

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE HARINA DE
CHONTADURO (*Bactris gasipaes*) MEDIANTE SECADO POR CONVECCIÓN**



**ANDRES FELIPE MENESES CHAVES
JESÚS DAVID VELASCO HERNÁNDEZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO DE AGROINDUSTRIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
POPAYÁN
2017**

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE HARINA DE
CHONTADURO (*Bactris gasipaes*) MEDIANTE SECADO POR CONVECCIÓN**

**ANDRES FELIPE MENESES CHAVES
JESÚS DAVID VELASCO HERNÁNDEZ**

**Trabajo de grado en la modalidad de Investigación, para optar al título de
Ingeniero Agroindustrial**

**Mg. SANDRA PATRICIA GODOY BONILLA
Directora**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO DE AGROINDUSTRIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
POPAYÁN
2017**

Nota de aceptación

La Directora y los Jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por sus autores y lo encuentran satisfactorio.

Mg. SANDRA PATRICIA GODOY B.
Directora

Ph. D. DIEGO ROA
Presidente del Jurado

Ing. CARLOS ANDRES CHANTRE
Jurado

Popayán, __ de _____ de 2017

DEDICATORIA

El señor dice "Yo te voy a instruir, te enseñare el camino, te cuidaré, seré tu consejero"
Salmo 32:8

Santísimo Señor Jesucristo y Santísima Virgen María, nunca me cansaré de agradecerles por permitirme vivir esta maravillosa experiencia, por bendecirme cada día dándome la oportunidad de despertar y disfrutar de tantas bellas experiencias, de las que hasta el momento me han permitido ser el protagonista.

A la mayor bendición de mi vida, mi Madre Dora Ismenia Chávez, que con gran esfuerzo me impulsa cada día a ser una persona de bien, a luchar por mis sueños y llegar lejos, sin tener que pasar por encima de nadie y mucho menos sintiéndome menos que los demás.

A mis motores de lucha, mis hermanas Katherine y Luisa, por ser el mejor ejemplo a seguir, por su apoyo incondicional en todo momento, por enseñarme a que cada día puedo soñar sin tener miedo de lo que el futuro pueda traer a mi vida y cuidarme como su tesoro más preciado.

A mis sobrinos, por quienes cada día me esfuerzo por ser mejor y recordarme el gran valor de compartir esos momentos tan cortos, pero llenos de sinceridad y en especial tanta felicidad que solo un niño puede brindar.

Mi abuela Josefina Fernández, que con su tenacidad y verriquera de mujer campesina sacó a toda su familia adelante, por enseñarme a nunca rendirme y que para ser profesional primero debo aprender a ser persona.

A mis tíos, mis primas y a todos quienes conforman mi familia por darme su amor y acompañamiento en toda mi formación.

A mis grandes amigos, que hicieron de esta experiencia, una de las mejores.

Andrés

A Dios padre, a María Santísima y a la Virgen de Guadalupe, por darme la vida y prestármela hasta el día de hoy.

A mi madre, Luz Dary Hernández, el motor de mi vida, a quien debo todos y cada uno de mis propósitos, sueños y logros, quien es la artífice principal de mi proyecto de vida y mi luz inagotable.

A mis hermanas, Johana y Milena, quienes no han dudado de mí en ningún solo instante y siempre han estado ahí para brindarme su apoyo.

A mi hermosa familia, por todos los sabios consejos brindados, devenidos de su experiencia.

A mi abuelita, Teresa Velasco, quien en vida cimentó mis ganas de superación con todo el cariño que solo un ser de paz como ella podría brindar, que desde el cielo sigue guiando todos y cada uno de mis pasos y apoyándome en todas mis decisiones.

A mis amigos, aquellas personitas ocurrentes que con su chispa siempre supieron alegrarme.

A todos ustedes, mil gracias.

David

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Cauca, en especial a la Facultad de Ciencias Agrarias que nos permitió el uso de su infraestructura física.

A Víctor Rosero y David Velasco del Laboratorio de Biotecnología, por su cordialidad y disposición en la elaboración de las pruebas correspondientes.

A Evelyn Alegría del Laboratorio de Reología por su aporte y tiempo en la realización de las pruebas correspondientes.

A los docentes Diego Roa y Yamid Pismag por su apoyo, amabilidad y tiempo dedicado.

A la Ingeniera Lucila Certuche, coordinadora de plantas piloto de la Facultad de Ciencias Agrarias por su disposición, y al Sr. Wilson Orozco Méndez, operario de plantas piloto, por su disposición, sentido del humor y afecto.

Al Ingeniero Rubén Panza y a los operarios Sair Ibarra y Omar Ordoñez, pertenecientes al Programa de Alimentación y Nutrición Escolar de la Gobernación del Cauca – PANES - , por su colaboración en la realización de las pruebas correspondientes.

Al grupo de investigación Metanoia de la Universidad del Cauca, a nuestra directora Mg. Sandra Patricia Godoy Bonilla por su continua disposición y por hacernos parte de su proyecto en la investigación de las propiedades del Chontaduro y su aprovechamiento agroindustrial en el Cauca.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. MARCO REFERENCIAL	16
1.1 CARACTERÍSTICAS DEL CHONTADURO – <i>Bactris gasipaes</i>	16
1.1.1 Taxonomía del Chontaduro	16
1.1.2 Variedad	16
1.1.3 Hábitat	17
1.1.4 Morfología	17
1.2 CULTIVO DE CHONTADURO EN COLOMBIA	17
1.3 IMPORTANCIA NUTRICIONAL DEL CHONTADURO	18
1.3.1 Carotenoides	18
1.3.2 Digestibilidad Proteica	21
1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA HARINA DE CHONTADURO	22
1.4.1 Etapas en la producción de la harina de chontaduro	23
1.4.1.1 Cocción	23
1.4.1.2 Secado	24
1.4.1.3 Molienda	25
1.4.1.4 Tamizado	26
1.5 CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS	26
1.5.1 Humedad	26
1.5.2 Proteína cruda	26
1.5.3 Lípidos crudos	26
1.5.4 Fibra cruda	27

	pág.
1.5.5. Extracto libre de nitrógeno (ELN)	27
1.6 PROPIEDADES FUNCIONALES	27
1.7 CURVAS DE EMPASTAMIENTO	28
1.8 ESTADO DEL ARTE	30
2. METODOLOGÍA	34
2.1 MATERIA PRIMA	34
2.2 OBTENCIÓN DE LA HARINA DE CHONTADURO	34
2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	38
2.4 ANÁLISIS PROXIMAL	38
2.5 DETERMINACIÓN CONTENIDO DE CAROTENOS	38
2.6 EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES	39
2.6.1 Residuo Insoluble en alcohol	39
2.6.2 Pruebas para determinar las propiedades funcionales	39
2.6.3 Curvas de empastamiento	40
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE CHONTADURO	42
3.1.1 Cocción	42
3.1.2 Secado	43
3.1.3 Molienda	47
3.2 ANÁLISIS PROXIMAL	48
3.3 ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE CAROTENOS	51
3.4 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES	52
3.4.1 Capacidad de Hinchamiento	5

	pág.
3.4.2 Capacidad de Retención de Agua	53
3.4.3 Capacidad de adsorción de lípidos	55
3.5 ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE EMPASTAMIENTO	56
3.5.1 Temperatura Gelatinización	56
3.5.2 Viscosidad Máxima	57
3.5.3 Facilidad de cocción	57
3.5.4 Break Down	58
3.5.5 Set Back	58
4. CONCLUSIONES	59
5. RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFÍA	61
ANEXOS	69

