas utilizadas en la encapsulación, según YÁÑEZ *et al.* (2005).

Cuadro 2. Tipos de Coberturas utilizadas en encapsulación.

Tipo de cobertura	Cobertura específica
Gomas	Goma arábica, agar, alginato de sodio, carragenina.
Carbohidratos	Almidón, dextranos (maltodextrina), sacarosa, jarabes de maíz.
Celulosas	Carboximetil-celulosa, metil celulosa, etil celulosa, acetil celulosa.
Lípidos	Ceras, parafinas, tristearina, ácido. Esteárico, monoglicéridos, diglicéridos, aceites, grasas.
Materiales inorgánicos	Sulfato de calcio, silicatos

Fuente: YÁÑEZ *et al.* (2005)

- Goma arábica

Conocida como goma acacia o goma mimosa es el exudado que se obtiene de la corteza de árboles como Acacia Senegal, y otros del mismo género, es un polímero de cadena larga, de alto peso molecular 58400 g/mol y que pueden dispersar o disolver en agua fría o caliente, produciendo un efecto espesante o gelificante (ZANALONI, 1992).

- Maltodextrina

Son obtenidos por hidrólisis de almidón con diferentes equivalentes de dextrosa (ED) como se muestra en el Anexo 13, están compuestos de unidades de D glucosas ligadas principalmente por ligaciones glucósidos alfa (1 → 4) con una fórmula general igual a $[(C_6H_{10}O_5)_n H_2O]$. Presentan una forma de polvo blanco con solución concentrada y son obtenidas a través de torrefacción de almidón a elevadas temperaturas, con o sin adición de catalizadores ácidos o enzimáticos, ocasionando la hidrólisis; al añadir maltodextrina a polvos de

fruta, aumenta la temperatura de transición vítrea (T_g), disminuye la pegajosidad y mejora la estabilidad del producto debido al alto peso molecular promedio de 9000 g/mol (BEMILLER y WHISTLER, 1996).

2.4.4. Métodos de encapsulación

DZIEZAK (1988) menciona que existen varios métodos para lograr la encapsulación de ingredientes entre los que se encuentran: secado spray, recubrimiento en suspensión de aire, extrusión, spray cooling y spray chilling, coacervación, complejos de inclusión y polimerización interfacial.

2.5. Propiedades físicas y químicas de los alimentos secos

2.5.1. Actividad de agua

El término de actividad de agua (a_w) se implantó para tener en cuenta la intensidad con que el agua se asocia a los diferentes componentes no acuosos del alimento (FENNEMA, 2000). Los componentes no acuosos del alimento son: biopolímeros, azúcares, sales orgánicas e inorgánicas (CHIRIFE, 1999).

La actividad de agua es un término utilizado para indicar la relación entre la humedad de un alimento y la humedad relativa de equilibrio de la atmósfera que le rodea (BARBOSA Y VEGA, 2000). La a_w para el cese del crecimiento de diversos microorganismos es significativamente inferior si el producto se ajusta por desorción en lugar de hacerlo por adsorción (FENNEMA, 2000).

2.5.2. Isothermas de adsorción de humedad

La humedad de equilibrio, se define como el contenido de humedad de un material higroscópico, después de estar expuesto a un ambiente en condiciones controladas de temperatura y humedad relativa, durante un lapso prolongado. Se puede decir, además, que el material está en equilibrio higroscópico con el ambiente en que se encuentra, cuando la presión de vapor de agua correspondiente a la humedad del material es igual a la presión de vapor de agua del aire ambiente. Para cada especie o variedad de material, la tensión de vapor tiene un valor característico acorde con la temperatura y el contenido de humedad del material (ZUG, 2002).

Las isothermas de sorción son la representación gráfica del contenido de humedad presente en el alimento contra la actividad de agua en condiciones isotérmicas, donde el material está en equilibrio higroscópico con el ambiente en que se encuentra y no existe cambio en el peso de la muestra (ZUG, 2002).

Los alimentos secos tienen altos contenidos de azúcares, son sustancias que funcionan como vehículos durante el proceso de secado y como encapsulantes capaces de actuar como barrera frente a la adsorción de agua. Al ser compuestos de mayor peso molecular, contribuyen a elevar la temperatura de transición vítrea en el producto mejorando sus condiciones mínimas de estabilidad, el paso de vítreo a gomoso se ha asociado con la aparición de problemas de pegajosidad o apelmazamiento de productos en polvo. Estos compuestos no modifican significativamente la estructura del producto puesto es de origen orgánico, poseen muy buena solubilidad y el

efecto en el sabor y el color en la mayoría de los casos se considera imperceptible (MOSQUERA, 2010).

2.5.3. Color

El color presente en la encapsulación se analiza mediante espectroscopia visible en el rango de 350 - 800 nm y conversión de los espectros obtenidos a parámetros CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^*ab , hab , s^*uv) mediante el software Croma Lab®, de acuerdo con especificaciones de la CIELAB. Como sistema de referencia, se utiliza diluciones (FRANCO *et al.*, 2005).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo se desarrolló en el Centro de Investigación para el Desarrollo Biotecnológico de la Amazonia (CIDBAM) y en los laboratorios de Química, Análisis de Alimentos y de ingeniería de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicado en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, ubicada a una altitud de $660 \pm 2,0$ m.s.n.m a $09^{\circ}18'48''$ de latitud Sur, a $75^{\circ}59'48''$ de latitud Oeste, con clima tropical húmedo con una humedad relativa media de 84% y temperatura media anual de 25°C.

3.2. Materia prima y encapsulantes

3.2.1. Materia prima

La materia prima utilizada fue cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) ecotipo T-2, adquirido del mercado de abastos de la ciudad de Tingo María, seleccionándose por su tamaño, estado de madurez y ausencia de daños físicos en su superficie. La cocona ecotipo T-2, fue desarrollado en el Banco de Genes del Centro Regional de Investigaciones (CRI) del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), siendo T-2 originario de esta ciudad.

3.2.2. Encapsulantes

Como encapsulantes se emplearon goma arábica (PANREAC CAS: 90-01-5) y maltodextrina procedente de almidón de maíz, de alta equivalencia de dextrosa (DE 10) ambos de la marca Montana.

3.3. Materiales, equipos y reactivos

3.3.1. Materiales

- Matraces Erlenmeyer de 250 ml
- Vasos de precipitación de 50, 100, 250 y 1000 mL
- Pipetas de 2,5 y 10 mL
- Micro pipetas 10 - 50, 20 - 200 y 100 - 1000 μ L
- Tubos de ensayo Gene Mate de 10 mL
- Fiolas de 50, 100, 500 y 1000 mL
- Probetas de 10, 100, 250 y 500 mL
- Papel filtro Whatman N° 42
- Crisol
- Termómetros de 0 -100°C
- Campanas de vidrio
- Cubetas de poliestireno 1 x 1 x 4,5 cm
- Tips FISHERBRAND 1000 y 200 μ l
- Microtubos 1,5 - 2,00mL
- Bolsas metalizadas
- Tamiz 1mm de diámetro

3.3.2. Equipos

- Espectrofotómetro modelo Genesys 6 Thermo electron corporation.
- Balanza analítica modelo AE 163 METLER TOLEDO, switzerland.
- Estufa modelo ODH6-9240 A TOMOS HeatingDrying Oven.
- Agitador magnético modelo 625 estándar VWRTM hotplate/stirrer.
- Centrífuga modelo MIKRO 22R Hettich.
- Colorímetro marca Cónica minolta.
- Equipo de titulación.
- Equipo de destilación.
- pH metro marca ATC
- Digestor.
- Mufla.
- Vortex marca Genie 2 Cientific Industries
- Selladora
- Pulpeadora tipo EP-9 con capacidad de 600 Kg/h; con tamices de acero resistente de 5 hasta 1 mm. de diámetro
- Liofilizador: marca LABOTEC (2011), de origen sudafricano, con las siguientes características:

Bomba de vacío (rotatoria de 117 Lts. /min), cámara de liofilizado cilíndrica en acrílico, seis (6) válvulas adaptadoras de vacío, Seis (6) frascos de liofilizado de 300 y de 1000 mL con certificación de calidad ISO 9001:2000.

Especificaciones básicas: equipo de sobre mesa, con compresor frigorífico y bomba de vacío ubicados en el interior de la unidad, formado por un mueble de acero. Tambor con manifold y tapa transparente. Control por microprocesador con pantalla digital dual que monitoriza la temperatura del condensador y del vacío. Temperatura del condensador: ≤ -55 °C (sin carga), Máximo vacío: ≤ 15 Pa (Sin Carga). Tiempo de enfriamiento: ≤ 60 Min, ≤ 120 Min. Tiempo para máximo de vacío: ≤ 20 Min. Capacidad de condensador: 3Kg/24h. Dimensiones aproximados (longitud x ancho x altura): 540 x 540 x 370mm. Alimentación eléctrica: 220V 50Hz. Cámara transparente que permite la visualización del proceso en la cámara.

3.3.3. Reactivos y soluciones

- Ácido ascórbico MP Biomedicals, LLC.
- Ácido oxálico Scharlau.
- Hexano 99% (Merck Germany)
- Etanol al 99,99%.(Merck Germany)
- Metanol Puriquim Reagent.
- Radical ABTS 2.2 -azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), Sigma Aldrich, USA.
- Colorante 2-6 diclorofenol indofenol.
- Hidróxido de sodio 0,1 N valorado.
- Ácido Gálico al 98,1% Sigma Aldrich.
- Solución de fenol de Folin- Ciocalteu MerckKGaA
- Trolox

3.4. Métodos de análisis

- Humedad (A.O.A.C., 1998).
- Ceniza, (A.O.A.C., 1998).
- Proteína, método Kjeldahl (A.O.A.C., 1998).
- Grasa (A.O.A.C., 1998).
- Sólidos solubles (A.O.A.C, 2001)
- pH (A.O.A.C., 1998).
- Acidez titulable (A.O.A.C, 2001)
- Polifenoles totales (SANDOVAL *et al.*, 2010).
- Vitamina C (HUNG y YEN, 2002).
- Carotenos totales método espectrofotométrico citado por BRITTON (1993)
- Capacidad antioxidante, método de QUENCHER citado por GOKMEN *et al.* (2009)
- Isotermas de adsorción, método gravimétrico estático citado por JOWIT *et al.* (1983).

3.5. Metodología experimental

3.5.1. Evaluación fisicoquímica de la pulpa de cocona

Se realizó con la finalidad de determinar los rangos de humedad, sólidos solubles, proteínas, cenizas, grasas, pH y acidez titulable. La determinación se realizó con tres repeticiones.

3.5.2. Evaluación de los fitoquímicos de la pulpa de cocona

- Determinación de polifenoles totales

La cuantificación de polifenoles totales se realizó según el método Folin-ciocalteu reportado por SANDOVAL *et al.* (2001) para ello se prepararon extractos en proporción de 60 mg de muestra por ml de metanol.

- Determinación de vitamina C

Se realizó por el método reportado por HUNG y YEN (2002). Se hizo reaccionar 100 μ L de extracto acuoso, con 900 μ L de 2,6 diclorofenol indofenol, registrándose la absorvancia a 515 η m, obteniéndose las cantidades de ácido ascórbico con la siguiente ecuación:

$$A_{515 \eta m} = A_{\text{control}} - A_{\text{muestra}}$$

Donde la absorvancia control fue obtenida por la reacción de 100 μ L de ácido oxálico al 0,4%, con 900 μ L de 2,6 diclorofenol indofenol. Para la preparación de la muestra se utilizó 1 g de muestra en 50 ml de ácido oxálico.

- Determinación de carotenos totales

Para la determinación de carotenos totales se procedió a Lixiviar 0,3 g de muestra fresca en 30 ml de solvente (hexano) por 0,5 horas, se filtró y se midió la absorvancia a 450 η m, continuándose con el procedimiento según BRITTÓN (1993).

3.5.3. Liofilización de la pulpa de cocona

Las fases del proceso de liofilización con la adición de encapsulantes Goma arábica y Maltodextrina se indican en la Figura 2 y se describe a continuación.

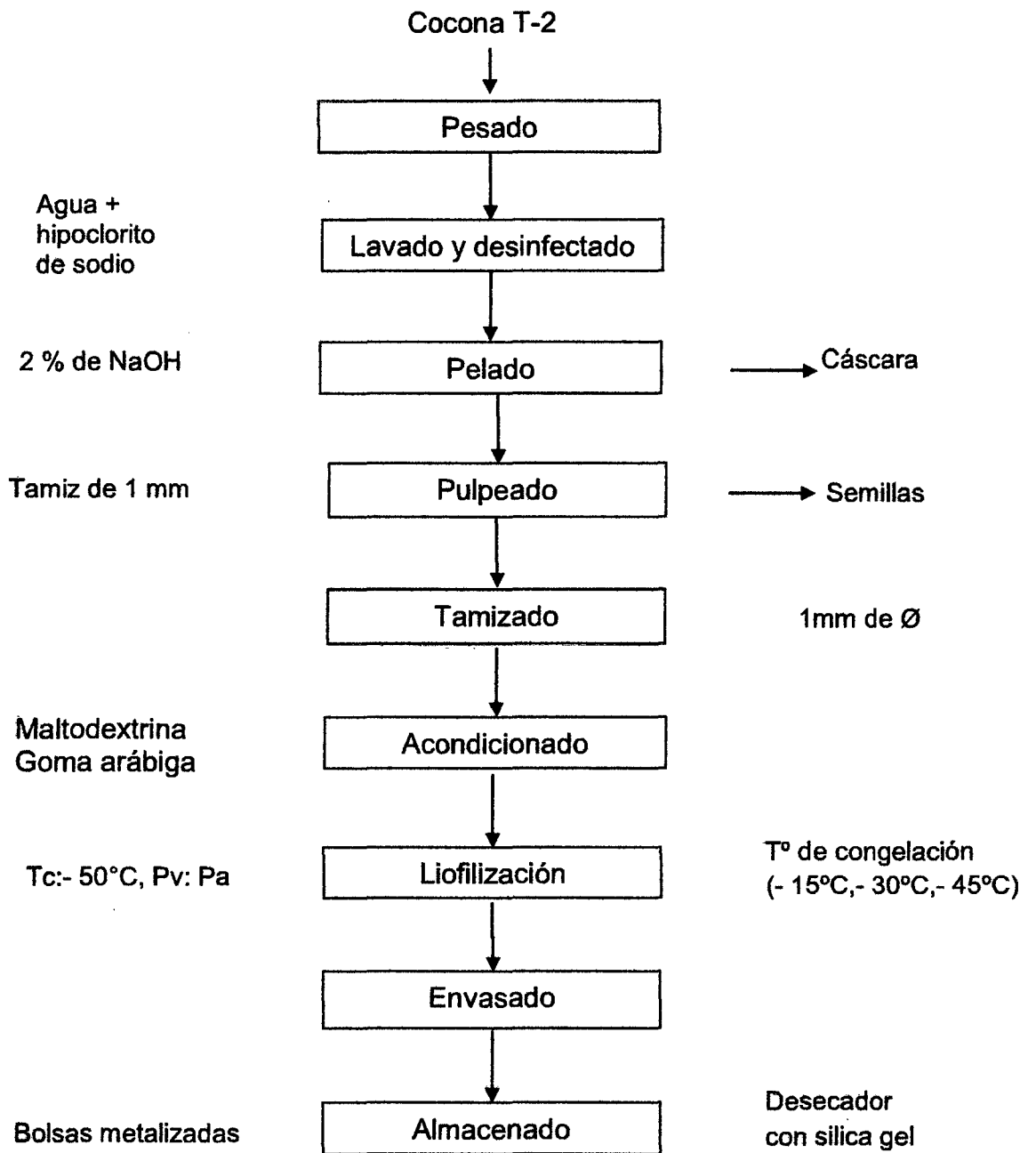


Figura 2. Flujograma del proceso de liofilización de pulpa de cocona

- **Materia prima:**

El fruto de cocona ecotipo T-2 que se muestra en la Figura 3, fue elegido por ser más resistente que las otras variedades.

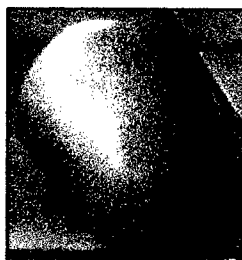


Figura 3. Cocona ecotipo T-2

- **Pesado**

Los frutos de cocona fueron pesados para obtener el rendimiento de sus componentes y las medidas biométricas se muestra en el Anexo 18.

- **Lavado y desinfectado**

El lavado permitió eliminar los contaminantes presentes en la superficie del fruto y se realizó con agua e hipoclorito de sodio 200 ppm.

- **Pelado**

Se realizó un pelado químico con NaOH a concentración de 2%, en ebullición con un tiempo de inmersión de 10 minutos, esto con la finalidad de evitar el pardeamiento enzimático.

- **Pulpeado**

Esta operación se realizó, con la finalidad de eliminar las semillas presentes en el fruto, se utilizó una malla de 1 mm de diámetro.

- **Tamizado**

Se realizó utilizando un tamiz de 1 mm de diámetro, con la finalidad de eliminar la fibra y uniformizar el tamaño de las partículas.

- Acondicionamiento

A la pulpa de cocona se añadió encapsulantes (Goma arábica y Maltodextrina) con la finalidad de evaluar la retención de los compuestos fitoquímicos, en proporción: g aditivo/g sólidos solubles según lo recomendado por MARQUES (2009).

Siendo 6 % el valor promedio de sólidos solubles; para una muestra de 210 g se preparó 197,4 g de pulpa de cocona con 12,6 g de encapsulante y se agitó por 2 minutos.

- Liofilización

Se trabajó con las siguientes variables de proceso: cantidad de muestra: 0,210 kg para hallar el rendimiento de la liofilización que se muestra en el Anexo 17, espesor de la pulpa congelada: 0,5 cm, tiempo de secado: 20 h, temperatura del condensador: - 50°C. Presión de vacío: ≤ 15 pascal. Se liofilizó a tres temperaturas (-15, -30, -45°C). En la Figura 4 se muestra el liofilizador utilizado.