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Carotenoides contenidos en el fruto de chontaduro (<i>Bactris gasipaes</i>)	19
Cuadro 2. Características físicas del chontaduro para proceso	35
Cuadro 3. Rendimiento final del proceso	42
Cuadro 4. Peso y porcentaje de residuos	42
Cuadro 5. Ganancia de peso en la cocción del chontaduro	43
Cuadro 6. Adecuación y troceado del chontaduro cocido	43
Cuadro 7. Tiempo de secado y humedad final de los tratamientos	44
Cuadro 8. Secado del chontaduro cocido	46
Cuadro 9. Molienda del chontaduro seco	47
Cuadro 10. Contenido nutricional de Harina de Chontaduro	48
Cuadro 11. Contenido de carotenos después de extrusión para obtención de harina	51
Cuadro 12. Propiedades funcionales y temperatura de secado	52
Cuadro 13. Propiedades de gelatinización del almidón en la harina de chontaduro	56

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Estructuras de carotenoides comunes	20
Figura 2. Esquema de gradiente de a_w entre las fases alimento	24
Figura 3. Parámetros para la determinación de las curvas de empastamiento	29
Figura 4. Chontaduro (<i>Bactris gasipaes</i>)	34
Figura 5. Cocción del Chontaduro	35
Figura 6. Secado y molienda de las fracciones de Chontaduro	36
Figura 7. Diagrama de flujo de proceso de obtención de harina de chontaduro	37
Figura 8. Muestras para evaluación de propiedades funcionales	40
Figura 9. Muestras de harina de chontaduro para análisis de Curvas de Empastamiento	40
Figura 10. Analizador de humedad SARTORIUS	45
Figura 11. Curva de secado (humedad Vs tiempo de secado)	46
Figura 12. Harina de chontaduro después de tamizado	47
Figura 13. Capacidad de hinchamiento	53
Figura 14. Capacidad de retención de agua	54
Figura 15. Capacidad de adsorción de lípidos	55
Figura 16. Comportamiento de las curvas de empastamiento	57

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Resultados análisis proximal de la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C	69
Anexo B. Variación del contenido de las propiedades nutricionales de la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C	75
Anexo C. Resultados propiedades funcionales de la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C	78
Anexo D. Curvas de empastamiento de la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C	81

RESUMEN

El chontaduro (*Bactris gasipaes*) es una palmera nativa de los trópicos americanos que ha jugado un importante papel en la alimentación de las poblaciones indígenas amazónicas (Bernal, 1975). El objetivo de la investigación fue obtener y caracterizar la harina de chontaduro, evaluar la incidencia de las variables de secado sobre las propiedades bromatológicas, a través de los cambios y efectos ocurridos en los contenidos de fibra cruda, proteína, grasa, cenizas, carbohidratos y carotenoides (betacaroteno y licopeno) en las diferentes muestras de harina de chontaduro obtenidas mediante secado convectivo a temperaturas de 56°C, 58°C, 60°C y 62°C y evaluar la incidencia de estas temperaturas de secado sobre las propiedades funcionales de la harina tales como capacidad de hinchamiento (CH), capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de adsorción de lípidos (CAL) y curvas de empastamiento.

Se caracterizó la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C, con tiempo de secado de 190 min., 175 min., 160 min. y 145 min., respectivamente dando un porcentaje de rendimiento final promedio de 46,30%. En cuanto a las propiedades bromatológicas, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en cuanto a fibra cruda y grasa, no hubo mayor diferencia en los contenidos de proteína, cenizas y carbohidratos. Los niveles porcentuales alcanzados en la harina de chontaduro en sus propiedades funcionales fueron: la CH (186,29% - 369,88%), la CRA (392,96% - 419,90%) y la CAL (218% - 242%); la temperatura no afectó significativamente ninguno de los tratamientos. Finalmente, la harina obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C presentó un comportamiento promedio frente a las propiedades de temperatura de gelatinización (entre $80.7 \pm 1.74^\circ\text{C}$ y $74.23 \pm 8.88^\circ\text{C}$), de su viscosidad máxima (entre $0.0188 \pm 0.0003 \text{ Pa.s}$, y $0.0169 \pm 0.0007 \text{ Pa.s}$), Breakdown ($0.0042 \pm 0.0003 \text{ Pa.s}$, y $0.0017 \pm 0.0003 \text{ Pa.s}$) y Setback (0.0027 ± 0.0004 y $0.0033 \pm 0.0004 \text{ Pa.s}$), no se observó diferencia estadísticamente significativa entre ninguno de los tratamientos, dando por sentado que el rango de temperatura de secado no influyó sobre estas propiedades de la harina obtenida.

Palabras clave: Chontaduro, *Bactris gasipaes*, caracterización, temperatura, secado, propiedades bromatológicas, CH, CRA, CAL, curvas de empastamiento.

ABSTRACT

Peach Palm (*Bactris gasipaes*) is a native palm of the American tropics that has played an important role in feeding the Amazonian indigenous populations (Bernal, 1975). The objective of the research was to obtain and characterize the peach palm flour, to evaluate the incidence of the drying variables on the bromatological properties, through the changes and effects occurring in the contents of crude fiber, protein, fat, ashes, carbohydrates and carotenoids (betacarotene and lycopene) in the different samples of peach palm flour obtained by convective drying at temperatures of 56°C, 58°C, 60°C and 62°C and to evaluate the incidence of these drying temperatures on the functional properties of the flour such as swelling capacity (CH), water retention capacity (CRA), lipid adsorption capacity (CAL) and filling curves.

Peach palm flour obtained by drying at 56°C, 58°C, 60°C and 62°C, with a drying time of 190 min., 175 min., 160 min. and 145 min., respectively, was characterized giving an average final yield percentage of 46.30%. Regarding the bromatological properties, statistically significant differences were found ($P < 0.05$) in terms of crude fiber and fat, there was no greater difference in protein, ash and carbohydrate contents. The percentage levels reached in the peach palm flour in its functional properties were: the CH (186.29% - 369.88%), the CRA (392.96% - 419.90%) and the CAL (218% - 242 %), the temperature did not significantly affect any of the treatments. Finally, the flour obtained by drying at 56°C, 58°C, 60°C and 62°C showed an average behavior against the temperature properties of gelatinization (between $80.7 \pm 1.74^\circ\text{C}$ y $74.23 \pm 8.88^\circ\text{C}$), of its maximum viscosity (between $0.0188 \pm 0.0003 \text{ Pa.s}$, y $0.0169 \pm 0.0007 \text{ Pa.s}$), Breakdown ($0.0042 \pm 0.0003 \text{ Pa.s}$, y $0.0017 \pm 0.0003 \text{ Pa.s}$) and Setback (0.0027 ± 0.0004 y $0.0033 \pm 0.0004 \text{ Pa.s}$), no statistically significant difference was observed between any of the treatments, assuming that the drying temperature range did not influence these properties of the flour obtained.

Key words: Peach palm, *Bactris gasipaes*, characterization, temperature, drying, bromatological properties, CH, CRA, CAL, Filling curves.