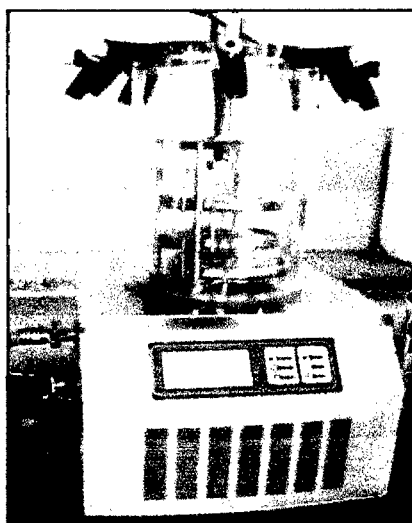


Figura 4. Liofilizador utilizado en el secado de pulpa de cocona.

- Envasado

Se envasó en bolsas metalizadas con capacidad de 50 g, se trabajó en forma manual utilizando una selladora.

- Almacenado

El producto se almacenó en desecadores de vidrio con silica gel a temperatura ambiente y se evaluó la cinética de los compuestos fitoquímicos cada 15 días por un periodo de 60 días, la cinética de color cada 8 días durante 64 días y las isotermas de adsorción cada 7 días durante 28 días.

3.5.4. Evaluación del color

- Evaluación de los parámetros de color del producto

Se midió por reflectancia con un colorímetro marca Cónica Minolta. Se determinaron los parámetros, a^* , b^* y L^* , según la Figura 5 para la pulpa con maltodextrina, con goma arábica y el testigo. Para realizar estas mediciones, las muestras se molieron finamente con 3 repeticiones de cada tratamiento (CEBALLOS, 2008).

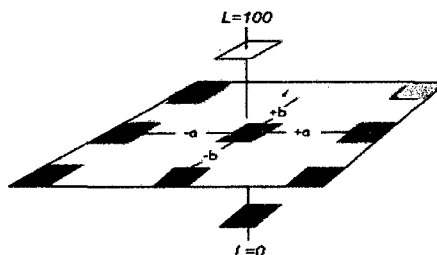


Figura 5. Diagrama representativo de sistema de colores CIELAB.

- Cinética de los parámetros de color del producto liofilizado

Los parámetros de cinética de color se evaluaron en almacenamiento cada 8 días por un periodo de 64 días.

3.5.5. Isotermas de adsorción

Se empleó el método gravimétrico estático, para ello se determinó el contenido de humedad de equilibrio de la pulpa deshidratada a diferentes actividades de agua (JOWITT *et al.*, 1983), a temperatura ambiente. Se prepararon diez soluciones saturadas de sales que cubren un rango de actividad de agua entre 0,06 y 0,90 como se muestra en el Anexo 11. Cada solución saturada fue transferida a desecadores individuales de vidrio, de forma que la cantidad de solución alcanzaba una altura de aproximadamente 1,5 cm. Se pesaron por triplicado muestras de cerca de 1 g de polvo en placas de vidrio, se colocaron sobre un trípode en los desecadores de vidrio los cuales se cerraron herméticamente. Las muestras fueron pesadas periódicamente hasta alcanzar el equilibrio, que se considera cuando la diferencia en peso entre dos pesadas consecutivas no excede el 0,1%. El tiempo requerido para alcanzar el equilibrio fue de 4 a 5 semanas. La humedad de equilibrio se determinó en estufa a vacío a temperatura de 60 °C/ 48 horas (A.O.A.C., 1998).

3.5.6. Evaluación de los fitoquímicos del producto liofilizado

- Capacidad antioxidante

La cuantificación de la capacidad antioxidante se realizó según el método de QUENCHER reportado por GOKMEN *et al.* (2009). Para la muestra se utilizó una disolución en sólido que consistió en 10 mg de muestra liofilizada que se disolvió en 90 mg de celulosa, luego se extrajo 10 mg de muestra diluida y se adicionó 1 ml ABTS 2,2 azinobis-(3-etilbenzotiazolin6 – ácido sulfónico). Se agitó por 30 minutos a temperatura ambiente y en oscuridad. Después se centrifugó a 10000 rpm por 30 minutos para obtener el sobrenadante,

finalmente se procedió a la lectura del sobrenadante en el espectrofotómetro a 734 nm. Los resultados se expresaron como equivalentes de milimol de Trolox por kilogramo de muestra.

Se tomaron 10 ml de cada dilución y se adicionó 1 ml de ABTS para la lectura. La síntesis de ABTS se preparó de 0,0384 g de ABTS+0,0066 g de persulfato de potasio diluido en 10 ml de agua destilada, se mantuvo de 12 a 16 horas a temperatura ambiente en oscuridad, para su uso tanto en la muestra como en la curva de calibrado se mezcló con etanol agua 50:50 para hacer llegar la absorbancia a 0,7 nm. Las concentraciones para la elaboración de la curva estándar así como el gráfico se muestran en los Anexos 12 y 14 respectivamente.

- Polifenoles totales

La curva estándar se realizó preparando una solución stock de 10 mL de ácido gálico a una concentración de 2 mg/mL a partir de la solución stock se hicieron las diluciones siguientes: 1; 0,50; 0,25; 0,125 y 0,0625 mg/mL. Con los resultados obtenidos se graficó concentración Vs. absorbancia, luego se procedió a determinar la ecuación y el coeficiente de correlación que se observa en el Anexo 15.

La muestra consistió de 0,4 g de polvo en 10 mL de metanol y 10 ml de agua. Se centrifugó a 10000 rpm por 30 minutos, se usó el sobrenadante para el análisis. La cuantificación de polifenoles totales se realizó según el método Folin-ciocalteu reportado por SANDOVAL *et al.* (2001), para ello se prepararon las siguientes soluciones stocks; Na₂CO₃ al 20% en 100 mL 1 mM

ácido Gálico/10 mL. A cada tubo de ensayo se agregó 1580 μL de agua destilada desionizada (ddH_2O) y 20 μL de muestra, control y estándares. Se vorteoó ligeramente. Para los controles se agregó 20 μL ddH_2O los estándares se prepararon a partir de la solución stock 1 mM de ácido Gálico. Muestra controles y estándares fueron corridos por triplicado para conseguir precisión en los resultados. Se agregó 100 μL de la solución de fenol Folin ciocalteu, se mezcló o incubó por un minuto a temperatura ambiente. Para neutralizar la reacción se adicionó 300 μL de Na_2CO_3 al 20%, se incubó por 2 horas a temperatura ambiente (tiempo en el que hay una reacción completa) y para determinar la cantidad de compuestos fenólicos producidos durante la reacción, se agregó 1 mL de muestra, control o estándar en una cubeta de poliestireno (1 x 1 x 4,5 cm) y luego se procedió a la lectura de la absorvancia en el espectrofotómetro a 700 ηm , los resultados fueron expresados en contenido de ácido Gálico/mL de muestra.

- Vitamina C

Se realizó por el método reportado por HUNG y YEN (2002). Se procedió a hacer reaccionar 100 μL de extracto acuoso, con 900 μL de 2,6 diclorofenol indofenol, registrándose la absorvancia a 515 ηm , obteniéndose las cantidades de ácido ascórbico con la siguiente ecuación:

$$A_{515 \eta\text{m}} = A_{\text{control}} - A_{\text{muestra}}$$

Donde la Absorvancia control fue obtenida por la reacción de 100 μL de ácido oxálico al 0,4%, con 900 μL de 2,6 diclorofenol indofenol. Para la

preparación de la muestra se utilizó 1 g de muestra liofilizada en 50 ml de ácido oxálico. La curva estándar se muestra en el Anexo 16.

- Carotenos totales

Se procedió a lixiviar 0,3 g de muestra liofilizada en 30 ml de solvente (hexano) por 0,5 horas, se filtró y midió la absorbancia a 450 nm.

Los Cálculos se realizaron de la siguiente forma:

$$\text{Ley de Lambert – Beer} \quad : A = abc \implies c = A/ ab$$

$$A = \text{Absorbancia} \quad b = 1,16 \text{ cm (longitud de la celda)}$$

$$c = \text{Concentración} \quad a = \text{absortividad específica}$$

Para el cálculo del contenido de carotenos totales en la cocona del ecotipo T-2 en estado fresco se empleó el método espectrofotométrico citado por BRITTON (1993).

$$a = A^{1\%}_{1 \text{ cm}} \text{ carotenos totales (concentración de 1\% en celda de 1 cm).}$$

$$C = \frac{A}{2500 * 1.16} \text{ g de carotenos/ 100 ml (Concentración en la alícuota)}$$

Luego considerando la dilución de la muestra en el solvente (0, 01 g/ml de solvente), de la ecuación anterior se tiene:

$$C = \frac{A}{2500 * 1.16 * 0.01} \text{ g de carotenos/ 100 ml (Concentración en la alícuota)}$$

3.5.7. Evaluación fisicoquímica del producto liofilizado

Se realizó con la finalidad de determinar los rangos de humedad, proteínas, cenizas, grasas, pH y acidez titulable. La determinación de cada análisis se realizó con tres repeticiones.

3.5.8. Análisis estadístico

- Caracterización fisicoquímica, fitoquímica y color de la pulpa

Se utilizó la estadística descriptiva para expresar los valores obtenidos de los análisis realizados como promedio \pm 5% de desviación estándar (CALZADA, 1976).

- Propiedades fisicoquímicas, fitoquímicos, isothermas de adsorción y color del producto liofilizado

El efecto de los tratamientos se descompone en efecto del factor A, efecto del factor B y efecto de la intersección entre los dos factores. Se utilizó el DCA, con arreglo factorial de 3 x 3 con tres repeticiones, aplicando la prueba de Tukey para los niveles de significancia estadística, cuyo modelo fue:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$$

$$I = 1, \dots, p;$$

$$J = 1, \dots, q$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta en la j-enésima repetición del i-enésimo tratamiento

μ = Media general

A_i = Efecto de los aditivos para la conservación de la capacidad antioxidante, polifenoles totales, vitamina C y carotenos totales.

B_j = efecto de la temperatura de la muestra del j-enésimo nivel del factor B.

AB_{ij} = efecto de la interacción en el i-enésimo nivel del factor A, j-enésimo nivel del factor B

E_{ij} = efecto del error experimental

Factor A = Encapsulantes (sólidos solubles) A1 = Maltodextrina; A2 = Goma arábiga

Factor B = Temperatura B1 = -15°C; B2 = -30°C; B3 = -45°C

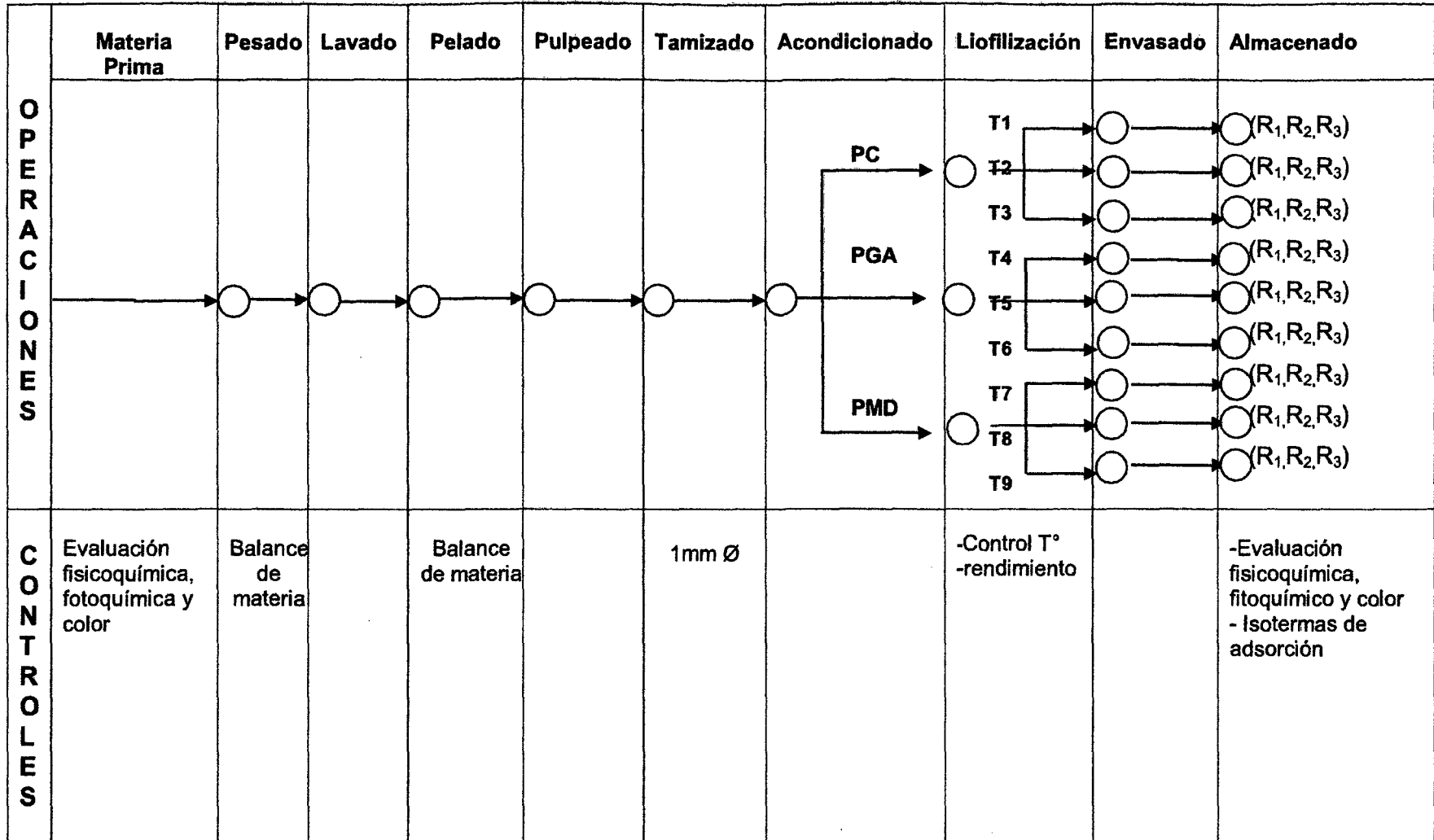


Figura 6. Diseño experimental del trabajo de investigación

De la Figura 6, se tiene:

PC: cocona

PGA: cocona + goma arábica

PMD: cocona + maltodextrina

Los tratamientos realizados en la investigación fueron:

T1: pulpa sin encapsulantes liofilizado a - 15 °C

T2: pulpa sin encapsulantes liofilizado a - 30 °C

T3: pulpa sin encapsulantes liofilizado a - 45°C

T4: pulpa con encapsulante goma arábica liofilizado a - 15 °C

T5: pulpa con encapsulante goma arábica liofilizado a - 30°C

T6: pulpa con encapsulante goma arábica liofilizado a - 45°C

T7: pulpa con encapsulante maltodextrina liofilizado a - 15°C

T8: pulpa con encapsulante maltodextrina liofilizado a - 30°C

T9: pulpa con encapsulante maltodextrina liofilizado a - 45°C

Las repeticiones realizadas en la investigación fueron:

R₁: repetición 1

R₂: repetición 2

R₃: repetición 3

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características de la pulpa de cocona

4.1.1. Composición fisicoquímica

Los resultados de la evaluación fisicoquímica del fruto cocona se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Características fisicoquímicas de la pulpa de cocona

Componentes	Contenido
Humedad	90,3 ± 0,32%
Sólidos solubles	6,23 ± 0,05 °Brix
Proteína	0,8±0,01%
Grasa	0,8± 0,08%
pH	3,83± 0,15
Acidez titulable	1,37± 0,04 g ácido cítrico/100 g

Todos los datos son el promedio (n=3) ± desviación estándar

El valor obtenido de humedad para el mismo ecotipo fue inferior a lo reportado por CABRERA (2008) 92,66 ±0,32%, esto puede deberse a la presencia de calcio en los tejidos de las plantas y frutos que aumentan la retención de agua como lo menciona ZAVALETA (1992), sin embargo los valores obtenidos de sólidos solubles (°Brix), proteína, pH y acidez titulable, varían ligeramente para

el mismo ecotipo, reportado por CABRERA (2008): sólidos solubles: $6,47 \pm 0,08$ °Bx, proteína: $0,66 \pm 0,01\%$, grasa: $0,85 \pm 0,02\%$, pH: $3,29 \pm 0,15$ y acidez titulable: $1,22 \pm 0,02$ g ácido cítrico/100 g; éstas variaciones están influenciadas por el estado de madurez de los frutos, así como también el tipo de suelo en la zona de producción.

4.1.2. Fitoquímicos de la pulpa de cocona

Los resultados de la evaluación de los fitoquímicos del fruto cocona del ecotipo T-2 se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Composición de los fitoquímicos de la pulpa de cocona.

Componentes	Contenido
Polifenoles Totales	$150 \pm 0,01$ mg Ac. Gálico / 100 g
Vitamina C	$5,20 \pm 0,02$ mg ácido ascórbico / 100 g
Carotenos totales	$0,28 \pm 0,01$ mg carotenos/100 g

Todos los datos son el promedio (n=3) \pm desviación estándar

El valor obtenido de polifenoles totales ($150 \pm 0,01$ mg Ac. Gálico/100 g de muestra fresca) es superior a lo reportado por LIZCANO *et al.*, (2010) quien indica 96 mg Ac. Gálico/100 g de muestra; la diferencia podría ser atribuida a los métodos de extracción utilizados. Los mismos autores señalan que la extracción de los compuestos fenólicos fue realizado en agua caliente.

El contenido de vitamina C de cocona ecotipo T-2 ($5,20 \pm 0,02$ mg ácido ascórbico/100 g) resultó ligeramente inferior a la reportado por HUAYANAY (2000) quién indica para el mismo ecotipo vitamina C 5,36 mg ácido

ascórbico/100 g, posiblemente influenció las condiciones edafológicas de producción.

En cuanto al contenido de carotenos de cocona ecotipo T-2 presentó $0,28 \pm 0,01$ mg caroteno/100g siendo superior a lo reportado por CARBAJAL y BALCAZAR (2006) $0,18$ mg carotenos/100 g; esto debido posiblemente al tipo de solvente utilizado para la extracción así como el ecotipo.

4.1.3. Parámetros de color de la pulpa de cocona

Los resultados de la evaluación de los parámetros del color del fruto cocona del ecotipo T-2 se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Parámetros de color de la pulpa de cocona del ecotipo T-2.

Parámetros	Contenido
a*	$-3,59 \pm 0,06$
b*	$36,99 \pm 1,38$
L*	$72,77 \pm 1,55$
H*	$95,55 \pm 0,31$
C*	$15,71 \pm 0,34$

Todos los datos son el promedio (n=3) \pm desviación estándar

Según datos de los parámetros de color de pulpa de cocona fueron: $a^*-3,59 \pm 0,06$; $b^*36,99 \pm 1,38$; $L^*72,77 \pm 1,55$; $H^*95,55 \pm 0,31$ y $C^*15,71 \pm 0,34$ expresando estos valores un tono de color amarillo naranja tal como menciona CARBAJAL y BALCAZAR (2006) debido a la presencia de los carotenoides.

4.2. De la evaluación del color del producto liofilizado

4.2.1. Parámetros de color

Los resultados de la evaluación del color se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Parámetros de color CIELAB del producto liofilizado

Tratamiento	a*	b*	L*	H*	C*
T1	-0,88±0,01	29,35±0,17	75,90±0,59	91,71±0,03	14,51±0,04
T2	-0,48±0,06	33,55±0,05	73,29±0,04	90,83±0,10	15,63±0,01
T3	-0,39±0,01	31,64±0,08	77,83±0,16	90,70±0,02	15,20±0,02
T4	-1,48±0,07	26,67±0,59	79,32±0,94	93,18±0,14	13,64±0,16
T5	-1,60±0,03	26,70±0,09	82,37±0,38	93,42±0,07	13,62±0,03
T6	-1,96±0,01	27,14±0,17	84,55±0,44	94,13±0,02	13,64±0,04
T7	-2,94±0,01	30,56±0,11	83,79±0,02	95,49±0,00	14,29±0,03
T8	-2,75±0,04	29,55±0,05	75,39±0,27	95,31±0,08	14,07±0,02
T9	-2,58±0,27	30,73±0,17	83,53±0,23	94,80±0,51	14,42±0,10

Todos los datos son el promedio (n=3) ± desviación estándar

De los resultados de la evaluación del color en la muestra liofilizada a - 15 °C con encapsulante maltodextrina (T7), el parámetro a* presentó un valor de - 2,94±0,01; cercano al de la pulpa (- 3,59 ± 0,06) correspondiente al componente verde; tal como menciona CEBALLOS (2008), el parámetro a* mide el componente rojo en el eje positivo, gris cuando es 0 y verde en el eje negativo.

En la muestra liofilizada a - 30 °C sin encapsulante (T2), el parámetro b* presentó un valor de 33,55±0,05, cercano al de pulpa (36,99±1,38) que corresponde a mayor coloración amarillenta tal como menciona CEBALLOS

(2008), el parámetro b^* mide el amarillo en el eje positivo, gris cuando es 0 y azul en el eje negativo

En la muestra liofilizada a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ sin encapsulante (T2), el parámetro de luminosidad (L^*) presentó un valor de $73,29\pm 0,04$, cercano al de pulpa ($72,77\pm 1,55$). CEBALLOS (2008) indica que L^* mide la luminosidad que varía de 100 para blanco hasta 0 para negro. BARBOSA-CÁNOVAS *et al.*, (2005) mencionan que los productos liofilizados son luminosos, además CEBALLOS (2008), indica que los tratamientos con encapsulantes tienen alta luminosidad.

En la muestra liofilizada a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ con encapsulante maltodextrina (T7), el parámetro de tono (H^*) presentó un valor de $95,49\pm 0,00$, cercano al de pulpa ($95,55\pm 0,31$); que corresponde al encapsulante maltodextrina tal como menciona MOSQUERA (2010) en su estudio del borojó liofilizado, los solutos como la maltodextrina potencian la claridad y el desarrollo de una tonalidad más amarillenta correspondiente al ángulo Hue que describe CEBALLOS (2008), el color medido se expresó como ángulo Hue. Un ángulo de 0° representa un rojo puro, mientras un ángulo de 180° representa un verde puro. En la muestra liofilizada a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ sin encapsulante (T2), el parámetro C^* presentó un valor de $15,63\pm 0,01$, cercano al de la pulpa ($15,71\pm 0,34$) que corresponden a los parámetros a^* y b^* (CEBALLOS, 2008).

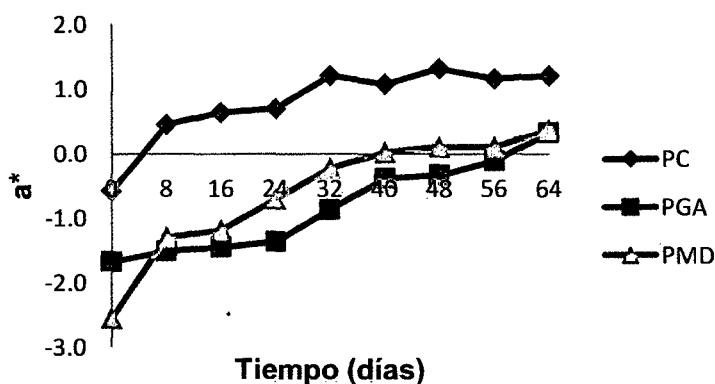
4.2.2. Cinética de los parámetros de color

Los resultados de cinética del color se observan en los Cuadros 7, 8, 9, 10 y 11 y las Figuras 7, 8, 9, 10 y 11.

Cuadro 7. Cinética del parámetro (a*)

Tiempo (días)	PC	PGA	PMD
0	-0,6±0,04	-1,7±0,04	-2,6±0,11
8	0,4±0,03	-1,5±0,02	-1,3±0,07
16	0,6±0,02	-1,5±0,03	-1,2±0,02
24	0,7±0,02	-1,4±0,04	-0,7±0,03
32	1,2±0,01	-0,9±0,05	-0,2±0,05
40	1,1±0,02	-0,4±0,04	0,0±0,06
48	1,3±0,03	-0,3±0,03	0,1±0,05
56	1,2±0,04	-0,1±0,02	0,1±0,03
64	1,2±0,02	0,3±0,03	0,4±0,02

Todos los datos son el promedio (n=3) ± desviación estándar



PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Figura 7. Comportamiento de la cinética del parámetro (a*)

En el ANVA del parámetro a* que se muestra en el Anexo 1, se aprecia que tanto el tiempo de almacenamiento como los tratamientos en sí, poseen influencia altamente significativa, el p-valor para ambos es 0,000; del

mismo modo la interacción tiempo – tratamiento y el orden de reacción presenta las siguientes ecuaciones:

$$a^*_{(PC)} = 0,060 + 0,023 \times \text{Tiempo}$$

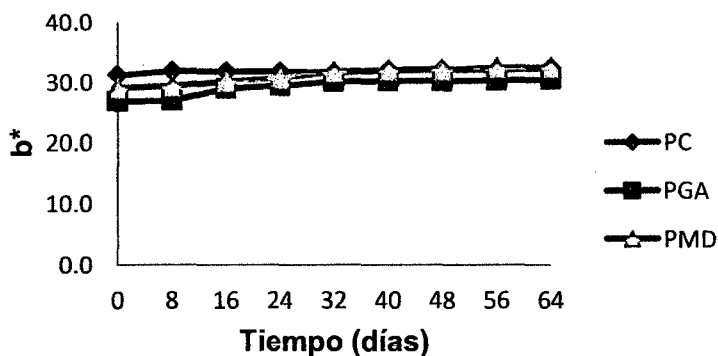
$$a^*_{(PGA)} = -1,848 + 0,032 \times \text{Tiempo}$$

$$a^*_{(PMD)} = -1,873 + 0,039 \times \text{Tiempo}$$

Cuadro 8. Cinética del parámetro b^*

Tiempo (días)	PC	PGA	PMD
0	31,2±0,1	26,8±0,25	29,1±0,1
8	31,9±0,03	26,9±0,04	29,4±0,01
16	31,8±0,01	29,0±0,03	30,1±0,05
24	31,8±0,02	29,4±0,02	30,8±0,08
32	31,6±0,03	30,1±0,01	31,7±0,04
40	32,0±0,02	30,2±0,03	32,1±0,01
48	32,2±0,02	30,2±0,02	32,0±0,02
56	32,0±0,05	30,3±0,05	32,5±0,04
64	32,4±0,06	30,5±0,04	32,5±0,05

Todos los datos son el promedio (n=3) ± desviación estándar



PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Figura 8. Comportamiento de la cinética del parámetro (b^*)

En el ANVA del parámetro b^* que se muestra en el Anexo 2, se aprecia que tanto el tiempo de almacenamiento como los tratamientos en sí, poseen influencia altamente significativa en el valor del parámetro b^* , el p – valor para ambos es 0,000; del mismo modo para la interacción tiempo – tratamiento. Igualmente en el Anexo, se observa las medias de los tratamientos poseen diferencias entre si, por lo que cada tratamiento influye de manera específica en el valor del parámetro b^* ; manteniéndose constante durante el almacenamiento y el orden de reacción presenta las siguientes ecuaciones:

$$b^*_{(PC)} = 31,45 + 0.013x \text{ Tiempo}$$

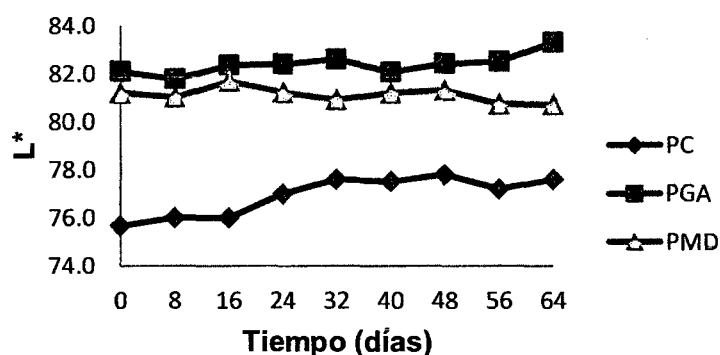
$$b^*_{(PGA)} = 27,41 + 0.058x \text{ Tiempo}$$

$$b^*_{(PMD)} = 29,25 + 0.058x \text{ Tiempo}$$

Cuadro 9. Cinética del parámetro (L^*)

Tiempo (días)	PC	PGA	PMD
0	75,7±0,23	82,1±0,60	81,2±0,25
8	76,0±0,27	81,8±0,25	81,0±0,22
16	76,0±0,25	82,3±0,32	81,7±0,23
24	77,0±0,23	82,4±0,26	81,2±0,18
32	77,6±0,17	82,6±0,24	80,9±0,20
40	77,5±0,19	82,1±0,19	81,2±0,16
48	77,8±0,20	82,4±0,17	81,3±0,18
56	77,2±0,21	82,5±0,15	80,7±0,19
64	77,6±0,22	83,3±0,12	80,7±0,21

Todos los datos son el promedio ($n=3$) ± desviación estándar



PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Figura 9. Comportamiento de la cinética del parámetro (L*)

En el ANVA del parámetro L* que se muestra en el Anexo 3, se aprecia que tanto el tiempo de almacenamiento como los tratamientos en sí, poseen influencia altamente significativa en el parámetro de color L*, el p-valor para ambos es 0,000; del mismo modo para la interacción tiempo – tratamiento; tal como describen SAPERS y DOUGLAS (1987), el producto se decolora por la influencia de la temperatura y el tiempo de almacenamiento, el cual se ve reflejado en el deterioro de los carotenos, además esta decoloración se relaciona directamente con el aumento del oscurecimiento no enzimático siendo más acentuado con el transcurso del tiempo. En el mismo Anexo se muestra las medias de los tratamientos los cuales poseen diferencias entre si, cada tratamiento influye de manera específica en el parámetro L* y el orden de reacción presenta las siguientes ecuaciones:

$$L^*_{(PC)} = 1 / (0,013-5E-06x \text{ Tiempo}).$$

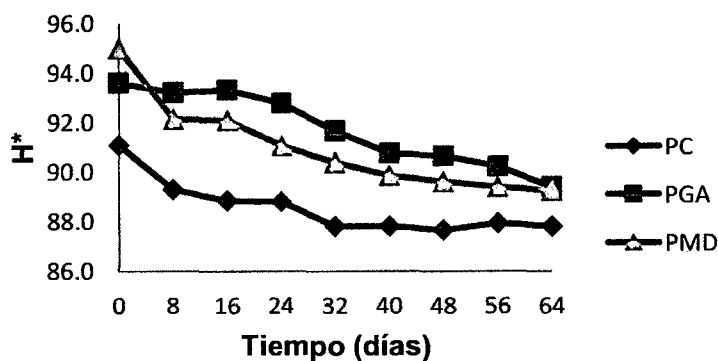
$$L^*_{(PGA)} = 1 / (0,012-2E-06x \text{ Tiempo}).$$

$$L^*_{(PMD)} = 1 / (0,012 + 1E-06x \text{ Tiempo}).$$

Cuadro 10. Cinética del parámetro (H*)

Tiempo (días)	PC	PGA	PMD
0	91,1±0,05	93,6±0,08	95,0±0,2
8	89,3±0,05	93,2±0,05	92,1±0,02
16	88,8±0,01	93,3±0,03	92,1±0,02
24	88,8±0,02	92,8±0,02	91,0±0,01
32	87,8±0,03	91,7±0,03	90,4±0,02
40	87,8±0,01	90,7±0,03	89,9±0,03
48	87,6±0,02	90,6±0,04	89,6±0,04
56	87,9±0,04	90,2±0,02	89,4±0,03
64	87,8±0,03	89,4±0,03	89,2±0,02

Todos los datos son el promedio (n=3) ± desviación estándar



PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Figura 10. Comportamiento de la cinética del parámetro (H*)

En el ANVA del parámetro H* del ángulo de tono que se muestra en el Anexo 4, tanto el tiempo de almacenamiento como los tratamientos en sí, poseen influencia altamente significativa en el valor del parámetro H*, el p-valor

para ambos es 0,000; del mismo modo para la interacción tiempo – tratamiento. En el mismo Anexo, las medias de los tratamientos poseen diferencias entre sí, cada tratamiento influye de manera específica en el valor del parámetro H^* y el orden de reacción presenta las siguientes ecuaciones:

$$H^*_{(PC)} = 1 / (0,011 - 5E-06 \times \text{Tiempo})$$

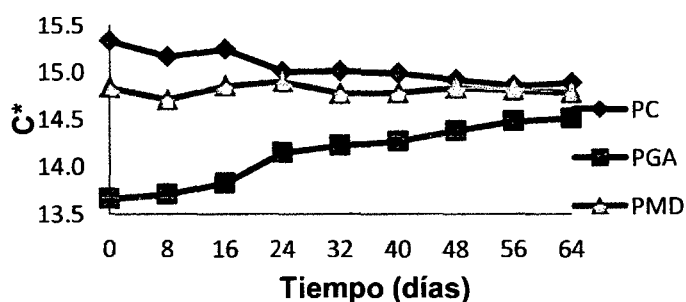
$$H^*_{(PGA)} = 1 / (0,010 - 8E-06 \times \text{Tiempo})$$

$$H^*_{(PMD)} = 1 / (0,010 + 9E-06 \times \text{Tiempo})$$

Cuadro 11. Cinética del parámetro (C^*).

Tiempo (días)	PC	PGA	PMD
0	15,3±0,02	13,7±0,07	14,8±0,05
8	15,2±0,01	13,7±0,05	14,7±0,05
16	15,2±0,02	13,8±0,03	14,9±0,06
24	15,0±0,03	14,1±0,05	14,9±0,05
32	15,0±0,05	14,2±0,02	14,8±0,04
40	15,0±0,05	14,3±0,02	14,8±0,03
48	14,9±0,04	14,4±0,01	14,8±0,05
56	14,9±0,05	14,5±0,02	14,8±0,02
64	14,9±0,02	14,5±0,03	14,8±0,04

Todos los datos son el promedio ($n=3$) ± desviación estándar



PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina
Figura 11. Comportamiento de la cinética del parámetro (C^*)

En el ANVA del parámetro C^* cromaticidad que se muestra en el Anexo 5 se aprecia que tanto el tiempo de almacenamiento como los tratamientos en sí, poseen influencia altamente significativa en el valor del parámetro C^* , el p-valor es 0,000; del mismo modo para la interacción tiempo – tratamiento. En el mismo Anexo, las medias de los tratamientos poseen diferencias entre si, cada tratamiento influye de manera específica en el valor del parámetro C^* ; viéndose un descenso durante el almacenamiento y el orden de reacción presenta las siguientes ecuaciones:

$$C^*_{(PC)} = 1 / (0,013 - 0,065 - 3E-05 \times \text{Tiempo}).$$

$$C^*_{(PGA)} = 13,66 - 0,014 \times \text{Tiempo}$$

$$C^*_{(PMD)} = 14,81 - 0,000 \times \text{Tiempo}$$

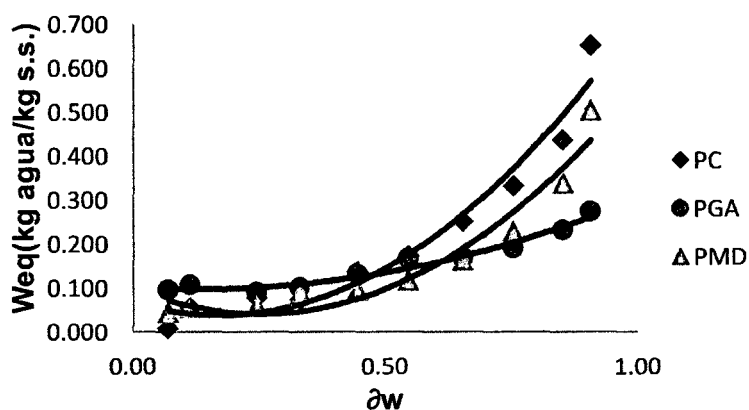
De los análisis realizados, se concluye que es importante usar encapsulantes para mantener la estabilidad en los parámetros de color tal como menciona ESCALONA (2004), en los pigmentos de luteína-enocianina encapsulados con aislado proteico de soja (APS) a crema de leche, presentaron alta estabilidad manteniendo los parámetros de color durante 30 días a 5°C:

4.3. Isotermas de adsorción

Los resultados del equilibrio de agua del producto liofilizado se presentan en el Cuadro 12 y Figura 12

Cuadro 12. Datos experimentales del equilibrio de agua en polvo de cocona

∂w	PC X_{eq}	PGA X_{eq}	PMD X_{eq}
0,07	0,0079	0,097	0,046
0,11	0,0548	0,107	0,055
0,25	0,0785	0,090	0,059
0,33	0,0742	0,101	0,087
0,45	0,1377	0,132	0,095
0,55	0,1724	0,168	0,118
0,66	0,2517	0,168	0,164
0,75	0,3327	0,191	0,229
0,85	0,4374	0,232	0,339
0,91	0,6536	0,274	0,505



PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Figura 12. Comportamiento de los datos experimentales del equilibrio de agua en polvo de cocona

4.3.1. Ajuste a los modelos de las isotermas de adsorción

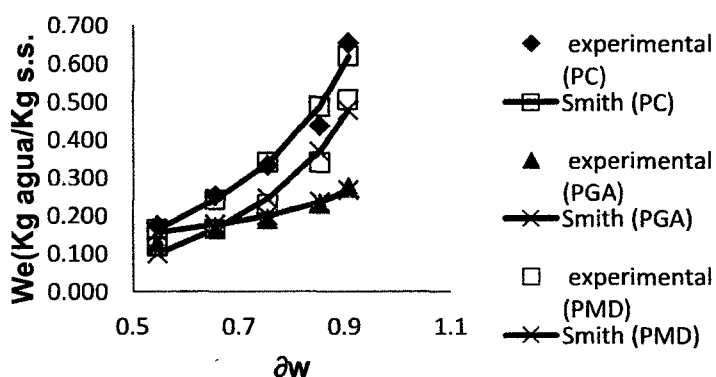
Los resultados del ajuste de los modelos de isotermas de adsorción del producto se presentan en los Cuadros 13, 14, 15 y 16 y Figuras 13 y 14.