GLOSARIO

ALIMENTO FUNCIONAL: se refiere a un alimento, que además de proporcionar nutrientes, proporciona igualmente un efecto benéfico sobre la salud. El término se puede aplicar como tal a los alimentos fortificados, enriquecidos o mejorados, y a los suplementos que tienen el potencial de mejorar el bienestar físico y mental y reducir el riesgo de enfermedades.

ANÁLISIS PROXIMAL: los análisis comprendidos dentro de este grupo, también conocido como análisis proximales Weende, se aplican en primer lugar a los materiales que se usarán para formular una dieta como fuente de proteína o de energía y a los alimentos terminados, como un control para verificar que cumplan con las especificaciones o requerimientos establecidos durante la formulación. Estos análisis nos indicarán el contenido de humedad, proteína cruda (nitrógeno total), fibra cruda, lípidos crudos, ceniza y extracto libre de nitrógeno en la muestra.

CAROTENOS: son compuestos naturales presentes en diversas estructuras, constituidos por múltiples unidades isoprenoides con un anillo de ciclohexano sustituido e insaturado en cada uno de los extremos, responsables del color de flores y frutos (para favorecer la polinización y dispersión de semillas), o de estructuras animales como las plumas y picos de algunos pájaros, y el músculo o la piel de algunos peces. En el presente estudio se evaluaron las cantidades de betacaroteno y licopeno presentes en la harina de chontaduro.

DESHIDRATACIÓN: operación mediante la cual se elimina total o parcialmente el agua de la sustancia que la contiene. Esta definición puede ser aplicada a sólidos, líquidos o gases y tal como está expresada puede servir para describir varias operaciones unitarias como la evaporación, la adsorción, etc.

EVAPORACIÓN SUPERFICIAL: cuando un producto se somete a la acción de una corriente de aire caliente, el líquido que contiene se evapora aumentando su contenido en el aire. Se produce así una desecación. Este es el método más utilizado, también llamado deshidratación por aire caliente, utilizado para el secado del chontaduro de este trabajo.

FRUTO PROMISORIO: es aquel que se considera especie silvestre o semi-silvestre, con alto potencial de aprovechamiento industrial, en el que no se ha dado un desarrollo comercial de gran escala, y no cuenta con un proceso avanzado de domesticación de su cultivo y formas de procesamiento industrial. El chontaduro es considerado uno de los frutos promisorios del departamento del Cauca.

SUBPRODUCTO: es un producto secundario y, a veces, inesperado. También se llama subproducto al residuo de un proceso al que se le puede sacar una segunda utilidad. No es un desecho porque no se lo elimina sino que se lo usa para otro proceso. Es ventajoso encontrar una utilidad para los desechos y convertirlos en subproductos reaprovechables de algún modo. La harina de chontaduro es el producto principal del presente estudio, a partir de la cáscara y las semillas resultantes del proceso se pueden generar una serie de subproductos.

INTRODUCCIÓN

El chontaduro es conocido popularmente como el “huevo vegetal” para resaltar su valor nutritivo, pues posee una composición de aminoácidos esenciales que lo equipara al huevo, y ningún otro producto agrícola ha recibido este calificativo; (Restrepo 2007), el chontaduro es probablemente el más balanceado de todos los alimentos tropicales, conteniendo carbohidratos, proteínas, grasa, minerales y vitaminas. Es extremadamente rico en vitamina A (mucho más que el trigo y el maíz), β -caroteno (precursor de la vitamina A), y contiene otras vitaminas como la B y C, todas ellas poderosas sustancias antioxidantes. También presenta una gran cantidad de ácidos grasos poliinsaturados (Chaparro, 2011), es rico en minerales esenciales para la dieta como calcio, potasio, magnesio, manganeso, selenio, cromo, hierro y zinc aportando entre el 8 y el 10% de los requerimientos necesarios según la RDA (ingesta diaria recomendada) para personas entre 25 y 50 años. Es una poderosa alternativa alimenticia y nutricional con alto potencial, pues presenta entre el 2,5 y 5,5% de proteína de alta calidad ya que contiene de 7 de 8 aminoácidos esenciales. Además, la cáscara, el contenido de grasa del fruto hace de éste una fuente importante de ácidos grasos poliinsaturados (oleico linoleico y linolénico) con beneficios a nivel cardiovascular (Chaparro, 2011; Restrepo et al., 2012).

El corregimiento de cuatro esquinas en el Tambo Cauca, presenta la mayor producción en dos abundantes cosechas al año con frutos de excelente calidad y características sensoriales especiales y alto nivel de ácidos grasos poliinsaturados (Rivera, 2009). Algunos productores han desarrollado una industria artesanal de producción de harina y productos de panificación a partir de chontaduro, pero se carece de un proceso industrial estandarizado y no garantiza que los productos que puedan obtenerse a partir de la harina conserven las propiedades nutricionales en proteína, grasa o vitaminas que tiene el fruto para consumo directo. Actualmente la harina de chontaduro es un producto tradicional y alternativa gastronómica regional para productos de panadería.

La deshidratación es una de las alternativas con las que cuenta hoy en día la industria alimentaria para prolongar la conservación de una sustancia o una muestra de interés y además mantener algunas de las propiedades organolépticas, reduciendo la actividad enzimática y el ataque de microorganismos a partir de la eliminación de valores hasta del 80-90% (García, *et al.*, 2014).

De acuerdo con lo anterior y para aportar al estudio del fruto del chontaduro en el Departamento del Cauca, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la incidencia de las variables de secado, sobre las características nutricionales de harina de chontaduro, proveniente del municipio de El Tambo Cauca. Para el desarrollo de la propuesta fue necesario realizar las operaciones de acondicionamiento y secado del fruto, la obtención y caracterización de las propiedades nutricionales y funcionales de la harina de chontaduro y el análisis comparativo del aporte en fibra cruda, proteína, grasa, cenizas, carbohidratos y carotenoides (betacaroteno y licopeno) en las diferentes muestras de harina de chontaduro obtenidas mediante secado convectivo variando la temperatura (56°C, 58°C, 60°C y 62°C), con velocidad constante de aire 7,62 m/s en un secador de bandejas.

1. MARCO REFERENCIAL

La distribución geográfica de los cultivos se extiende desde Nicaragua pasando por Costa Rica, Panamá, Colombia, Perú, Ecuador, Bolivia llegando hasta territorio brasileño, en donde se han registrado las más grandes cifras en cuanto a producción y consumo de Chontaduro; este incremento se ve representado a partir del interés para la transformación y aprovechamiento del mesocarpio y la semilla que componen el fruto de la palma de Chontaduro (*Bactris gasipaes*) (Cervejeira, et al., 2015).

1.1 CARACTERÍSTICAS DEL CHONTADURO – *Bactris gasipaes*

El Chontaduro es una palma nativa del trópico cálido húmedo de América Latina. Su origen se presume en la Región Occidental de la Cuenca Amazónica, pero se ha encontrado poblaciones nativas en Perú, Brasil, Colombia, Ecuador, Venezuela, Bolivia, Panamá y Costa Rica (Escobar et al., 1998). Esta palmera domesticada por culturas primitivas que poblaron el trópico americano, fue integrada al desarrollo social de los núcleos poblacionales de la amazonia. Actualmente se encuentra asociada a otras fruteras en huertos familiares que proveen alimentos. El chontaduro fruto y el palmito (tallo fresco), son consumidos directamente en la dieta diaria. Históricamente, la palma de chontaduro ha sido cultivada por nativos en diferentes regiones, principalmente en centro y sur américa, en donde sus condiciones climáticas de tipo tropical favorecen el desarrollo de su cultivo (Restrepo, Vinasco y Estupiñan, 2012).