Cuadro 13. Parámetros estimados para el modelo de Smith

Constantes	PC	PGA	PMD
A	-0,0645	0,1	-0,0907
B	0,2874	0,0705	0,2395
R ²	0,972	0,9627	0,977
ERM %	5,586	7,196	7,495

Cuadro 14. Isotermas de adsorción ajustada al modelo de Smith

∂w	PC	PGA	PMD
0,55	0,163	0,156	0,099
0,66	0,241	0,175	0,164
0,75	0,339	0,199	0,245
0,85	0,487	0,235	0,368
0,91	0,618	0,267	0,478



PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

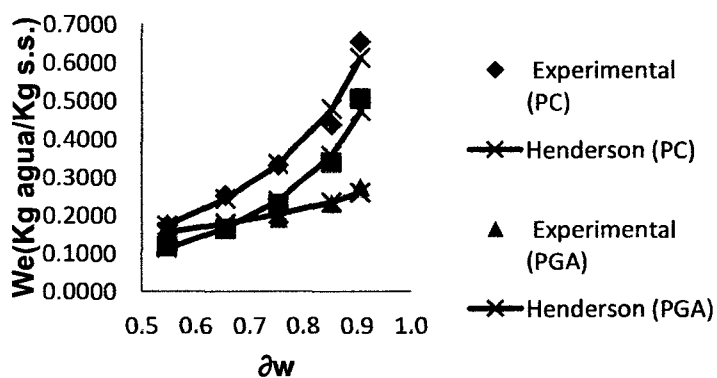
Figura 13. Comportamiento de las isotermas de adsorción modelo de Smith

Cuadro 15. Parámetros estimados para el modelo de Henderson

Constantes	PC	PGA	PMD
A	4,4145	5,771	6,525
B	0,8702	2,1537	0,840
R ²	0,9869	0,9105	0,992
ERM %	4,0102	5,312	4,287

Cuadro 16. Isotermas de adsorción ajustada al modelo de Henderson

∂w	PC	PGA	PMD
0,5	0,173	0,155	0,1131
0,7	0,243	0,178	0,1662
0,8	0,334	0,203	0,238
0,9	0,479	0,234	0,3576
0,907	0,612	0,259	0,4725



PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Figura 14. Comportamiento de las isotermas de adsorción modelo de Henderson

La calidad de ajuste del modelo propuesto que se encontró en la pulpa de cocona ecotipo T-2, liofilizada con encapsulante, se aplicó según COLOME (2008) por medio del coeficiente de correlación de regresión (R^2), el que debe ser superior a 0,85 y el error relativo medio (ERM) debe ser menor que 10% para conseguir un buen modelado de los datos experimentales a la que se ajustaron los modelos de Smith y Henderson teniendo en consideración el rango de actividad de agua de 0,5 a 0,95 para ambas isothermas.

Se encuentran diferencias entre los valores de los parámetros correspondientes a cada modelo, indicando dependencia de los parámetros, aunque no se estableció una tendencia definida. Las isothermas obtenidas para todas las muestras presentaron un comportamiento de curvas de tipo II, forma sigmoidea (ZUG, 2002).

Las isothermas de adsorción para el polvo de cocona del ecotipo T-2 ajustado para los modelos de Smith y Henderson presentaron % ERM fueron más bajos que 10 %, lo que indica una buena aproximación al modelo, pudiéndose concluir que éstos se ajustan mejor a los datos experimentales de polvo de cocona con y sin encapsulante.

La adición de encapsulante afectó las isothermas de tal manera que en la misma actividad de agua, las muestras PGA y PMD presentaron menor contenido de humedad de equilibrio tal como menciona GABAS *et al.* (2007) que la goma arábica así como la maltodextrina se han añadido a pulpa de frutas para obtener polvos más estables que los polvos de fruta sin solutos, llevando al valor

más bajo de actividad de agua en los productos secos además su contenido de humedad fue de 3 a 5 %.

Según el Anexo 6, el DCA con arreglo factorial, presentó diferencia estadística significativa, el p-valor es 0,000. En el mismo Anexo la comparación de medias para humedad de equilibrio los tratamientos, a nivel 95% de Tukey, resultó mayor para el tratamiento con encapsulante maltodextrina.

4.4. Compuestos fitoquímicos del producto liofilizado

4.4.1. Capacidad antioxidante

Los resultados de la capacidad antioxidante del producto liofilizado se presentan en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Capacidad antioxidante del producto liofilizado

Tratamiento	Equivalente Trolox (mM)/Kg muestra
T1	5596,36 ± 35,15
T2	5473,63 ± 46,02
T3	5749,63 ± 46,02
T4	5327,89 ± 26,57
T5	5151,46 ± 23,01
T6	5021,06 ± 35,15
T7	4522,47 ± 35,15
T8	4476,44 ± 70,30
T9	4338,37 ± 35,15

Todos los datos son el promedio (n=3) ± desviación estándar

En el ANVA de la capacidad antioxidante del Anexo 7 el p-valor es igual a 0,000; existiendo influencia altamente significativa, por lo tanto se procedió a realizar la comparación múltiple entre los tratamientos para determinar si las temperaturas de liofilizado también influenciaban en el contenido. Evaluando estadísticamente la comparación de medias que se muestra en el mismo Anexo, a - 45°C hay mayor capacidad antioxidante, que en las otras dos temperaturas; además el test nos muestra que da lo mismo usar cualquier temperatura para mantener la capacidad antioxidante; se decidió tomar como base a - 45°C, para someterse a evaluación del orden de reacción que presenta los antioxidantes durante su almacenamiento a temperatura ambiente.

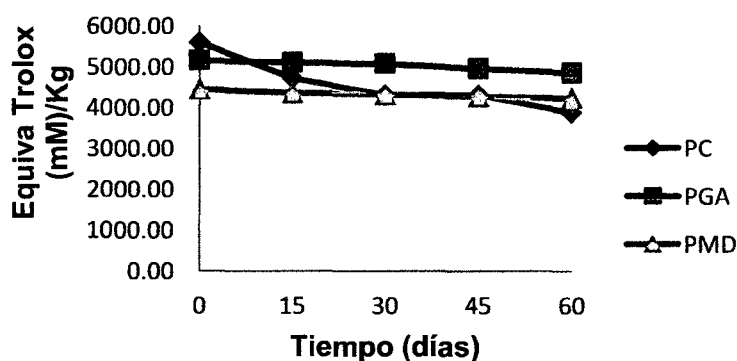
- Cinética de la capacidad antioxidante

Los resultados de la cinética de la capacidad antioxidante se presentan en el Cuadro 18 y la Figura 15.

Cuadro 18. Cinética de la capacidad antioxidante

Tiempo (días)	PC	PGA	PMD
	Equivalente Trolox (mM)/Kg muestra		
0	5596,36±42,39	5159,13±28,2	4445,76±46,85
15	4721,90±35,66	5105,44±29,56	4361,38±46,56
30	4304,81±32,45	5070,68±30,89	4326,21±43,28
45	4304,81±31,52	4954,00±36,07	4265,95±41,55
60	3874,30±32,88	4853,92±34,64	4227,21±41,23

Todos los datos son el promedio (n=3) ± desviación estándar



PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Figura 15. Comportamiento de cinética de la capacidad antioxidante.

En el ANVA de cinética de la capacidad antioxidante del Anexo 7, tanto el tiempo de almacenamiento como los tratamientos en sí, poseen influencia altamente significativa, el p-valor es 0,000; del mismo modo para la interacción tiempo – tratamiento. Asimismo se aprecia que las medias de los tratamientos poseen diferencias entre si, cada tratamiento influye de manera específica, observándose que la cocona sin encapsulante tuvo mayor contenido de equivalente trolox (mM)/kg de muestra en el día cero, luego descendió ligeramente durante los primeros 45 días, a partir de este punto comenzó a descender bruscamente la retención de la capacidad antioxidante (69,22 %). El PGA tuvo mayor capacidad antioxidante durante los 60 días de almacenamiento, resultando mejor cuantitativamente como tratamiento, mientras que el PMD durante los 60 días de almacenamiento presentó un mayor porcentaje de retención 95,08 % frente a 94,08% de PGA, por consiguiente si se trata de conservar la capacidad antioxidante durante tiempo prolongado es recomendable

usar encapsulante, en este caso el que mayor retuvo es la maltodextrina tal como menciona SHAHIDI, (1993), que la maltodextrina es uno de los aditivos más utilizados porque tiene bajo costo, presenta baja higroscopicidad, evita la aglomeración de partículas y posee un efecto antioxidante de retención de volátiles en relación de 65 a 95%. El orden de reacción de la capacidad antioxidante presenta las siguientes ecuaciones:

$$\text{Capacidad antioxidante}_{(PC)} = 1 / (0,000 + 1E^{-06} \times \text{Tiempo})$$

$$\text{Capacidad antioxidante}_{(PGA)} = 5,181 - 5,079 \times \text{Tiempo}$$

$$\text{Capacidad antioxidante}_{(PMD)} = 1 / (0,000 - 2E^{-07} \times \text{Tiempo})$$

4.4.2. Polifenoles totales

El contenido de polifenoles totales del producto liofilizado se muestra en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Contenido de polifenoles totales del producto liofilizado

Tratamiento	Mg equiv.AG/100 g de muestra
T1	516,86 ± 0,93
T2	516,18 ± 0,41
T3	517,48 ± 1,5
T4	315,59 ± 1,01
T5	308,94 ± 2,17
T6	320,03 ± 1,72
T7	349,22 ± 0,09
T8	350,79 ± 1,81
T9	354,79 ± 1,85

Todos los datos son el promedio (n=3) ± desviación estándar

En el ANVA del contenido de polifenoles totales del Anexo 8, el p-valor es igual a 0,000; estos resultados indican que existe una influencia altamente significativa de los tratamientos, por lo tanto se procedió a realizar la comparación múltiple entre los tratamientos para determinar si las temperaturas de liofilizado también influenciaban en el contenido. Evaluando estadísticamente la comparación de medias que se muestra en el mismo Anexo, a - 45°C hay mayor presencia de polifenoles totales, que en las otras dos temperaturas; además el test nos muestra que da lo mismo usar cualquier temperatura para mantener el contenido; se decidió tomar como base - 45°C para someterse a evaluación del orden de reacción que presenta los polifenoles totales durante el almacenamiento a temperatura ambiente.

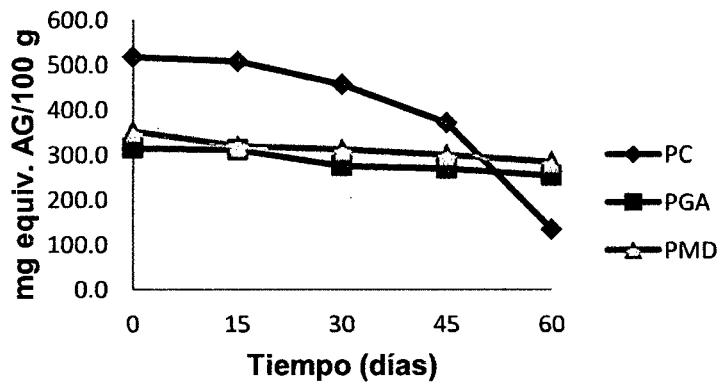
- Cinética de polifenoles totales

Los resultados de la cinética de los polifenoles totales del producto liofilizado se presentan en el Cuadro 20 y la Figura 16.

Cuadro 20. Cinética de polifenoles totales.

Tiempo (días)	PC	PGA	PMD
	mg equiv.AG/100 g de muestra		
0	516,8±0,9	314,8±1,63	351,6±1,25
15	507,5±1,25	311,1±1,35	319,1±1,65
30	456,6±0,98	275,0±0,88	311,4±0,98
45	371,5±0,36	269,2±0,32	300,0±0,46
60	134,3±0,25	254,1±0,34	284,7±0,27

Todos los datos son el promedio (n=3) ± desviación estándar



PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Figura 16. Comportamiento de la cinética de polifenoles totales.

En el ANVA de la cinética de polifenoles totales presentado en el Anexo 8 se aprecia que tanto el tiempo de almacenamiento como los tratamientos en sí, poseen influencia altamente significativa en el contenido de polifenoles totales, p -valor para ambos es 0,000; del mismo modo para la interacción de tiempo – tratamiento. En el mismo Anexo, se aprecia que las medias de los tratamientos poseen diferencias entre sí, cada tratamiento influye de manera específica, observándose que la pulpa de cocona sin encapsulante tuvo mayor contenido mg equivalente de AG/100 g de muestra en el día cero, descendió ligeramente durante los primeros 45 días; a partir de este punto comenzó a descender bruscamente representando un 25,93 % de retención de polifenoles. PGA y PMD tuvieron mayores contenidos de polifenoles totales durante los 60 días de almacenamiento, resultando ser mejores cuantitativamente y en mayores porcentajes de retención 80,71 y 80,96 % respectivamente; tal como mencionan BHANDARI *et al.* (1999), la goma arábica y la maltodextrina son largamente

usadas para la encapsulación de aromas y recientemente para mayor retención de polifenoles durante el almacenamiento. El orden de reacción para polifenoles totales presenta las siguientes ecuaciones:

$$\text{Polifenoles totales}_{(PC)} = 577,5 - 6,007 \times \text{Tiempo}$$

$$\text{Polifenoles totales}_{(PGA)} = 1 / (0,003 + 1E-0,5 - 0,076 \times \text{Tiempo}).$$

$$\text{Polifenoles totales}_{(PMD)} = 1 / (0,002 + 1E-0,5 \times \text{Tiempo}).$$

4.4.3. Vitamina C

Los resultados del contenido de la vitamina C del producto liofilizado se presentan en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Vitamina C del producto liofilizado

Tratamiento	mg vit C/ 100 g
T1	58,80 ± 0,04
T2	58,84 ± 0,05
T3	59,10 ± 0,37
T4	38,99 ± 0,56
T5	37,66 ± 0,04
T6	37,45 ± 0,04
T7	38,83 ± 0,05
T8	38,82 ± 0,09
T9	38,89 ± 0,01

Todos los datos son el promedio (n=3) ± desviación estándar

En el ANVA del contenido de vitamina C presentado en el Anexo 9 el p-valor es igual a 0,000; lo que indica que existe influencia altamente significativa; se procedió a realizar la comparación múltiple entre los tratamientos para

determinar si las temperaturas de liofilizado influenciaban en el contenido. Evaluando estadísticamente la comparación de medias que se muestra en el mismo Anexo, a - 45°C hay mayor presencia de vitamina C, que en las otras dos temperaturas; además el test muestra que da lo mismo usar cualquiera de las temperaturas para mantener el contenido de vitamina C, se decidió a tomar como base - 45°C para someterse a evaluación del orden de reacción de la vitamina durante el almacenamiento a temperatura ambiente.

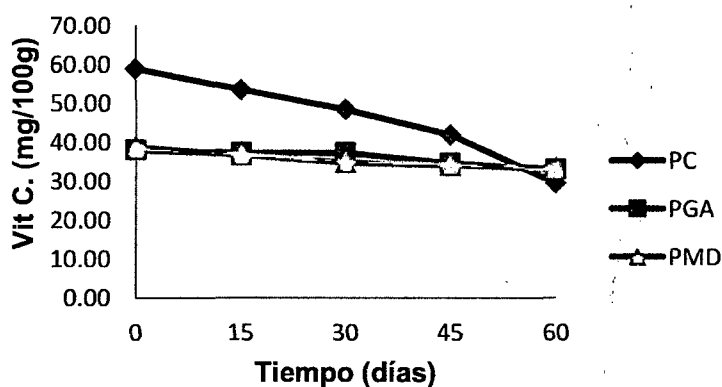
- Cinética de vitamina C

Los resultados de la cinética de la vitamina C del producto liofilizado se presentan en el Cuadro 22 y la Figura 17.

Cuadro 22. Cinética de vitamina C

Tiempo (días)	PC	PGA	PMD
	mg vit C/ 100 g		
0	58,90±0,15	38,00±0,21	38,80±0,05
15	53,44±0,04	37,28±0,08	36,70±0,07
30	48,46±0,19	37,25±0,02	34,81±0,16
45	41,91±0,04	34,70±0,05	34,14±0,15
60	29,59±0,09	33,03±0,10	33,48±0,09

Todos los datos son el promedio (n=3) ± desviación estándar



PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Figura 17. Comportamiento de la cinética de vitamina C

En el ANVA de la cinética de vitamina C del Anexo 9 se aprecia que tanto el tiempo de almacenamiento como los tratamientos en sí, poseen influencia altamente significativa, el p-valor para ambos es 0,000; del mismo modo para la interacción tiempo – tratamiento. En el mismo Anexo, las medias de los tratamientos poseen diferencias entre sí, cada tratamiento influye de una manera específica, observándose que la pulpa de cocona sin encapsulante tuvo mayor contenido de vitamina en el día cero, luego descendió ligeramente durante los primeros 45 días, a partir de este punto comenzó a descender bruscamente, representando un 50,23 % de vitamina C. PGA y el PMD tuvieron mayores contenidos de vitamina C durante los 60 días de almacenamiento resultando mejores cuantitativamente y en mayores porcentajes de retención 86,92 y 86,27 % respectivamente; tal como mencionan KIRBY *et al.* (1991) en su estudio de estabilización de ácido ascórbico microencapsulado con maltodextrina y goma arábica evaluado en las mismas condiciones óptimas tuvieron casi idéntico

resultado. RIGUETTO (2004) realizó un estudio de estabilidad de jugo de acerola verde encapsulado con goma arábica y maltodextrina por liofilización, donde los productos encapsulados presentaron una retención de 65 a 90% de vitamina C. En el mismo Anexo el orden de reacción presenta las siguientes ecuaciones:

$$\text{Vitamina C}_{(PC)} = 60,61 - 0,470x \text{ Tiempo}$$

$$\text{Vitamina C}_{(PGA)} = 38,24 - 0,076x \text{ Tiempo}$$

$$\text{Vitamina C}_{(PMD)} = 1 / (0,026 - 7E-5x \text{ Tiempo})$$

4.4.4. Carotenos totales

Los resultados del contenido de carotenos del producto liofilizado se presentan en el Cuadro 23.