1.1.1 Taxonomía del Chontaduro. El chontaduro posee la siguiente clasificación taxonómica (ASOHOFrucol, 2017):

Nombre botánico: *Bactris gasipaes* (HBK)

Familia: Arecaceae

Género: *Bactris*

Especie: *Bactris Gasipaes*

Nombres comunes: Chontaduro (Colombia, Ecuador), pejibaye (Costa Rica, Nicaragua), pijuayo (Peru), pijiguao (Venezuela), tembé (Bolivia), pibá (Panama), cachipay (Colombia); pupunha (Brazil) (Escobar, et al., 1998).

1.1.2 Variedad. Principalmente se encuentran dos categorías: el chontaduro variedad roja y el chontaduro variedad amarilla, que al principio de su fructificación presentan una coloración verde y una forma achatada, la variedad roja se resalta por presentar menos estrías y menos pronunciadas que la variedad amarilla. Las variedades de fruto más representativas dentro de las categorías principales en Colombia, son: rojo costeño, amarillo costeño, verde costeño y rojo cauca (Restrepo, Vinasco y Estupiñan, 2012).

ASOHOFrucol presenta una serie adicional de variedades comerciales de chontaduro, entre las cuales se encuentran: Lisa, la cual no presenta espinas en su tallo, Umbronadas que suelen carecer de semilla, Apilonada o tetillado de un tamaño menor, entre otras (ASOHOFrucol, 2017).

1.1.3 Hábitat. El chontaduro es propio de regiones tropicales y prefiere zonas con alta precipitación, alta temperatura y suelos no inundables ni compactos. El medio más propicio son zonas cálidas con alta humedad con una altitud de 0 a 1800 msnm; en Colombia, se encuentran cultivos de chontaduro en el departamento del Cauca, Tolima, Valle del Cauca, Cundinamarca, Caquetá, Putumayo, Arauca y Chocó (Catalogo de la Biodiversidad Colombiana, 2007).

1.1.4 Morfología. Palma con varias estirpes, de 7-20 m de altura y 15-20 cm de diámetro. Hojas pendientes hacia los lados cubiertas con espinas cortas y suaves y miden entre 1,5 y 4 m en plantas adultas, con un ancho entre 30 y 50 cm., con raquis de 1.8 - 3.3 m. La inflorescencia está formada por un conjunto de espigas de 80 cm de largo, con pedúnculo de hasta 50 cm de longitud. Las flores son unisexuales, femeninas o masculinas; de tonalidad amarilla. (ASOHOFrucol, 2017)

El fruto presenta diferentes formas desde redondeada hasta la cónica, una drupa de tamaño variable (6 a 7 cm de diámetro) con exocarpo delgado de coloración roja o amarilla, mesocarpo harinoso anaranjado, endocarpo oscuro y duro; semillas de distinto tamaño que tardan entre 45 y 90 días en germinar. (Mattos-Silva y Mora-Urpi 1996).

1.2 CULTIVO DE CHONTADURO EN COLOMBIA

El chontaduro, por ser una de las frutas más promisorias del Pacífico Colombiano, ha tenido una variación en su crecimiento de 1,5% en cuanto a su producción, el cual ha sido de aproximadamente 2.890 hectáreas sembradas, las cuales arrojaron una producción de 2.741 toneladas cosechadas durante el año 2014 y una producción total de 10.524 toneladas con un rendimiento de 3,84 toneladas por hectárea, siendo uno de los departamentos de mayor relevancia junto al Valle del Cauca y Putumayo (MADR, 2014).

El chontaduro es el sexto producto frutícola con mayor tasa de crecimiento por área cosechada y represento un 2% del total nacional del sector. En cuanto a la producción, que representó un 1% del total frutícola, la tasa de crecimiento del 20% fue relativamente alta, aunque no estuvo entre los productos de mayor dinamismo con rendimiento promedio de la producción de 6,3 toneladas/hectárea, variable que se ha mantenido entre las 5 y 7 toneladas/hectárea desde 1997, cuando creció en un 50% (Escobar *et al.*, 2011).

El chontaduro (*Bactris gasipaes* K.) se caracteriza por ser una planta de crecimiento semi-spontáneo, lo que ha favorecido su amplia distribución natural en diferentes regiones de

Colombia como la Costa Pacífica, la Orinoquía y la Amazonía. Esto le ha permitido ser parte integral de cada uno de los ecosistemas donde crece, por lo cual se establece un vínculo de asociación o convivencia con plantas, artrópodos y microorganismos propios del ecosistema sin que estos se conviertan en plagas o enfermedades que conduzcan a la extinción de la planta. Diferente situación se deriva cuando el chontaduro se convierte en especie apta de ser cultivada en forma comercial u ocurre la introducción natural o provocada de especies perjudiciales (Hleap y Rodríguez 2015).

1.3 IMPORTANCIA NUTRICIONAL DEL CHONTADURO

El Chontaduro (*Bactris gasipaes*) se constituye en una de las principales bases a partir de las cuales se pueden obtener y procesar una amplia gama de productos, por su diversidad composicional de 37,6% de carbohidratos; 52,5% de agua; 3,3% a 23,5% de grasa; 3,3% de proteínas; 1,4% de fibra; 23 mg de calcio; 47 mg de fósforo; 0,7% de hierro y aportar 185 calorías/g (Daza, Rodríguez y Mosquera, 2015). Contiene aminoácidos esenciales (6,24 g/100 g de materia seca), siendo las etapas de cosecha, pos cosecha y comercialización las que más afectan su calidad y aceptación (Tosne, Mosquera y Villada, 2014). La grasa del chontaduro se caracteriza por contener principalmente ácidos grasos monoinsaturados (47%) cuyo consumo conduce a una reducción del colesterol, las lipoproteínas de baja densidad y los triglicéridos a nivel sanguíneo, sin alterar las lipoproteínas de alta densidad ni las lipoproteínas de muy baja densidad, siendo una buena opción para el consumo humano. (López, *et al.*, 2015; Blanco, Gómez y Montero, 1992) (Restrepo, Vinasco y Estupiñán, 2012).

1.3.1 Carotenoides. Los carotenoides, pigmentos liposolubles de origen vegetal y algunos de origen animal, resultan de vital importancia en los últimos estudios realizados a muestras de alimentos; su importancia radica principalmente en sus propiedades como antioxidantes, el consumo de los mismos ayuda en la protección contra los riesgos de salud relacionados con la edad y asociados con el estrés oxidativo (Adom, Sorrells, & Liu, 2003) adicionalmente como fuente precursora de provitamina A, necesaria para una buena nutrición en quienes los consumen, La vitamina A es esencial para la visión y necesaria para mantener sanos la piel y los tejidos superficiales (Meléndez, Vicario & Francisco, 2004). Su principal función en los alimentos, radica en la responsabilidad de captar los rayos de luz durante el día como energía luminosa, para ser transformada en energía química y así llevar a cabo el correcto desarrollo de las funciones vitales durante la fotosíntesis a través de las clorofilas (Meléndez, *et al.*, 2004).