Cuadro 23. Carotenos totales del producto liofilizado.

Tratamiento	mg carotenos/ 100 g muestra
T1	1,70 ± 0,02
T2	1,57 ± 0,02
T3	1,68 ± 0,04
T4	0,91 ± 0,02
T5	0,95 ± 0,02
T6	1,05 ± 0,04
T7	0,93 ± 0,06
T8	1,04 ± 0,07
T9	0,89 ± 0,02

Todos los datos son el promedio (n=3) ± desviación estándar

En el ANVA del contenido de carotenos totales del Anexo 10 el p-valor es igual a 0,000; indicando que existe influencia altamente significativa en el

contenido de carotenos de los tratamientos. Evaluando estadísticamente la comparación de medias que se muestra en el mismo anexo, a -45°C hay mayor presencia de carotenos, que en las otras dos temperaturas; además el test muestra que da lo mismo usar cualquiera de las temperaturas para mantener el contenido de carotenos; se decidió a tomar como base -45°C para someterse a evaluación del orden de reacción que presenta los carotenos durante su almacenamiento a temperatura ambiente.

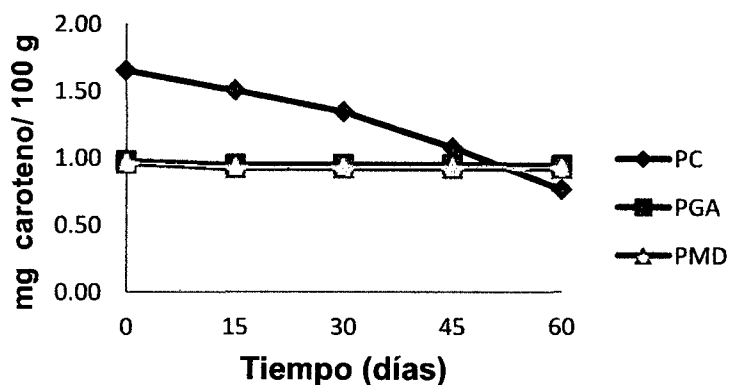
- Cinética de los carotenos totales

Los resultados de la cinética del producto liofilizado se presentan en el Cuadro 24 y la Figura 18.

Cuadro 24. Cinética de los carotenos totales

Tiempo (días)	PC	PGA	PMD
	mg carotenos/ 100 g muestra		
0	1,65±0,03	0,973±0,03	0,961±0,05
15	1,51±0,04	0,949±0,05	0,925±0,03
30	1,34±0,02	0,949±0,04	0,925±0,05
45	1,08±0,04	0,947±0,01	0,925±0,04
60	0,76±0,03	0,945±0,02	0,923±0,06

Todos los datos son el promedio (n=3) ± desviación estándar



PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Figura 18. Comportamiento de la cinética de carotenos totales

El ANVA de la cinética de carotenos se observa en el Anexo 10, tanto el tiempo de almacenamiento como los tratamientos en sí, poseen una influencia altamente significativa, el p-valor para ambos es 0,000; del mismo modo para la interacción tiempo – tratamiento. En el mismo Anexo, las medias de los tratamientos poseen diferencias, cada tratamiento influye de manera específica en el contenido de carotenos observándose que la pulpa de cocona sin encapsulante tuvo mayor contenido de caroteno/100 g de muestra, en el día cero (después de liofilizado), luego descendió bruscamente representando un 46,14 % de retención de carotenos. PGA y PMD tuvieron mayor contenido de carotenos a los 60 días de almacenamiento, con porcentajes de retención de 97,11 y 96,5 % respectivamente superiores a lo reportado por DESOBRY *et al.* (1999), quien demostró en su trabajo de encapsulación de carotenos, que la aplicación de esta técnica aumenta la estabilidad de los carotenos y también encontró que hay mayor estabilidad de carotenos secados con maltodextrina, con una vida media de seis semanas

almacenado en condiciones aerobias a temperatura ambiente (25 °C), con una pérdida de 50 % de β -caroteno, sin embargo MOSQUERA (2010) menciona que la goma arábica proporciona buena retención de sustancias volátiles como los carotenos y confiere protección efectiva frente a la oxidación. En el mismo Anexo, el orden de reacción para carotenos presenta las siguientes ecuaciones:

$$\text{Carotenos}_{(PC)} = 1,716 - 0,015 \times \text{Tiempo}$$

$$\text{Carotenos}_{(PGA)} = 1 / (0,987 + 0,001 \times \text{Tiempo}).$$

$$\text{Carotenos}_{(PMD)} = 1 / (1,099 - 0,000 \times \text{Tiempo}).$$

4.5. Características fisicoquímicas del polvo de cocona.

Los resultados de la evaluación fisicoquímica del polvo de cocona liofilizado del se presentan en el Cuadro 25.

Cuadro 25. Características fisicoquímicas del polvo de cocona.

Componentes	Contenido
Humedad	5,62± 0,66%
Proteína	6,08±0,02%
Grasa	0,91±0,03%
pH	3,87±0,02
Acidez titulable	11,45±0,024 g ácido cítrico/100 g

Todos los datos son el promedio (n=3) ± desviación estándar

El contenido de humedad fue de 5,62± 0,66%; ligeramente superior a lo mencionado por CEBALLOS (2008), quién indica que la cantidad de humedad en un producto liofilizado debe ser del 1 al 4 %, por lo tanto el producto liofilizado

de cocona sin encapsulante presenta ligera higroscopicidad; sin embargo CUELLAR (2008) menciona que un material liofilizado debe presentar menos de 15 % de humedad, encontrándose en este rango, la cocona liofilizada.

Se encontraron además los siguientes valores: proteína ($6,08 \pm 0,02\%$), grasa ($0,91 \pm 0,03\%$), pH ($3,87 \pm 0,02$) y acidez titulable ($11,45 \pm 0,024$ g ácido cítrico/100 g).

V. CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

- Características fisicoquímicas de la pulpa de cocona ecotipo T-2: humedad ($90,3 \pm 0,32\%$); sólidos solubles, °Brix ($6,23 \pm 0,05$); proteína ($0,8 \pm 0,01\%$); grasa ($0,8 \pm 0,08\%$), pH ($3,83 \pm 0,15$), acidez titulable ($1,37 \pm 0,04$ g ácido cítrico/100 g). Fitoquímicos presentes en la cocona: polifenoles totales ($150 \pm 0,01$ mg Ac. Gálico/100 g), vitamina C ($5,20 \pm 0,02$ mg ácido ascórbico/ 100 g) y carotenos totales ($0,28 \pm 0,01$ mg carotenos/100 g).
Parámetros de color de la pulpa de cocona: $a^* -3,59 \pm 0,06$, $b^* 36,99 \pm 1,38$, $L^* 72,77 \pm 1,55$, $H^* 95,55 \pm 0,31$ y $C^* 15,71 \pm 0,34$.
- Retención de la capacidad antioxidante a los 60 días de almacenamiento: 69,22% en pulpa de cocona liofilizada sin encapsulante (PC), 94,08% en pulpa de cocona liofilizado con encapsulante goma arábiga (PGA) y 95,08% en pulpa de cocona liofilizado con encapsulante maltodextrina (PMD); polifenoles totales: 25,98% (PC), 80,71% (PGA) y 80,96 % (PMD); vitamina C: 50,23 % (PC), 86,92 % (PGA) y 86,27% (PMD) y carotenos totales: 46,14 % (PC), 97,11 % (PGA) y 96,05 % (PMD). Los parámetros de color en pulpa de cocona en polvo con encapsulantes presentaron mayor estabilidad que la muestra sin encapsulante.

- En las isotermas de adsorción de cocona en polvo ajustadas por los modelos de Smith y Henderson, los tratamientos resultaron con bajo contenido de humedad de equilibrio.
- Las características fisicoquímicas de la pulpa de cocona en polvo sin encapsulante liofilizado a $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ fueron: humedad $5,62\pm 0,66\%$; proteína $6,08\pm 0,02\%$; grasa $0,91\pm 0,03\%$; pH $3,87\pm 0,02$ y acidez titulable $11,45\pm 0,024$ g ácido cítrico/100 g.
- El mejor tratamiento fue el liofilizado con encapsulante maltodextrina (ED) 10, porque presentó mayor retención de la capacidad antioxidante, además su costo es menor que la de goma arábica.

VI. RECOMENDACIONES

- Utilizar el producto re hidratando como bebida instantánea.
- Analizar el encapsulamiento de fitoquímicos en otras frutas tropicales de la zona del Alto Huallaga y probar con otros encapsulantes y mezcla de estos en el secado por liofilización para mejorar la estabilidad.
- Realizar la evaluación sensorial de los productos liofilizados.
- Evaluar las isotermas de adsorción a varias temperaturas de almacenamiento para observar la influencia de la temperatura y humedad relativa en el proceso de adsorción del producto.
- Envasar el producto al vacío para impedir la oxidación del producto en polvo.

ABSTRACT

The objectives of the study were: to make the physicochemical analysis, phytochemical and color of peach tomato fruit, T-2 ecotype; to determine the kinetics of vitamin C, carotenoids, polyphenols, antioxidant, color, adsorption isotherm and physicochemical analysis of pulp freeze-dried peach tomato. Fruits were used humidity ($90,3 \pm 0,32\%$), °Bx ($6,23 \pm 0,05$), pH ($3,83 \pm 0,15$), protein ($0,8 \pm 0,01\%$), fat ($0,8 \pm 0,08\%$), titratable acidity ($1,37 \pm 0,04$ g citric acid/100 g), color parameters ($a^* - 3,59 \pm 0,06$, $36,99 \pm 1,38$ b *, $L^* 72,77 \pm 1,55$). Phytochemicals: total polyphenols ($150 \pm 0,01$ mg Ac. Gallic / 100 g), vitamin C ($5,20 \pm 0,02$ mg ascorbic acid/ 100 g), total carotene ($0,28 \pm 0,01$ mg carotene/100 g). The flow of operation for the lyophilisate was: Heavy, washing, peeling, pulping, sieved, conditioning of the pulp of peach tomato with encapsulating arabic gum (PGA) y maltodextrin (PMD), lyophilization, packaging and storage. The evaluation of the results made with complete randomized design (DCA) with factorial arrangement of 3x3. The isotherms were fitted with models of Smith and Henderson. The retention after 60 day of storage was: antioxidant capacity: PC (69,22%), PGA (95,08%) and PMD (95,08%) total polyphenols: PC (25,98%), PGA (80,71%) and PMD (80,96%), vitamin C: PC (50,23%), PGA (86,92%) and PMD (86,27%) and total carotene: PC (46,14%), PGA (97,11%) and PMD (96,05%). The physicochemical characteristics

of powders were peach tomato: humidity (5, 62±0, 66%), protein (6, 08±0, 02%), fat (0, 91±0, 03 %), pH (3, 87±0, 02) and titratable acidity (11, 45±0,024 citric acid/100 g).

Key words: peach tomato, encapsulation, freeze drying, phytochemicals, influence, ecotype

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C.1998. Official methods of analysis of the association the official agricultural chemist. De Board. USA.
- A.O.A.C.2001. Official methods of analysis of the association the official agricultural chemist. De Board. USA.
- BARBOSA-CANOVAS, G., ORTEGA-RIVAS, E., JULIANO, P., and YAN, H. 2005. Food powders: physical properties, processing and functionality. Kluwer Academic/Plenum Publisher New York, N.Y. 372.
- BARBOSA, G.; VEGA, H. 2000. Deshidratación de alimentos. Editorial Acribia, S.a. Zaragoza - España.
- BEMILLER, J; WHISTLER, R. 1996. Carbohydrates. In: FENEMMA, O. R. Editorial Food Chemistry. 3rd Ed. New York: Marcel Dekker. p.157-224.
- BHANDARI, B; D'ARCY, B; PADUKKA, I. 1999. Encapsulation of lemon oil by paste method using β - Cyclodextrin: encapsulation efficiency and profile of oil volatiles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v 47, p. 5194 – 5197.
- BOSS, E.; FILHO, R.; TOLEDO, E. 2004. Freeze drying process: real time model and optimization. *Chemical Engineering and Processing*, v. 43, p. 1475–1485.

- BRITTON, G. 1993. Curso Latinoamericano de carotenoides en alimentos. UNICAMP-CAMPINAS. Brasil.
- CABRERA, A. 2008. Conservación de pulpa de cocona (*Sessilliflorum* Dunal) ecotipos T-2 y AR-1; aplicando métodos combinados. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo maria.134 p.
- CALZADA, J. 1976. Métodos Estadísticos. Lima s.n. Tercera Edición. 640 p.
- CARBAJAL, C.; BALCAZAR, L. 2006. Cultivo de Cocona. IIAP. Programa Biodiversidad. Tingo María – Perú. 54 p.
- CEBALLOS, A. 2008. Estudio comparativo de tres sistemas de secado para la producción de un polvo deshidratado de fruta. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. 111 p.
- CHEN, G.; WANG, W. 2007. Role of Freeze Drying in Nanotechnology. *Drying Technology*, v.25, p.29-35.
- CHIRIFE, J. 1999. Predicción de la actividad de agua en los alimentos. Facultad de ciencias exactas y naturales. Universidad de Buenos Aires-Argentina.
- COLOME, F. 2008. Utilización de las isotermas de adsorción del atomizado de la sachapapa (*Discoreatrifida*) FIA; UNAP – Iquitos, 96 p.
- COULTATE, T. 2004. Alimentos- A Química de Seus Componentes. Porto alegre: Artmed.
- CUELLAR, N. 2008. Ciencia tecnología e industria de los alimentos. Grupo Latina editores. Bogotá – Colombia.103 p.

- DESOBRY, S; NETTO, F Y LABUZA, T. 1999. Influence of Maltodextrin systems at an equivalent 25 DE on encapsulates β - carotene loss during storage. *Journal of food processing and preservation*, V. 23, N°.1, p. 39-55.
- DZIEZAK, J. 1988. Microencapsulation and Encapsulated Ingredients. Food Technology.151 p.
- ESCALONA, S. 2004. Encapsulados de luteína-enocianina y su aplicación en alimentos. Universidad de Chile. Facultad de ciencias químicas y farmacéuticas. 79 p.
- FELLOWS, P. 2007. Tecnología del procesado de los alimentos: Principios y Práctica. 2ª ed. Editorial Acribia. 746 p.
- FENNEMA, O. 2000. Química de los alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza – España.
- FRANCO, M., BARBOSA, H., MORALES, A. 2005. Estudio de la encapsulación de los agentes osmóticos utilizados para la deshidratación osmótica de mora de castilla (*Rubus Glaucus*).Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 24 p.
- GABAS, L.; TELIS, N.; SOBRAL, A.; TELIS-ROMERO, J. 2007. Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. *Journal of Food Engineering*, v. 82, p.246-252.

- GOKMEN, V., SERPEN, A.; FOGLIANO, V. 2009. Direct measurement of the total antioxidant capacity of foods: The 'QUENCHER' approach. *Trends in Food Science and Technology*, 20, p. 278–288.
- GONZÁLES, M.; BETACOURT, R.; ORTIZ, R. 2000. Daño oxidativo y antioxidantes. *Bioquímica*. Universidad autónoma metropolitana- unidad Iztapalapa. México. 25 (1): p. 3-9.
- HUAYANAY, H. 2000. Evaluación de la calidad de 8 ecotipos de cocona (*Solanum topiro* HBK) tesis. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María- Perú. 150 p.
- HUNG, C.; YEN, C. 2002. Antioxidant Activity of Phenolic Compounds Isolated from *Mesona Procumbens* Hemsl. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 50, n. 10, p.2993 -2997.
- JOWITT, R. 1983. Physical properties of foods. New York: Applied Science Publishers. 425 p.
- JUNTAMAY, E. 2010. Evaluación nutricional de la uvilla (*Physalis peruviana* L.) deshidratada, a tres temperaturas mediante un deshidratador de bandejas. Tesis. Escuela politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 116 p.
- KIRBY, J.; WHITTLE, J.; RIGBY, N.; COXON, T.; LAW, A. 1991. Stabilisation of ascorbic acid by microencapsulation in liposomes. *International Journal of Food Science and Technology*, 26 (5): 437-449 p.
- LABOTEC. 2011. Manual de instrucción de operación del liofilizador de mesa modelo 12FD. Sudáfrica.

- LIZCANO, L.; BAKKALI, F.; RUIZ, I. 2010. Antioxidant activity and polyphenol content of aqueous extracts from Colombian Amazonian plants with medicinal use. *Food Chem* 119:p. 1566–1570.
- MARTÍNEZ, A. 2003. Carotenoides. Universidad de Antioquia. Facultad de Química Farmacéutica. Medellín – Colombia. 10 p.
- MARQUES, M. 2009. Influencia de encapsulantes y método de secado en las propiedades físico-químicas y atributos de calidad de pulpa de maracuyá (*pasiflora edulis f. flavicarpa*) en polvo. Tesis de grado. Universidad Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. San José de Rio- Brasil. 205 p.
- MOSQUERA, L. 2010. Influencia de la humedad y de la adición de solutos (maltodextrina y goma arábica) en las propiedades fisicoquímicas de borjón y fresa en polvo. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. España. 247 p.
- OLIVER, J.; PALOU, A. 2000. Chromatographic determination of carotenoids in foods. *Journal of Chromatography*, v.881, n.1-2, p.543-555.
- POLYAKOV, N.; LESHINA, T.; KONOVALOVA, T.; KISPERT, L. 2001. Carotenoides as scavengers of free radicals in fenton reaction: antioxidants or pro oxidants. *J. fre rad. Boil. And med.* 31 (3): p. 398-404.
- RIGUETTO, M. 2004. Caracterización físico-química y estabilidad de jugo de acerola verde microencapsulado por atomización y liofilización. Tesis (Doctorado). Facultad de Ingeniería de Alimentos. Campinas. 178 p.

- SANDOVAL, M.; OKUHAMA, N.; ANGELES, F. 2001. Técnicas de investigación para determinar la actividad antioxidante y anti- inflamatoria de plantas medicinales de la amazonia. 1st international workshop. Iquitos - Perú.
- SAPERS, M.; DOUGLAS, W. 1987. Measurement of enzymatic browning al cut surfaces end in the juice of raw apple and pear fruits. *Journal of food science*. N° 52, p.1258 -1263.
- SHAHIDI, F.; HAN, X. Q. 1993. Encapsulation of food ingredients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Boca Raton, v. 33, N°. 6, p. 501-547.
- SIES, H. 1997 Antoxidant in disessemechanism and therapy. Vol 38 USA academic Press.Inc.293 p.
- VILLACHICA, H. 1996. Frutales y Hortalizas promisorios de la Amazonía. SPT-TCA. Lima- Perú. N° 44. p. 19-24.
- YÁÑEZ, J.; SALAZAR, A.; CHAIRES, L.; JIMÉNEZ, J., MÁRQUEZ, M.; RAMOS, G. 2005. Aplicaciones biotecnológicas de la microencapsulación. Avance y perspectiva vol. 21
- ZANALONI, E. 1992. Uso de gelificantes y espesantes en heladería. *Heladería Panadería Latinoamericana*, v. 19, N°. 107, p.39-46.
- ZAVALETA, A. 1992. Edafología. El suelo en relación con la producción. Lima. CONCYTEC. Lima. Perú 190 p.
- ZUG, J. 2002. Fisicoquímica especial. Isoterma de adsorción de tres etapas y modelos de sorción restringida. Monografía N°6. Ed. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires, Argentina, 61 p.

ANEXO

Anexo 1: Análisis estadístico de color del parámetro a*

ANVA para valor a* según los tratamientos durante el almacenamiento a temperatura ambiente, con DCA con arreglo factorial como modelo.

Fuente	sc	gl	cm	c-f	p-valor
Efectos principales					
A: Tratamientos	41,5565	2	20,778	692,61	0,0000
B: Tiempo Alm.	35,4128	8	4,426	147,55	0,0000
Total (Corregido)	83,6351	80			

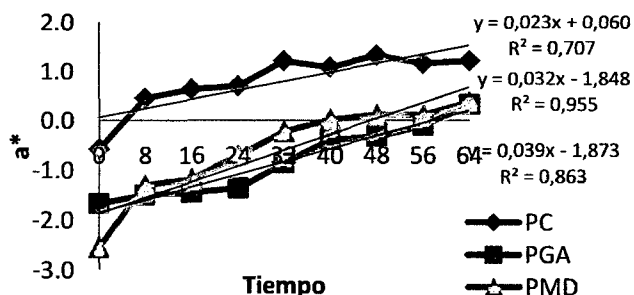
Comparación de medias para valor a* según los tratamientos durante el almacenamiento a temperatura ambiente, por Tukey 95%.

Tratamientos	R	M	GH
Pulpa sin encapsulante liofilizado a -45 °C	27	-0,8407	X
Pulpa con goma arábica liofilizado a -45 °C	27	-0,5889	X
Pulpa con maltodextrina liofilizado a -45 °C	27	0,7889	X

R: recuento; M: media; GH: grado de homogeneidad

Determinación del orden de reacción (n) para cinética de deterioro durante el almacenamiento con el Valor de R² a temperatura ambiente para valor a*

n	R ²		
	PC	PGA	PMD
0	0,707	0,955	0,863
1	0	0	0
2	0	0	0



PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Tendencia de valor a* durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción cero

Anexo 2: Análisis estadístico de color del parámetro b*

Análisis de varianza para valor b* según los tratamientos durante el almacenamiento a temperatura ambiente, con DCA con arreglo factorial como modelo.

FUENTE	sc	gl	cm	c-f	p-valor
Efectos principales					
A: Tratamientos	98,533	2	49,266	9308,58	0,0000
B: Tiempo Alm.	73,747	8	9,2184	1741,76	0,0000
Interacciones					
A*B	23,460	16	1,4663	277,05	0,0000
Residuos	0,2858	54	0,00529		
Total (Corregido)	196,027	80			

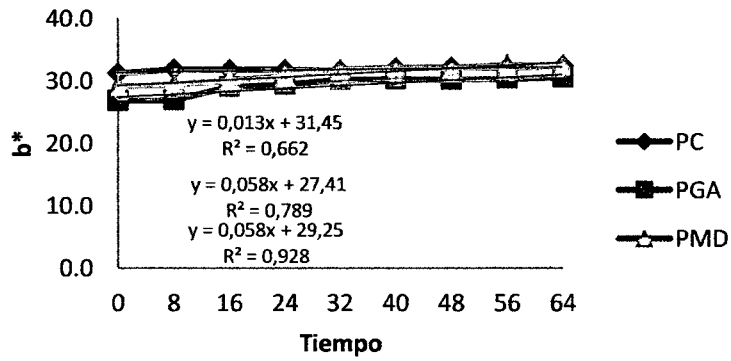
Comparación de medias para valor b* según los tratamientos durante el almacenamiento a temperatura ambiente, por Tukey 95%.

Tratamientos	R	M	GH
Pulpa sin encapsulantes liofilizado a -45 °C	27	31,8937	X
Pulpa con goma arábica liofilizado a -45 °C	27	29,2685	X
Pulpa con maltodextrina liofilizado a -45 °C	27	31,1337	X

R: recuento; M: media; GH: grado de homogeneidad

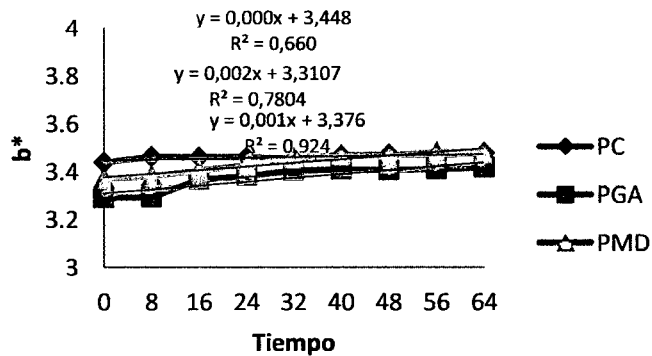
Determinación del orden de reacción (n) para cinética de deterioro durante el almacenamiento con R² a temperatura ambiente para valor b*

n	R ²		
	PC	PGA	PMD
0	0,662	0,789	0,928
1	0,660	0,780	0,924
2	0,658	0,771	0,920

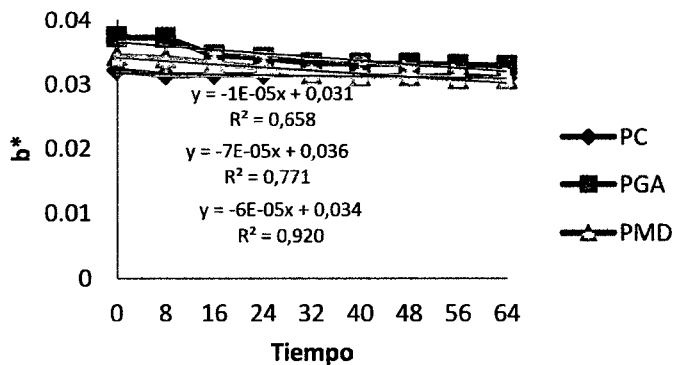


PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Tendencia de valor b^* durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción cero



Tendencia de valor b^* durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción igual a uno



Tendencia de valor b^* durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción igual a dos

Anexo 3: Análisis estadístico de color del parámetro L*

Análisis de varianza para valor L* según los tratamientos durante el almacenamiento a temperatura ambiente, con DCA con arreglo factorial como modelo.

Fuente	sc	gl	cm	c-f	p-valor
Efectos principales					
A: Tratamientos	438,795	2	219,397	3259,27	0,0000
B: Tiempo Alm.	6,63173	8	0,828	12,31	0,0000
Interacciones					
A*B	18,3646	16	1,14779	17,05	0,0000
Residuos	3,635	54	0,0673		
Total (Corregido)	467,426	80			

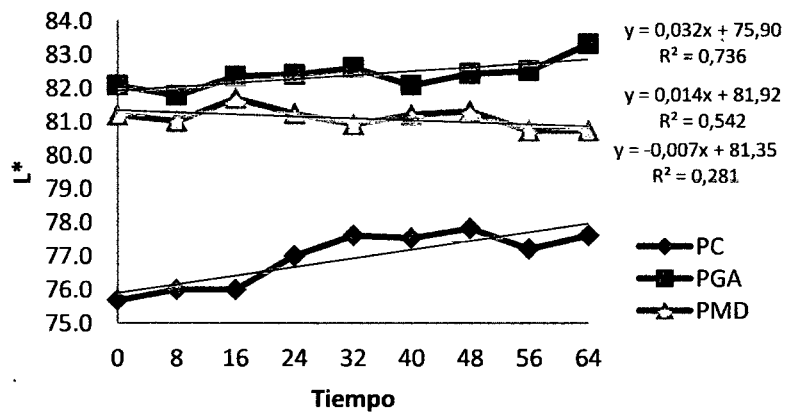
Comparación de medias para valor L* según los tratamientos durante el almacenamiento a temperatura ambiente, por Tukey 95%.

Tratamientos	R	M	GH
Pulpa sin encapsulantes liofilizado a -45 °C	27	76,9889	X
Pulpa con goma arábica liofilizado a -45 °C	27	82,463	X
Pulpa con maltodextrina liofilizado a -45 °C	27	81,1056	X

R: recuento; M: media; GH: grado de homogeneidad

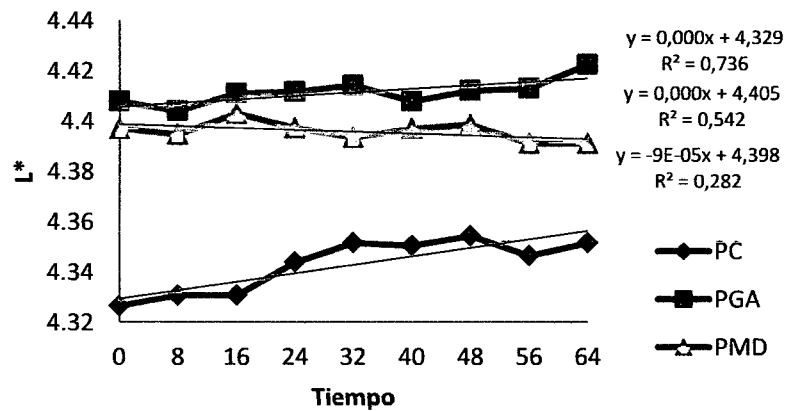
Determinando orden de reacción (n) para cinética de deterioro durante el almacenamiento con R²a temperatura ambiente para valor L*

n	R ²		
	PC	PGA	PMD
0	0,736	0,542	0,281
1	0,736	0,542	0,282
2	0,737	0,543	0,282

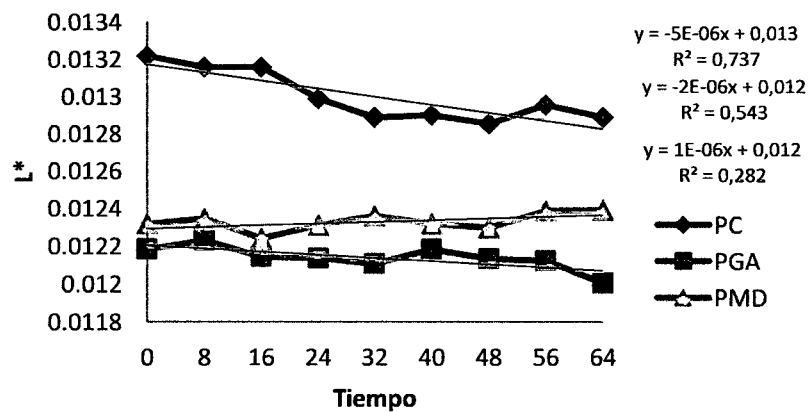


PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Tendencia de valor L* durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción cero



Tendencia de valor L* durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción igual a uno.



Tendencia de valor L* durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción igual a dos.

Anexo 4: Análisis estadístico de color del parámetro H*

Análisis de varianza para valor H* según los tratamientos durante el almacenamiento a temperatura ambiente, con DCA con arreglo factorial como modelo.

Fuente	sc	gl	cm	c-f	p-valor
Efectos principales					
A: Tratamientos	149,095	2	74,5474	92754,80	0,0000
B: Tiempo Alm.	153,327	8	19,1659	23846,94	0,0000
Interacciones					
A*B	19,5354	16	1,22096	1519,17	0,0000
Residuos	0,0434	54	0,000803		
Total (Corregido)	322,001	80			

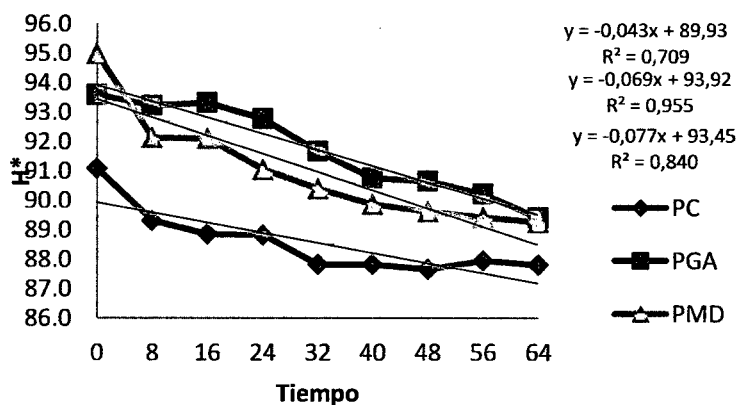
Comparación de medias para valor H* según los tratamientos durante el almacenamiento a temperatura ambiente, por Tukey 95%.

Tratamientos	R	M	GH
Pulpa sin encapsulantes liofilizado a -45 °C	27	88,5278	X
Pulpa con goma arábica liofilizado a -45 °C	27	91,7056	X
Pulpa con maltodextrina liofilizado a -45 °C	27	90,9589	X

R: recuento; M: media; GH: grado de homogeneidad

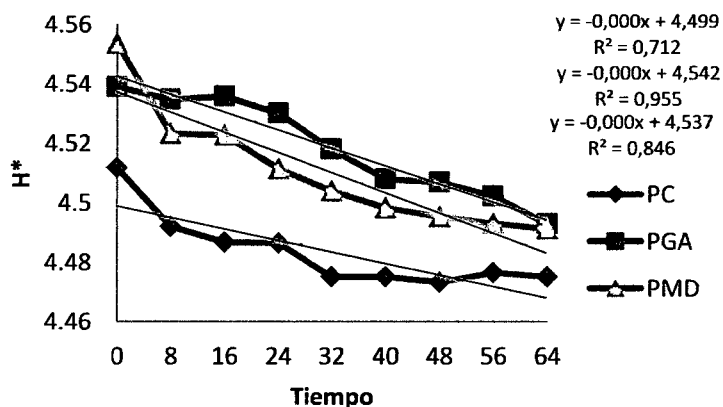
Determinando orden de reacción (n) para cinética de deterioro durante el almacenamiento con R² a temperatura ambiente para valor H*

n	R ²		
	PC	PGA	PMD
0	0,709	0,955	0,844
1	0,712	0,955	0,846
2	0,715	0,955	0,853

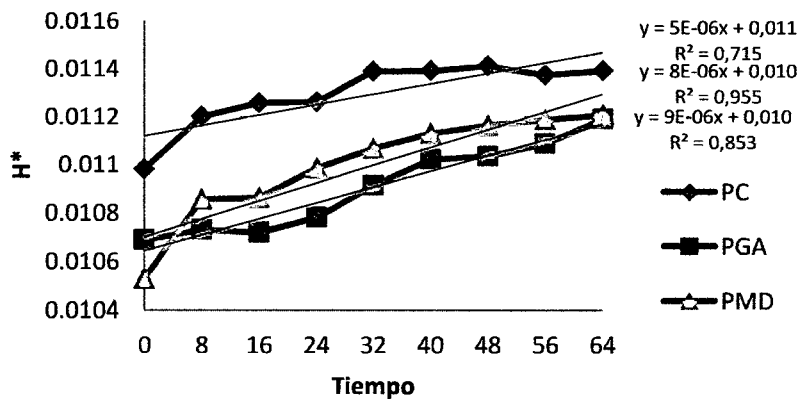


PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Tendencia de valor H^* durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción cero



Tendencia de valor H^* durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción igual a uno



Tendencia de valor H^* durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción igual a dos

Anexo 5: Análisis estadístico de color del parámetro C*

Análisis de varianza para valor C* según los tratamientos durante el almacenamiento a temperatura ambiente, con DCA con arreglo factorial como modelo.

Fuente	sc	gl	cm	c-f	p-valor
Efectos principales					
A: Tratamientos	12,2302	2	6,11511	7381,88	0,0000
B: Tiempo Alm.	0,336889	8	0,04211	50,83	0,0000
Interacciones					
A*B	3,0123	16	0,188269	227,27	0,0000
Residuos	0,0447333	54	0,00082		
Total (Corregido)	15,6242	80			

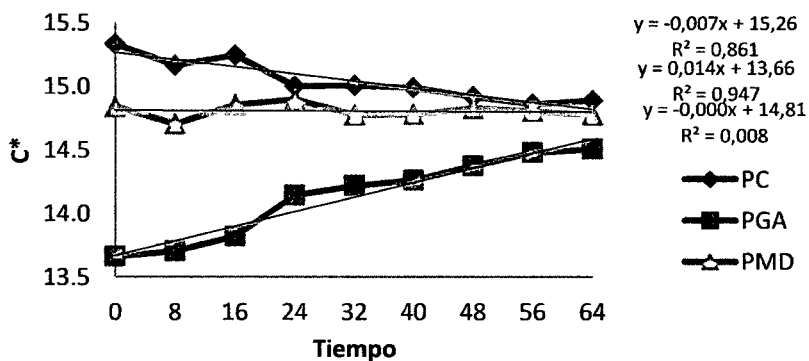
Comparación de medias para valor C* según los tratamientos durante el almacenamiento a temperatura ambiente, por Tukey 95%.