Varios estudios epidemiológicos han sugerido que el consumo de frutas y verduras que contienen carotenoides ayuda a prevenir el desarrollo de enfermedades degenerativas como las enfermedades cardiovasculares, la degeneración macular, algunos tipos de cáncer y especialmente afecciones en la salud relacionadas con la edad como las cataratas (Rojas-Garbanzo, *et al.*, 2012); a este grupo de pigmentos se han encontrado según estudios cerca de 600 compuestos presentes en alimentos (Lupano, 2013).

En el cuadro 1 se observa que la cocción disminuye un porcentaje de los carotenoides totales. La mayor disminución ocurre en el β -caroteno y por lo tanto en actividad provitamina A. Y-caroteno y licopeno no cambian significativamente, se asume que se debe a la transformación de Z-Y en E-Y y Z-licopeno en E-licopeno (Murillo, 2013).

Cuadro 1. Carotenoides contenidos en el fruto de chontaduro (*Bactris gasipaes*)

Carotenoide	Crudo	Cocido
α – caroteno	4.4 \pm 1.0	3.2 \pm 0.8
β – caroteno	49.2 \pm 2.3	37.3 \pm 2.6
Z-Y caroteno-4	21.5 \pm 1.4	14.2 \pm 1.8
E-Y- caroteno	27.7 \pm 1.9	24.6 \pm 2.5
Z - licopeno-3	16.4 \pm 0.9	12.7 \pm 1.2
Z - licopeno-6	6.0 \pm 0.4	5.2 \pm 0.5
E – licopeno	6.5 \pm 0.4	7.2 \pm 0.7
Otros -Z- carotenos	8.0 \pm 1.7	12.5 \pm 2.1
Xantofilas	3.2 \pm 0.7	2.6 \pm 0.9
Total	142.09	119.5

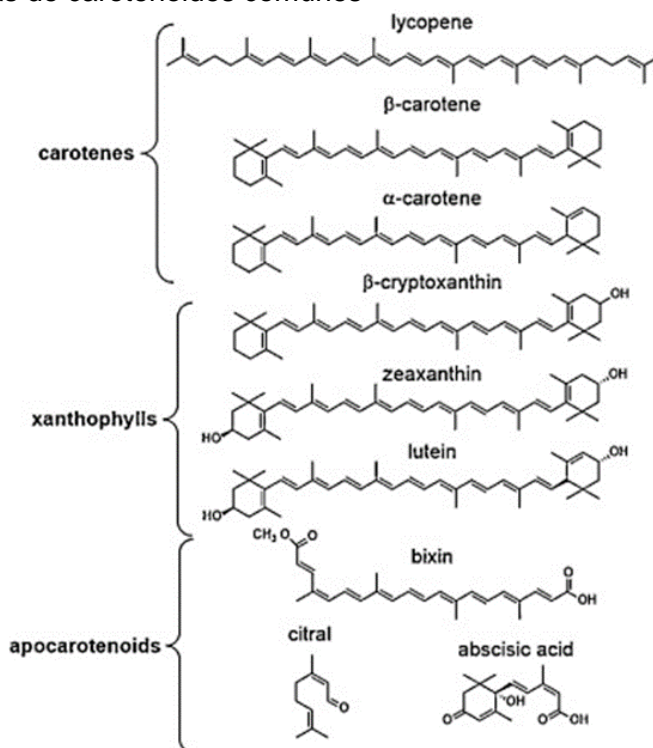
Fuente: Murillo, 2013.

Una clasificación general, que permite identificar el contenido de carotenoides en una muestra, resulta de su estructura y conformación química, presentando así los siguientes tipos o grupos: los Carotenos, cuya característica principal resalta en las cadenas hidrocarbonadas altamente conjugadas con C40, un ejemplo de ellos son la luteína y la zeaxantina; los Apocarotenoides, como resultado del metabolismo de carotenoides, siendo carotenos de cadenas cortas y xantofilas; finalmente se encuentran los carotenoides de C30, presentes principalmente en bacterias, resaltándose el 4, 4'-diapolicopeno (Britton *et al.*, 2004), cada uno de los grupos de carotenos que se pueden identificar, se muestran en la Figura 1.

El fruto del chontaduro (*Bactris gasipaes*), es una fuente importante de carotenoides (provitamina A), vitamina C, fibra dietética y otros nutrientes necesarios para una alimentación adecuada. Un chontaduro mediano (50 g), dependiendo de la variedad, suple en promedio entre un 15% y un 100% o más de las necesidades diarias de vitamina A y C del adulto (López *et al.*, 2015; Blanco, Gómez y Montero, 1992), habiéndose encontrado que estos carotenoides poseen una alta biodisponibilidad (Restrepo, Vinasco y Estupiñán, 2012; Clement y Mora, 1987). El rápido deterioro del fruto debido al clima de la región (caliente y húmeda) es el principal factor que limita un mayor uso comercial del chontaduro ya que el fruto sin procesar tiene un periodo de vida de 3 días (De Oliveira, *et al.*, 2006).

Grandes cantidades en el contenido de carotenoides, se presentan durante su etapa de desarrollo y maduración. Su almacenamiento se lleva a cabo en los cromoplastos (Kopec y Failla, 2017). La biodisponibilidad de los carotenoides, cualquiera que sea la fuente, es bien conocida por estar profundamente influenciada por el procesamiento de alimentos (Hadley, Clinton & Schwartz, 2003).

Figura 1. Estructuras de carotenoides comunes



Fuente: Kopec y Failla, 2017.

Estudios anteriores han demostrado que las concentraciones de carotenoides a menudo aumentan durante el tratamiento térmico durante la cocción, probablemente debido a que las paredes celulares están suavizadas, lo que facilita su biodisponibilidad en la materia prima durante el análisis (De Sá y Rodríguez-Amaya, 2003). El tratamiento térmico extremo o prolongado, puede generar la pérdida de carotenoides. Factores como la luz, los metales, el oxígeno, los ácidos orgánicos y el calor incluido pueden promover la isomerización y degradación de carotenoides (Rodríguez-Amaya, 1999).

Estudios llevados a cabo durante el periodo comprendido entre los años 2008–2013 por varios investigadores (Lemmens *et. al.*, 2014), revelaron cifras acerca de las propiedades y características especiales de los carotenoides presentes en diferentes muestras de frutas y hortalizas, además de los impactos que conlleva el procesamiento en su bioaccesibilidad según el tratamiento al que la muestra es sometida. La mayor reducción en el contenido de carotenoides en las muestras evaluadas, se presentó en los procesamientos desarrollados con presencia de calor, relacionada a la susceptibilidad de los pigmentos a este factor (Mercadante, 2007).

La reducción en el contenido de carotenoides en los alimentos procesados, especialmente en harinas, se debe principalmente al sometimiento de la materia prima a tratamientos térmicos severos y prolongados. Procesos que involucren operaciones como la cocción de la materia prima, la deshidratación a alta temperatura por tiempo prolongado, la

molienda también genera calentamiento por fricción y como resultado de su actividad antioxidante, los carotenoides se degradan fácilmente por la presencia de oxígeno, por influencia del calor, la exposición a los hidroperóxidos de luz en la etapa de almacenamiento, afectan en gran medida la conservación final del contenido de carotenoides en la harina (Leenhardt *et al.*, 2006).

1.3.2 Digestibilidad Proteica. Las proteínas son sustancias orgánicas conformadas por la unión de aminoácidos, compuestos de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno; algunos de ellos esenciales para el organismo humano que deben ser necesariamente ingeridos en la dieta, de manera que se aporten los nutrientes requeridos para el desarrollo normal de las funciones orgánicas, puesto que aportan energía. La disponibilidad de las proteínas en los alimentos es amplia, provienen tanto de alimentos vegetales como los de origen animal, lo que las convierte en uno de los compuestos bioquímicos con mayor disponibilidad en la naturaleza (Castro y Ávila, 2007).

El chontaduro presenta valor proteico vegetal; su proteína junto a los cereales y otras provenientes de alimentos vegetales, se relacionan con un bajo valor nutricional (Carbonaro, Maselli & Nucara, 2012). Su baja digestibilidad proteica, hacen que muchos alimentos y principalmente los de origen vegetal, presenten un valor nutricional bajo, lo cual se ha relacionado con la coexistencia de inhibidores de la proteasa, como el inhibidor de la tripsina, así como con las propiedades estructurales inherentes de las proteínas vegetales (Carbono *et al.*, 2008; Deshpande y Damodaran, 1989).

La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que el aparato digestivo las convierte en sustancias útiles para la nutrición. Comprende dos procesos, la digestión que corresponde a la hidrólisis de las moléculas complejas de los alimentos, y la absorción de pequeñas moléculas (aminoácidos, ácidos grasos) en el intestino. La digestibilidad constituye un indicador de la calidad de la materia prima que a veces varía notablemente, de una especie a otra; a priori se deberían esperar valores muy distintos en las especies carnívoras, herbívoras u omnívoras (FAO, 2017).

En la evaluación de la calidad de una proteína alimenticia, se deben considerar dos factores: su contenido en aminoácidos indispensables y su digestibilidad. El valor biológico de una proteína depende de la composición de aminoácidos y de las proporciones entre ellos y es máximo cuando estas proporciones son las necesarias para satisfacer las demandas de nitrógeno para el crecimiento, la síntesis, y reparación tisular. El otro factor que condiciona la utilización de las proteínas alimenticias, modificándolas en forma variable es la digestibilidad. La digestibilidad será igual a 100 cuando el nitrógeno ingerido sea totalmente absorbido. El contenido en nitrógeno en las heces representa la cantidad no absorbida, es decir la proporción de proteínas que por sus características físicas o propiedades químicas resistieron el ataque de las enzimas proteolíticas. Parte de estas pérdidas fecales representan las pérdidas obligatorias de nitrógeno que proviene de las secreciones endógenas. (Suárez, Kizlansky & López, 2006).

1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA HARINA DE CHONTADURO

Todas las harinas de fuentes vegetales, se producen con métodos de deshidratación y molturación. La molienda para la obtención de las harinas es una molienda seca. Se ha demostrado (Anchundia, 2009; Guzmán, 2011) que en las harinas que no desarrollan gluten, el método de deshidratación define sus propiedades funcionales al usarlo como sucedáneo de productos con gluten, lo que se refleja en la calidad del producto final. Por ejemplo, la harina obtenida por deshidratación con tambor muestra características reológicas que ayudan al desarrollo de la masa para elaborar pan y pasta; por lo que, en el caso de la pasta, esta presenta pruebas de cocción similares a la de la pasta con gluten y el pan desarrolla mejor volumen. Esto indica que se deben modificar harinas (libres de gluten) con tratamientos térmicos para modificar sus propiedades reológicas, en función de darles diferentes usos en la elaboración de alimentos (Anchundia, 2009).

La harina de chontaduro, resulta como uno de los principales productos obtenidos después del secado y molienda del mesocarpio del chontaduro, que posteriormente se somete al proceso de cernido, con el objetivo de obtener el tamaño ideal para la harina que se desea obtener.

En la actualidad la harina de chontaduro puede sustituir otros productos destinados para el consumo humano, especialmente harinas de maíz y sorgo. Los frutos de segunda calidad pueden también usarse para nutrición animal o para extracción del aceite el cual tiene propiedades nutricionales y cosmetológicas (Restrepo, Vinasco y Estupiñan, 2012). Debe considerarse que la materia prima destinada para la elaboración de harina de chontaduro es de segunda y tercera clase, en el proceso de selección deben retirarse los frutos que presenten sobre madurez o que estén infectados por hongos o fitopatologías, siendo por lo tanto menos exigentes los atributos de calidad para este proceso, admitiéndose daño mecánico, deformaciones y frutos de menor tamaño, claro está cumpliendo los requerimientos fitosanitarios antes mencionados sobre ausencia de larvas, hongos y podredumbres (Godoy *et al.*, 2006).

En términos nutricionales, la harina de chontaduro tiene una alta disponibilidad de beta-carotenos, minerales, aminoácidos esenciales y aceite y mejora el valor nutricional del producto final, como pastas, en cuanto a volumen, densidad y tiempo de cocción (De Oliveira, *et al.*, 2006); y en otros productos como salchichas, la inclusión de harina de chontaduro mejora algunas de las propiedades de textura sin afectar la aceptación sensorial (Hleap y Rodríguez, 2015). Esta y otros subproductos del chontaduro, por su alto contenido de fibra dietaria podrían ser utilizados en productos de panadería, productos lácteos, mermeladas, carnes procesadas, sopas enlatadas o secas, en el que puedan alterar las propiedades de textura, evitar la sinéresis y mejorar el tiempo de conservación, mientras que benefician al consumidor (Cervejeira, Godoy y Del Pino, 2015).

Actualmente para la elaboración de harinas precocidas se utiliza el proceso de extrusión que es considerado una de las tecnologías más apropiadas para la transformación de cereales y harinas. Este proceso hace una cocción del material amiláceo, inactiva enzimas, homogeniza la mezcla y genera texturas diferentes, además lo hace a través de un proceso de alta temperatura en corto tiempo, lo cual asegura un mínimo de pérdidas de nutrientes (Castillo, Grajales y Martínez, s.f.). Hoy en día, el uso del fruto está limitado básicamente a consumo directo (después de cocido), aunque algunas asociaciones de productores están procesando una harina para la preparación de panes y galletas en mercados de Rio Branco, Acre, Porto Velho, Costa Rica y más recientemente, en Manaus, Amazonas. La harina de chontaduro puede sustituir otros productos destinados al consumo humano, como la harina de maíz, la cual es difícil de cultivar y procesar en Amazonia (Yuyama et al., 2003). Las frutas de segunda calidad pueden ser usadas como alimento para animales; de hecho, se han realizado estudios para determinar su valor nutricional en estos productos (Clement y Mora, 1987).

1.4.1 Etapas en la producción de la harina de chontaduro. La tecnología brasileña permite producir a escala comercial harina de chontaduro, siendo una alternativa a la harina de trigo al ser más rica en vitaminas y nutrientes (Castillo, Grajales y Martínez, s.f.), para la obtención de harina se requiere de la cocción del fruto como punto de partida.

1.4.1.1 Cocción. La cocción es un proceso en el que se origina un incremento de la permeabilidad celular del vegetal, por lo que se ve favorecida la cesión de las sustancias solubles al agua en la cual se realiza dicha cocción, enriqueciéndose en los nutrientes solubles que se han disuelto en ella, o en los compuestos contaminantes.