Tratamientos	R	M	GH
Pulpa sin encapsulantes liofilizado a - 45 °C	27	14,1274	X
Pulpa con goma arábica liofilizado a - 45 °C	27	14,7967	X
Pulpa con maltodextrina liofilizado a - 45 °C	27	15,0481	X

R: recuento; M: media; GH: grado de homogeneidad

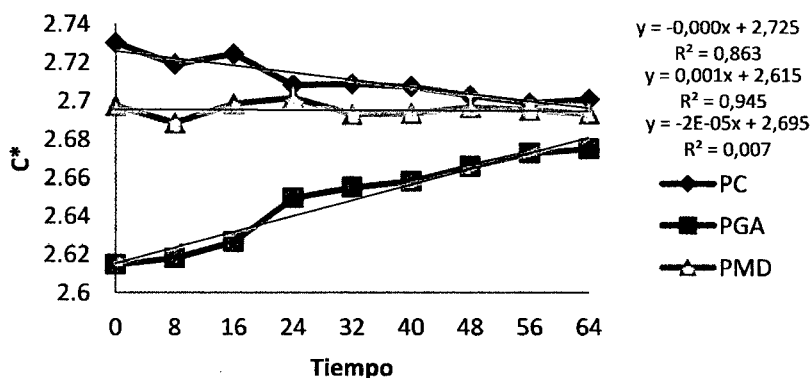
Determinando orden de reacción (n) para cinética de deterioro durante el almacenamiento con R²a temperatura ambiente para valor C*

n	R ²		
	PC	PGA	PMD
0	0,861	0,947	0,008
1	0,863	0,945	0,007
2	0,864	0,942	0,007

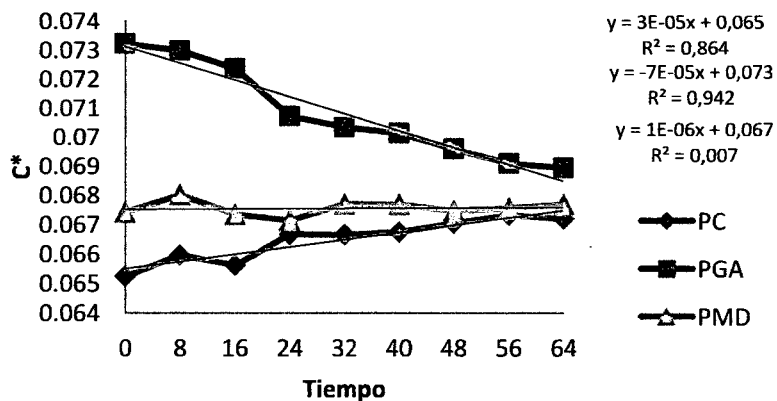


PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Tendencia de valor C^* durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción cero



Tendencia de valor C^* durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción igual a uno



Tendencia de valor C^* durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción igual a dos

Anexo 6: Análisis estadístico de isotermas de adsorción

Análisis de varianza para humedad de equilibrio según los tratamientos con DCA con arreglo factorial como modelo.

Fuente	sc	gl	cm	c-f	p-valor
Efectos principales					
A: Tratamientos	0,0685857	2	0,03429	311839,16	0,0000
B: ∂w	1,52958	9	0,169953	653386,90	0,0000
Interacciones					
A*B	0,29066418	0,016148		62081,15	0,0000
Residuos	1,56E ⁻⁵	602,60111E ⁻⁷			
Total (Corregido)	1,88884	89			

Comparación de medias para humedad de equilibrio según tratamientos, por Tukey 95%.

TRATAMIENTOS	R	M	GH
Pulpa sin encapsulantes liofilizado a -45 °C	30	0,22008	X
Pulpa con goma arábica liofilizado a -45 °C	30	0,155857	X
Pulpa con maltodextrina liofilizado a -45 °C	30	0,169643	X

R: recuento; M: media; GH: grado de homogeneidad

Análisis de varianza para humedad de equilibrio con ajuste a modelos matemáticos según los tratamientos con DCA con arreglo factorial como modelo de análisis.

Fuente	sc	gl	cm	c-f	p-valor
Efectos principales					
A: Modelos	0,114455	3	0,381	33417474,17	0,0000
B: Tratamientos	0,0813852	2	0,040	635643171,29	0,0000
Interacciones					
A*B	0,11167	6	0,0186	16302167,53	0,0000
Residuos	2,74E ⁻⁸	24	1,14167E ⁻⁹		
Total (Corregido)	0,30751	35			

Comparación por Tukey 95%.

Tratamientos	R	M	GH
Henderson	9	0,0453667	X
Smith	9	0,0690856	X

Anexo 7: Análisis estadístico de la capacidad antioxidante

Análisis de varianza para equivalente trolox según los tratamientos para el tiempo inicial con DCA como modelo.

Fuente	sc	gl	cm	c-f	p-valor
Entre grupos	6,49469x10 ⁶	8	811836,0	475,78	0,0000
Intra grupos	30714,0	18	1706,33		
Total (Corregido)	6,5254x10 ⁶	26			

Comparación de medias para equivalente trolox según los tratamientos para el tiempo inicial, por Tukey 95%.

TRATAMIENTOS	F	M	GH
Pulpa sin encapsulantes liofilizado a -15 °C	3	5596,36	X
Pulpa sin encapsulantes liofilizado a -30°C	3	5473,63	X
Pulpa sin encapsulantes liofilizado a -45 °C	3	5749,77	X
Pulpa con goma arábica liofilizado a -15 °C	3	5327,89	X
Pulpa con goma arábica liofilizado a -30°C	3	5151,46	X
Pulpa con goma arábica liofilizado a -45 °C	3	5021,06	X
Pulpa con maltodextrina liofilizado a -15 °C	3	4522,47	X
Pulpa con maltodextrina liofilizado a -30°C	3	4476,44	X
Pulpa con maltodextrina liofilizado a -45 °C	3	4338,37	X

F: factor; M: media; GH: grado de homogeneidad

Análisis de varianza para equivalente trolox según los tratamientos durante el almacenamiento a temperatura ambiente, con DCA con arreglo factorial como modelo.

fuentes	sc	gl	cm	c-f	p-valor
Efectos principales					
A: Tratamientos	3,87785x10 ⁶	2	1,93892x10 ⁶	31725,41	0,0000
B: Tiempo Alm.	2,86702x10 ⁶	4	716755,0	11727,83	0,0000
Interacciones					
A*B	2,52084x10 ⁶	8	315104,0	5155,86	0,0000
Residuos	1833,47	30	61,1158		
Total (Corregido)	9,27x10 ⁶	44			

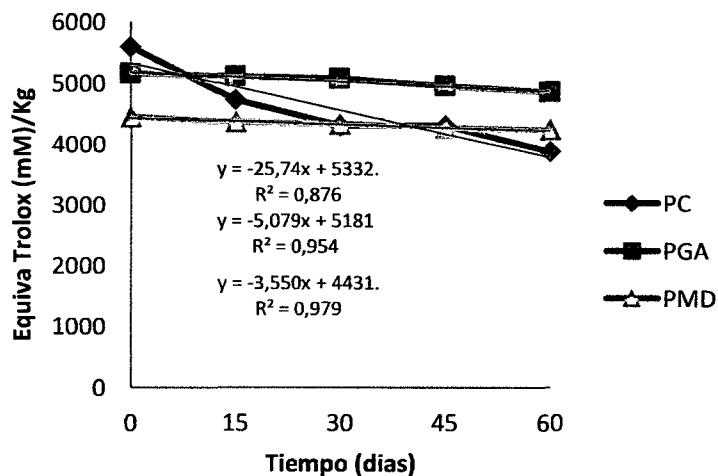
Comparación de medias para equivalente trolox según los tratamientos durante el almacenamiento a temperatura ambiente, por Tukey 95%.

Tratamientos	R	M	GH
Pulpa sin encapsulantes liofilizado a -45 °C	15	4559,83	X
Pulpa con goma arábica liofilizado a -45 °C	15	5028,57	X
Pulpa con maltodextrina liofilizado a -45 °C	15	4321,97	X

R: recuento; M: media; GH: grado de homogeneidad

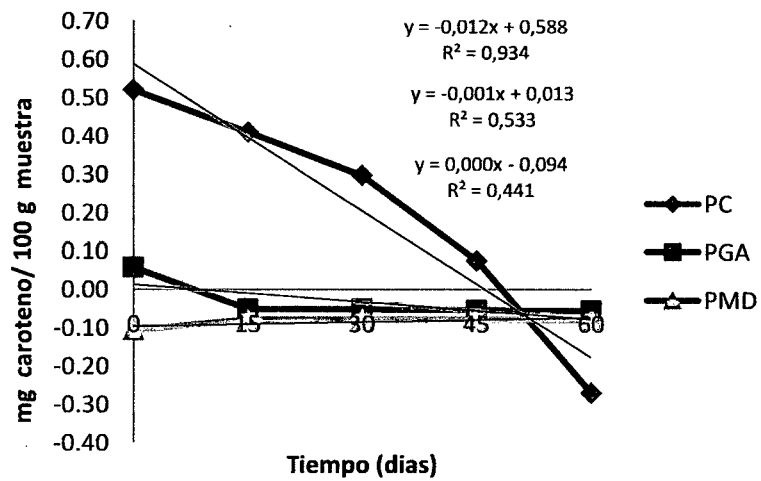
Determinando orden de reacción (n) para cinética de deterioro durante el almacenamiento con R² a temperatura ambiente para equivalente trolox

n	R ²		
	PC	PGA	PMD
0	0,876	0,954	0,979
1	0,901	0,952	0,981
2	0,920	0,949	0,982



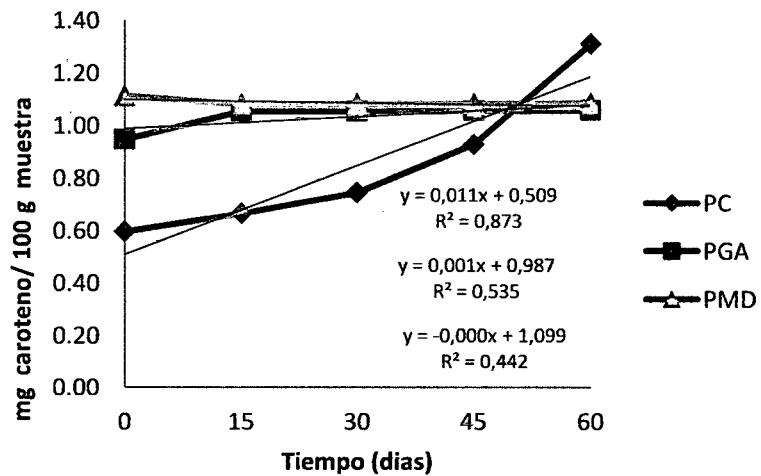
PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Tendencia de equivalente trolox durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción cero



PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Tendencia de carotenos durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción igual a uno



PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Tendencia de carotenos durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción igual a dos

Anexo 8: Análisis estadístico de los polifenoles totales

Análisis de varianza para polifenoles totales según los tratamientos para el tiempo inicial con DCA como modelo.

Fuente	sc	gl	cm	c-f	p-valor
Entre grupos	208654,0	8	26081,7	12446,21	0,0000
Intra grupos	37,72	18	2,09556		
Total (Corregido)	208692,0	26			

Comparación de medias para polifenoles totales según los tratamientos para el tiempo inicial, por Tukey 95%.

Tratamientos	F	M	GH
Pulpa sin encapsulantes liofilizado a -15 °C	3	516,867	X
Pulpa sin encapsulantes liofilizado a -30°C	3	516,167	X
Pulpa sin encapsulantes liofilizado a -45 °C	3	517,5	X
Pulpa con goma arábica liofilizado a -15 °C	3	315,567	X
Pulpa con goma arábica liofilizado a -30°C	3	308,9	X
Pulpa con goma arábica liofilizado a -45 °C	3	320,0	X
Pulpa con maltodextrina liofilizado a -15 °C	3	349,2	X
Pulpa con maltodextrina liofilizado a -30°C	3	350,8	XX
Pulpa con maltodextrina liofilizado a -45 °C	3	354,8	X

F: factor; M: media; GH: grado de homogeneidad

Análisis de varianza para polifenoles totales según los tratamientos durante el almacenamiento a temperatura ambiente, con DCA con arreglo factorial como modelo.

fuentes	sc	gl	cm	c-f	p-valor
Efectos principales					
A: Tratamientos	102388,0	2	51194,2	2520224,45	0,0000
B: Tiempo Alm.	164459,0	4	41114,9	2024033,15	0,0000
Interacciones					
A*B	150800,0	8	18850,0	927960,11	0,0000
Residuos	0,6094	30	0,0203133		
Total (Corregido)	417648,0	44			

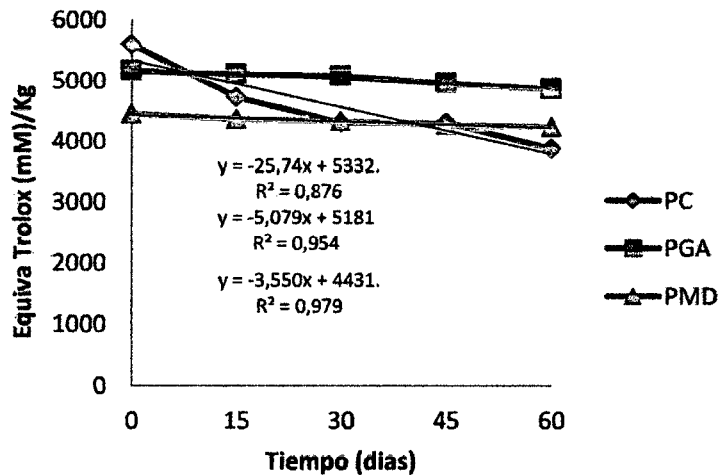
Comparación de medias para equivalente trolox según los tratamientos durante el almacenamiento a temperatura ambiente, por Tukey 95%.

Tratamientos	R	M	GH
Pulpa sin encapsulantes liofilizado a -45 °C	15	4559,83	X
Pulpa con goma arábica liofilizado a -45 °C	15	5028,57	X
Pulpa con maltodextrina liofilizado a -45 °C	15	4321,97	X

R: recuento; M: media; GH: grado de homogeneidad

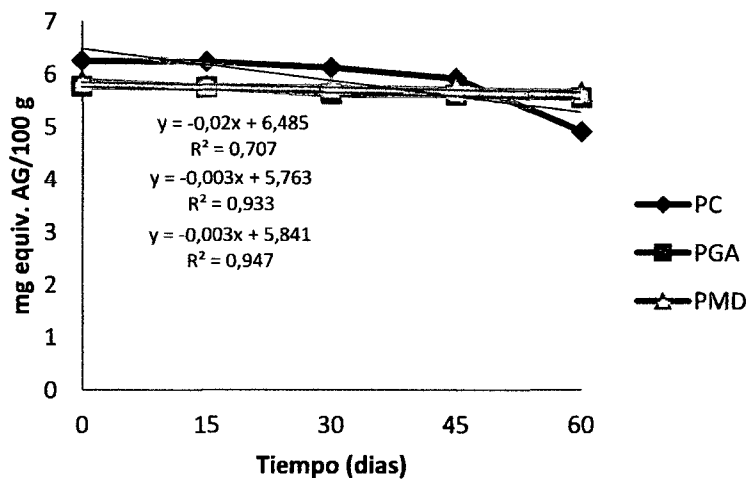
Determinando orden de reacción (n) para cinética de deterioro durante el almacenamiento con R²a temperatura ambiente para equivalente trolox

n	R ²		
	PC	PGA	PMD
0	0,876	0,954	0,979
1	0,901	0,952	0,981
2	0,920	0,949	0,982



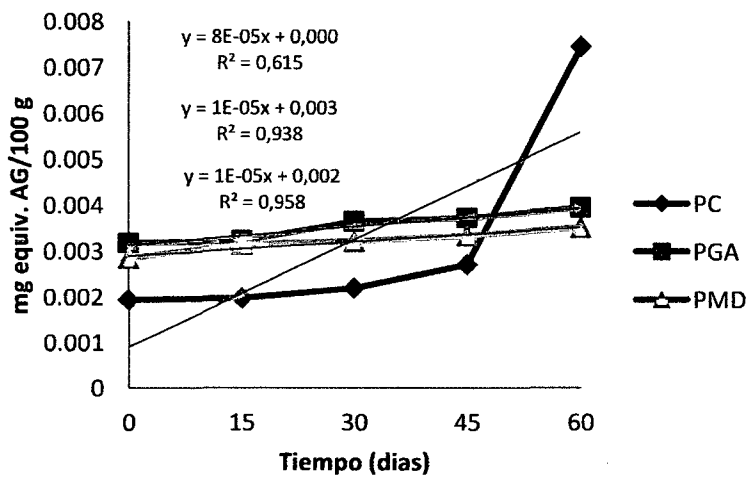
PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Tendencia de equivalente trolox durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción cero



PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Tendencia de polifenoles totales durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción igual a uno.



PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Tendencia de polifenoles totales durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción igual a dos.

Anexo 9: Análisis estadístico de vitamina C

Análisis de varianza para vitamina C según los tratamientos para el tiempo inicial con DCA como modelo.

Fuente	sc	gl	cm	c-f	p-valor
Entre grupos	2521,05	8	315,131	5984,49	0,0000
Intra grupos	0,947844	18	0,052658		
Total (Corregido)	2522,0	26			

Comparación de medias para vitamina C para el tiempo inicial, por Tukey 95%.