Durante la cocción, el calor provoca modificaciones químicas y físicas del alimento que mejoran el aroma y sabor, la palatabilidad y la digestibilidad del producto y que pueden mejorar su conservación. Asimismo, este calor puede aumentar la disponibilidad de algunos nutrientes, mediante la inactivación de enzimas que actúan como factores antinutritivos. Sin embargo, el cocinado determina normalmente una pérdida de nutrientes, que es mayor cuanto más elevada es la temperatura y más largo el tiempo de cocinado, o si se utiliza un exceso de líquido. Las pérdidas de minerales y de vitaminas hidrosolubles se reducen sí el agua de cocción se emplea posteriormente. En general la cocción desarrolla los sabores, aromas y colores de los alimentos, aunque es posible que en algunos casos se atenúen. El escaldado y la cocción a vapor mejoran el color de los alimentos, los cuales también aumentan su volumen por absorción de agua (Teruel, 1995).

El pardeamiento enzimático es una de las reacciones más importantes en alimentos sometidos a tratamiento térmico. En cuanto al catalizador, la enzima polifenol oxidasa está estrechamente relacionada con el pardeamiento enzimático en presencia de oxígeno. Se encuentra ampliamente distribuida en casi todas las plantas y puede causar cambios de color y sabores indeseables durante el procesamiento posterior a la cosecha. La alta actividad de la polifenol oxidasa también acelera el deterioro de la calidad durante el secado y almacenamiento. Por lo tanto, la desactivación de esta enzima es por lo general

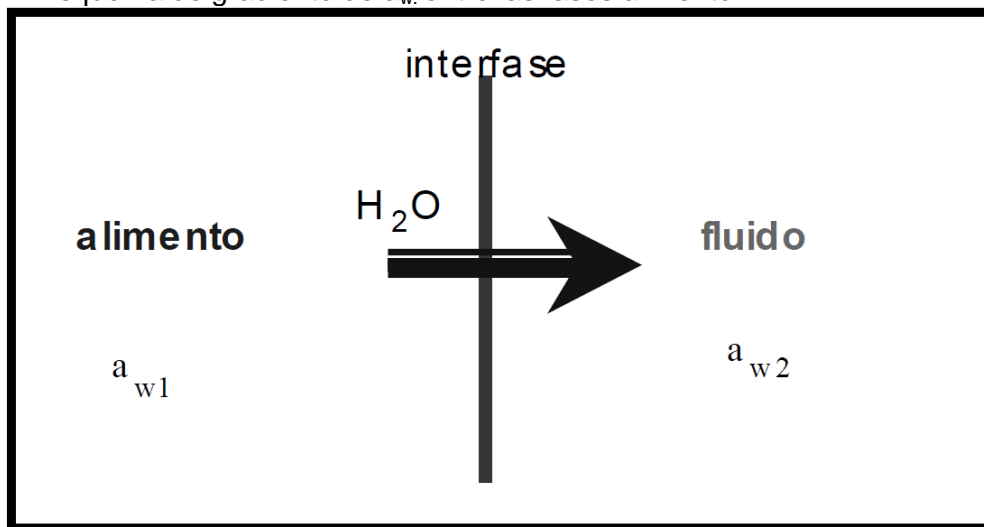
un tratamiento esencial antes de cualquier proceso de conservación y determina en gran medida la calidad del producto final (Wang *et al.*, 2016).

Entre las vitaminas que se ven afectadas en la cocción hay que destacar la riboflavina, la niacina, las vitaminas del grupo B y la vitamina A. La vitamina C, además de ser hidrosoluble, se destruye más rápidamente con el calor, en condiciones alcalinas y en presencia de ciertos metales, como por ejemplo el cobre y el hierro. La cocción de ciertas Proteínas vegetales produce con frecuencia un aumento de digestibilidad por desenmascarar sitios de hidrólisis (Lupano, 2013).

1.4.1.2 Secado. El secado implica la aplicación simultánea de calor y eliminación de humedad de los alimentos (Karam *et al.*, 2016). Los principales parámetros a controlar son: tiempo, temperatura del aire, humedad relativa y la velocidad del aire como condiciones de las variables de proceso, en base a la naturaleza de los alimentos y en particular del diseño del secador (Sivakumar *et al.*, 2016; Sharada, 2013).

El secado es un proceso de conservación de alimentos ampliamente usado en el cual la remoción de agua minimiza muchas de las reacciones de deterioro que impactan la calidad del producto. Las condiciones del secado y la molienda durante el procesamiento influyen en gran medida en los atributos de calidad del material biológico; esto no solo implica cambios a nivel nutricional, sino también cambios físicos, de textura, sensoriales y funcionales. En el proceso de secado, el aire caliente generado proporciona el calor necesario para evaporar la humedad y llevarla fuera de los materiales. La diferencia entre la humedad del núcleo y la humedad de la superficie crea un gradiente de presión, que se convierte en la fuerza motriz para eliminar el agua de los alimentos (Sivakumar *et al.*, 2016).

Figura 2. Esquema de gradiente de a_w entre las fases alimento



Fuente: Maupoey *et al.*, 2001.

En la figura 2 se presenta un sencillo esquema que ilustra la deshidratación, como una operación unitaria que permite eliminar el agua que contiene un alimento sólido o una disolución (generalmente concentrada), mientras se transfiere a la fase fluida que lo rodea debido a los gradientes de actividad de agua (a_w) entre las fases del alimento.

El calentamiento controlado de los productos alimenticios hace que se evapore parte de la humedad presente. Los años de experiencia, los métodos de ensayo e investigaciones realizadas durante los últimos cien años, han dado como resultado el desarrollo de una variedad de métodos de secado y equipos de secado (Lewicki, 2006).

El secado por convección, con aire caliente como portador de calor, es considerado como el método más usado para remover humedad del material biológico, debido a los bajos costos con una eficiencia satisfactoria en el periodo inicial, por su alta velocidad de secado y gran capacidad del equipo y el lote de material a secar (Michalska *et al.*, 2016; Figiel, 2010). Sin embargo, este método se caracteriza por una duración relativamente larga y una alta temperatura, las cuales son requeridas para reducir el contenido de humedad. En consecuencia se observa degradación de compuestos importantes de los nutrientes y alteraciones en el color del producto final (Wojdylo *et al.*, 2014). Actualmente para la elaboración de harinas precocidas se utiliza el proceso de extrusión, que es considerado una de las tecnologías más apropiadas para la transformación de cereales y harinas, que hace cocción del material amiláceo, inactiva enzimas, homogeniza la mezcla y genera texturas diferentes, a través de un proceso de alta temperatura en corto tiempo, lo cual asegura un mínimo de pérdidas de nutrientes (Castillo, Grajales y Martínez, s.f.).

Hoy en día el incremento en el consumo de productos deshidratados, está tomando mayor fuerza, esto enmarcado en la concentración y contenido nutricional resaltándose la fibra, los antioxidantes y otros compuestos bioactivos (Ah-Na, *et al.*, 2017) que hacen parte fundamental en su matriz biológica; estudios en otros frutos, resaltan la vulnerabilidad a la que pueden estar expuestos los elementos composicionales de una fruta o verdura después de haber sido secada, desarrollándose principalmente una degradación de los compuestos volátiles y un leve pardeamiento aumentándose por la presencia de oxígeno sobre el producto final (Ah-Na, *et al.*, 2017; Oszmianski y Wojdyto, 2009; Ananingsih, Sharma y Zhou, 2013). La reducción de tamaño, permite que los alimentos presenten una mejor disponibilidad de los nutrientes para el consumidor, conocida como biodisponibilidad de los compuestos composicionales de la materia prima empleada como base para la harina (Ah-Na *et al.*, 2017; Knockaert *et al.*, 2012).