Tratamientos	F	M	GH
Pulpa sin encapsulantes liofilizado a -15 °C	3	58,803	X
Pulpa sin encapsulantes liofilizado a -30 °C	3	58,845	X
Pulpa sin encapsulantes liofilizado a -45 °C	3	59,103	X
Pulpa con goma arábica liofilizado a -15 °C	3	38,990	X
Pulpa con goma arábica liofilizado a -30 °C	3	37,662	X
Pulpa con goma arábica liofilizado a -45 °C	3	37,488	X
Pulpa con maltodextrina liofilizado a -15 °C	3	38,826	X
Pulpa con maltodextrina liofilizado a -30 °C	3	38,823	X
Pulpa con maltodextrina liofilizado a -45 °C	3	38,896	X

F: factor; M: media; GH: grado de homogeneidad

Análisis de varianza para vitamina C según los tratamientos durante el almacenamiento a temperatura ambiente, con DCA con arreglo factorial como modelo.

Fuente	sc	gl	cm	c-f	p-valor
Efectos principales					
A: Tratamientos	1144,3	2	572,148	52259,55	0,0000
B: Tiempo Alm.	936,493	4	234,123	21384,64	0,0000
Interacciones					
A*B	718,874	8	89,8592	8207,67	0,0000
Residuos	0,328446	30	0,0109482		
Total (Corregido)	2799,99	44			

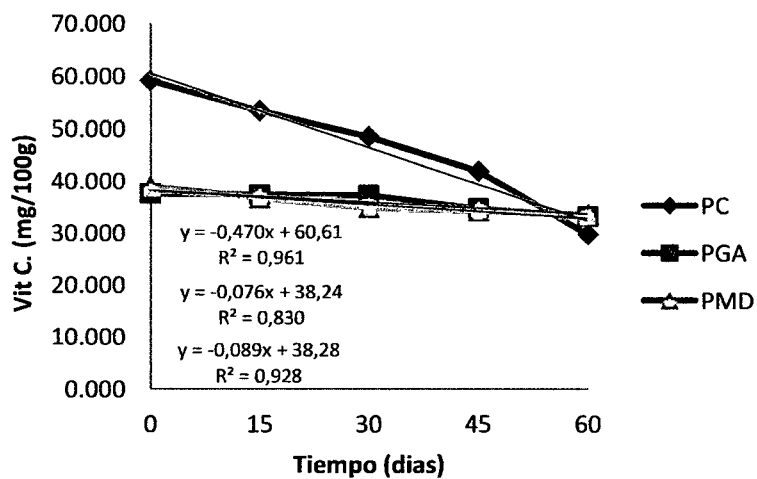
Comparación de medias para vitamina C según los tratamientos durante el almacenamiento a temperatura ambiente, por Tukey 95%.

Tratamientos	R	M	GH
Pulpa sin encapsulantes liofilizado a -45 °C	15	46,4871	X
Pulpa con goma arábica liofilizado a -45 °C	15	35,9937	X
Pulpa con maltodextrina liofilizado a -45 °C	15	35,5971	X

R: recuento; M: media; GH: grado de homogeneidad

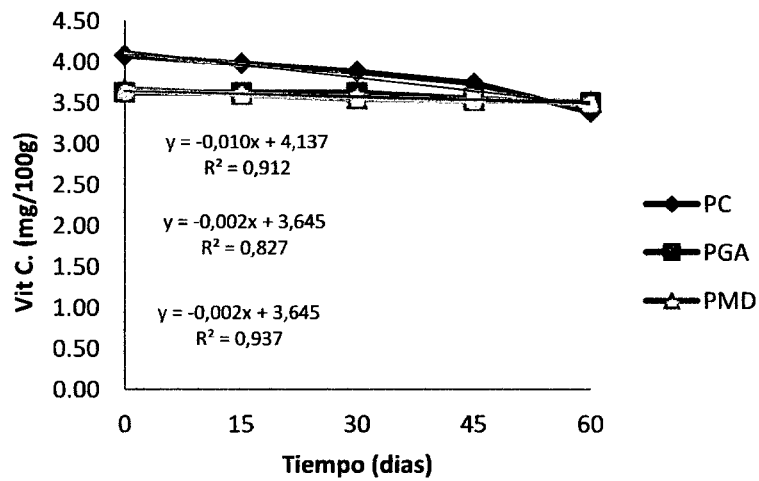
Determinando orden de reacción (n) para cinética de deterioro durante el almacenamiento con R² a temperatura ambiente para vitamina C

n	R ²		
	PC	PGA	PMD
0	0,961	0,830	0,928
1	0,912	0,827	0,937
2	0,850	0,824	0,945



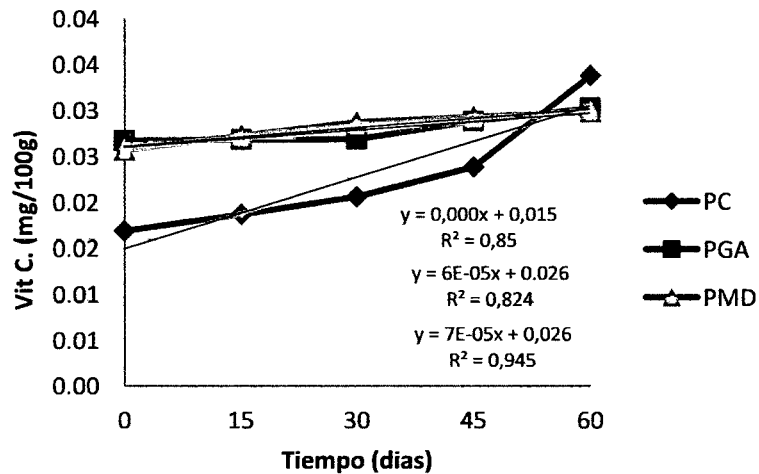
PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Tendencia de vitamina C durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción cero



PC: cocona; **PGA:** cocona + goma arábica y **PMD:** cocona + maltodextrina

Tendencia de vitamina C durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción igual a uno



PC: cocona; **PGA:** cocona + goma arábica y **PMD:** cocona + maltodextrina

Tendencia de vitamina C durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción igual a dos.

Anexo 10: Análisis estadístico de carotenos

Análisis de varianza para carotenos según los tratamientos para el tiempo inicial con DCA como modelo.

Fuente	sc	gl	cm	c-f	p-valor
Entre grupos	2,96545	8	0,370681	201,78	0,0000
Intra grupos	0,0330667	18	0,001837		
Total (Corregido)	2,99852	26			

Comparación de medias para carotenos según los tratamientos para el tiempo inicial, por Tukey 95%.

Tratamientos	F	M	GH
Pulpa sin encapsulantes liofilizado a -15 °C	3	1,706	X
Pulpa sin encapsulantes liofilizado a -30°C	3	1,573	XX
Pulpa sin encapsulantes liofilizado a -45 °C	3	1,680	X
Pulpa con goma arábica liofilizado a -15 °C	3	0,906	X
Pulpa con goma arábica liofilizado a -30°C	3	0,946	XX
Pulpa con goma arábica liofilizado a -45 °C	3	1,053	X
Pulpa con maltodextrina liofilizado a -15 °C	3	0,933	XX
Pulpa con maltodextrina liofilizado a -30°C	3	1,040	X
Pulpa con maltodextrina liofilizado a -45 °C	3	0,893	X

F: factor; M: media; GH: grado de homogeneidad

Análisis de varianza para carotenos según los tratamientos durante el almacenamiento a temperatura ambiente, con DCA con arreglo factorial como modelo.

Fuente	sc	gl	cm	c-f	p-valor
Efectos principales					
A: Tratamientos	1,09479	2	0,547	14279,88	0,0000
B: Tiempo Alm.	0,606937	4	0,1517	3958,29	0,0000
Interacciones					
A*B	1,00696	8	0,12587	3283,56	0,0000
Residuos	0,00115	30	3,83x10 ⁻⁵		
Total (Corregido)	2,70984	44			

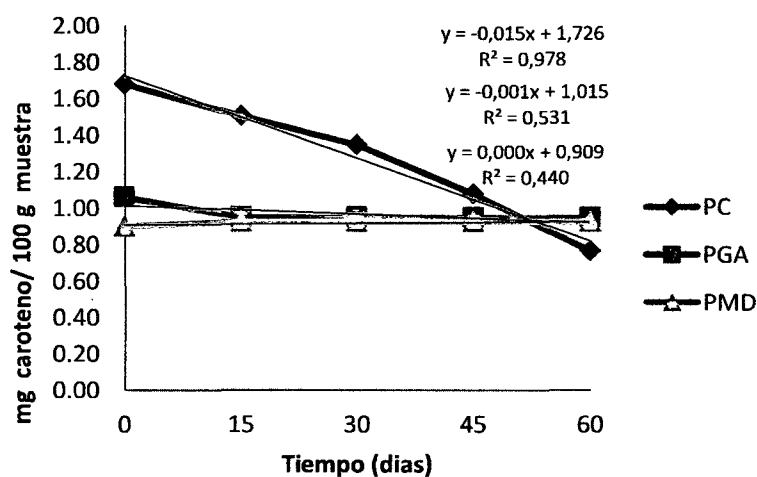
Comparación de medias para carotenos según los tratamientos durante el almacenamiento a temperatura ambiente, por Tukey 95%.

TRATAMIENTOS	R	M	GH
Pulpa sin encapsulantes liofilizado a -45 °C	15	1,271	X
Pulpa con goma arábica liofilizado a -45 °C	15	0,969	X
Pulpa con maltodextrina liofilizado a -45 °C	15	0,918	X

R: recuento; M: media; GH: grado de homogeneidad

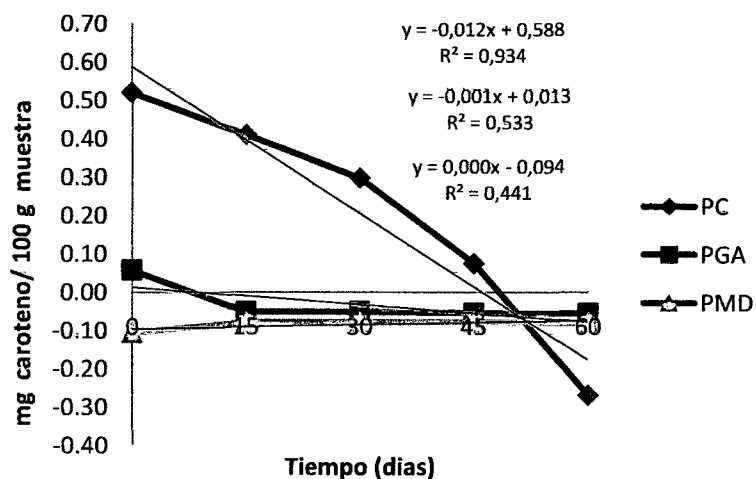
Determinando orden de reacción (n) para cinética de deterioro durante el almacenamiento con R² a temperatura ambiente para carotenos.

n	R ²		
	PC	PGA	PMD
0	0,978	0,531	0,440
1	0,934	0,533	0,441
2	0,873	0,535	0,442



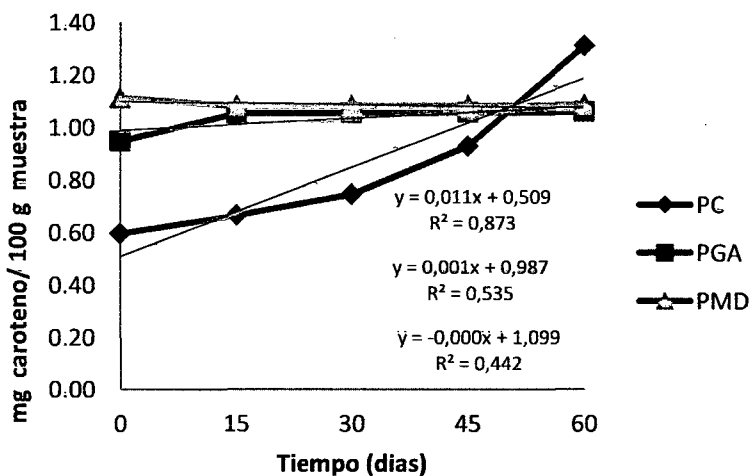
PC: cocona; PGA: cocona + goma arábica y PMD: cocona + maltodextrina

Tendencia de carotenos durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción cero



PC: cocona; **PGA:** cocona + goma arábica y **PMD:** cocona + maltodextrina

Tendencia de carotenos durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción igual a uno



PC: cocona; **PGA:** cocona + goma arábica y **PMD:** cocona + maltodextrina

Tendencia de carotenos durante el almacenamiento a temperatura ambiente para un orden de reacción igual a dos

Anexo 11: Actividad de agua de soluciones salinas para determinar las isotermas de adsorción

Sales	% de sal	δw
NaOH	42,00	0,070
LiCl	62,83	0,113
KC ₂ H ₃ O ₂	75,40	0,246
MgCl ₂	88,88	0,331
K ₂ CO ₃	68,97	0,446
Mg(NO ₃) ₂	87,00	0,547
NaNO ₂	75,00	0,655
NaCl	76,90	0,754
KCl	71,43	0,853
BaCl ₂	78,13	0,907

Fuente: FERNANDEZ (1992)

Anexo 12: Concentraciones para la elaboración de la curva estándar de la capacidad antioxidante

Trolox (mM)	uL stock 1,5 mM	uL Etanol
0,00	0	60
0,25	10	50
0,50	20	40
0,75	30	30
1,00	40	20
1,25	50	10
1,50	60	0

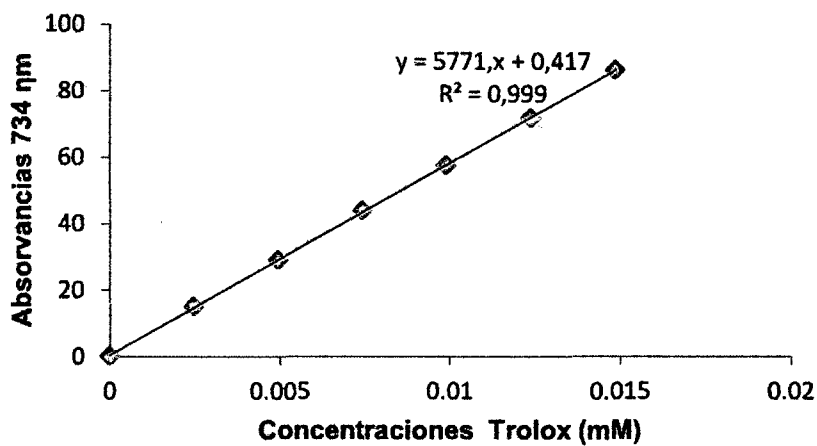
Fuente: GOKMEN *et al.* (2009)

Anexo 13: Peso molecular y temperatura de transición vítrea de maltodextrinas con diferente equivalente de dextrosa (ED)

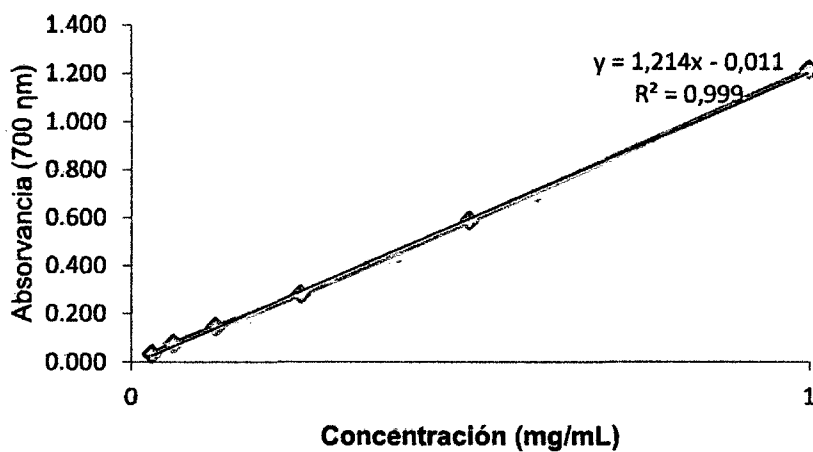
Maltodextrina	Peso molecular (g/mol)	Tg (°C)
ED 36	500	100
ED 25	720	121
ED 20	900	141
ED 10	1800	160
ED 05	3600	188

Fuente: BEMILLER y WHISTLER, (1996)

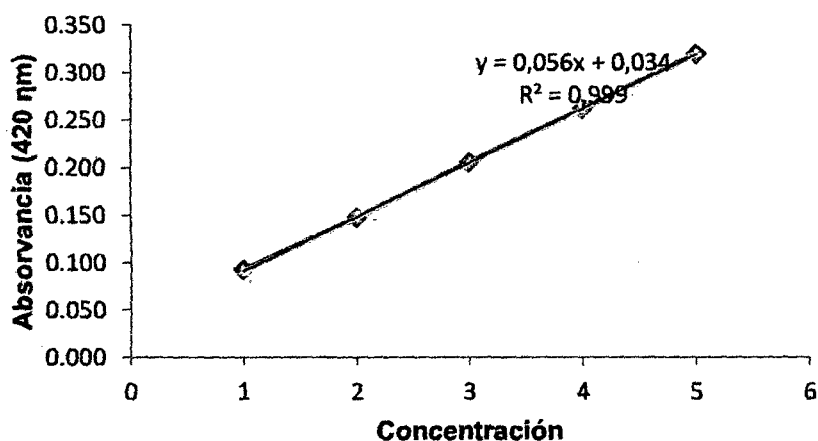
Anexo 14: Curva patrón para la determinación de la capacidad antioxidante



Anexo 15: Curva patrón para la determinación de polifenoles totales



Anexo 16: Curva patrón para la determinación de la vitamina C



Anexo 17: Rendimiento del secado por liofilización de pulpa de cocona

Tratamiento	Muestra seca (g)	Rendimiento%	% Pérdida secado	% Humedad
T1	30,97	14,75	85,25	5,78
T2	30,90	14,71	85,29	5,80
T3	31,27	14,89	85,11	5,72
T4	31,3	14,90	85,10	5,71
T5	31,6	15,05	84,95	5,65
T6	31,8	15,14	84,86	5,60
T7	32,6	15,52	84,48	5,44
T8	32,7	15,57	84,43	5,42
T9	32,2	15,33	84,67	5,52

Anexo 18. Medidas biométricas y rendimiento de la cocona.

Característica	Medida
Longitud	7,6±0,02 cm
Peso	226,21±0,03 g
Diámetro mayor	6,68±0,05 cm
Diámetro menor	5,46±0,03 cm
Pedúnculo	1,88±0,04 %
Cascara	1,70±0,05 %
Semilla	3,75±0,05 %
Jugo	29,3±0,13 %

Todos los datos son el promedio (n=3) ± desviación estándar