1.4.1.3 Molienda. La molienda es el proceso de reducción de tamaño de partículas sólidas sometidas a un esfuerzo mecánico, en el que la fractura ocurre con el rompimiento de las fuerzas de unión molecular internas con respecto a las fuerzas externas (Karam *et al.*, 2016; Murthy *et al.*, 1999). Es el resultado de la operación de molienda depende por una parte en gran medida de la naturaleza del alimento y las propiedades del material, y, por otra parte, de la tecnología utilizada, la distribución y la intensidad de la fuerza aplicada por el equipo de molienda. Dependiendo las características del producto final se elige el equipo o dispositivo adecuado (Karam *et al.*, 2016).

1.4.1.4 Tamizado. Las propiedades físicas de un producto pulverulento están directamente relacionadas con el tamaño de las partículas. Las características granulométricas de una materia prima procesada, constituyen un aspecto importante en la formulación de productos de panificación, ya que una distribución adecuada de partículas, permite una mayor uniformidad del producto final (Souza, 2010). La granulometría es la medición de los granos por tamaño en una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de fracciones por tamaño retenido en una serie de tamices por tamaño previstos por una escala granulométrica con fines de análisis tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas. Las propiedades físicas de un producto pulverulento están directamente relacionadas con el tamaño de las partículas, la reducción de tamaño de los sólidos, permite que los materiales se pulvericen a tamaños más pequeños por acción mecánica para mayor uniformidad (Geankoplis, 1998). Las características granulométricas de una materia prima son importantes en la formulación de productos de panificación, ya que la distribución adecuada de partículas, permite una mayor uniformidad del producto final (Souza, 2010).

1.5 CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS

Los análisis comprendidos dentro de este grupo, también conocido como análisis proximales Weende, se aplican en primer lugar a los materiales que se usarán para formular una dieta como fuente de proteína o de energía y a los alimentos terminados, como un control para verificar que cumplan con las especificaciones o requerimientos establecidos durante la formulación. Estos análisis indican el contenido de humedad, proteína cruda (nitrógeno total), fibra cruda, lípidos crudos, ceniza y extracto libre de nitrógeno en la muestra (AOAC, 2000).

1.5.1 Humedad. Durante el balanceo de la ración, es fundamental conocer el contenido de agua en cada uno de sus elementos; así mismo, es necesario vigilar la humedad en el alimento preparado, ya que niveles superiores al 8% favorecen la presencia de insectos y arriba del 14%, existe el riesgo de contaminación por hongos y bacterias. El método se basa en el secado de una muestra en un horno y su determinación por diferencia de peso entre el material seco final y el húmedo inicial (De Silva y Anderson, 1995).

1.5.2 Proteína cruda. Por su costo, es este el nutriente más importante en la dieta en una operación comercial; su adecuada evaluación permite controlar la calidad de los insumos proteicos que están siendo adquiridos o del alimento que se está suministrando. Su análisis se efectúa mediante el método de Kjeldahl, el mismo que evalúa el contenido de nitrógeno total en la muestra, después de ser digerida con ácido sulfúrico en presencia de un catalizador de mercurio o selenio. Para su análisis se emplea una unidad de digestión y destilación Kjeldahl, matraces Kjeldahl de 500 ml, matraces Erlenmeyer de 250 ml, perlas de ebullición.

1.5.3 Lípidos crudos. Para esta determinación, las grasas de la muestra son extraídas con éter de petróleo y evaluadas como porcentaje del peso después de evaporar el

solvente. El método se realiza empleando como solvente éter de petróleo, cuyo punto de ebullición se encuentra entre los 40°C y los 60°C, en un aparato de extracción Soxhlet, con el horno de laboratorio ajustado a 105°C, desecador y dedales de extracción.

1.5.4 Fibra cruda. Este método permite determinar el contenido de fibra en la muestra, después de ser digerida con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio y calcinado el residuo. La diferencia de pesos después de la calcinación indicará la cantidad de fibra presente.

1.5.5. Extracto libre de nitrógeno (ELN). Dentro de este concepto se agrupan todos los nutrientes no evaluados con los métodos señalados dentro del análisis proximal, constituido principalmente por carbohidratos digeribles, vitaminas y demás compuestos orgánicos solubles no nitrogenados; debido a que se obtiene como la resultante de restar a 100 los porcentajes calculados para cada nutriente, los errores cometidos en su respectiva evaluación repercutirán en el cómputo final.

1.6 PROPIEDADES FUNCIONALES

Todos los alimentos presentan ciertas características que resultan de vital importancia para ser evaluadas de acuerdo a sus componentes y relacionados principalmente con la estructura y propiedades fisicoquímicas de sus biomoléculas. A nivel industrial, se realizan diversas operaciones que desencadenan un sin número de interacciones y modificaciones entre los componentes de una materia prima, debido principalmente al tipo de tratamiento, almacenamiento y procesamiento; ejemplos claros de ello son: los productos de panadería, donde la viscosidad y la capacidad de formar pastas se relacionan justamente con las propiedades de las proteínas del gluten de trigo. En los productos a base de carne, la textura y succulencia dependen de las proteínas musculares (actina, miosina, actinmiosina y proteínas de la carne solubles en agua). En los lácteos, la textura y el cuajado se deben a la estructura coloidal de las micelas de caseína; y la estructura de algunos pasteles y las propiedades espumantes de algunos postres o productos de confitería dependen de las propiedades de espumado y gelificación de las proteínas presentes en la clara de huevo (Rodríguez y Pacheco, 2009).

A partir del agua como componente mayoritario de los alimentos, se establecen puentes de hidrógeno con grupos hidroxilo de los polisacáridos lo que conlleva a la disolución y la dispersión de grandes moléculas y modificando así las propiedades fisicoquímicas especialmente de las proteínas. La dispersabilidad, la humectabilidad, el hinchamiento, la solubilidad, la viscosidad, la capacidad de atrapamiento de agua y el espumado entre muchas otras, dependen principalmente de la interacción ocurrida entre la proteína y el agua (Rodríguez y Pacheco, 2009). A nivel molecular, el procesamiento de los alimentos ocasiona modificaciones de tipo físico, químico y bioquímico en su textura, sabor y a nivel general en sus constituyentes, manifestados a través de las propiedades hidrodinámicas tales como la viscosidad, gelación y texturización y en segunda instancia las superficiales como la humectabilidad, dispersabilidad, solubilidad, espumado, emulsificación y unión a

sabores de las proteínas, dependiente esta acción en gran medida de la cantidad de agua que las mismas son capaces de retener (Rodríguez y Pacheco, 2009).

La proteína y la fibra cruda en el chontaduro, son los principales elementos presentes en su matriz composicional; estos componentes influyen en cierta manera principalmente sobre las características fisicoquímicas, especialmente cuando son empleados como materia prima en la obtención de harina; el comportamiento y análisis de estas características, se estudia a partir de la evaluación de sus propiedades funcionales (Ramírez y Pacheco, 2009).

1.7 CURVAS DE EMPASTAMIENTO

Las curvas de empastamiento son una herramienta útil para observar los cambios en las harinas producidos por los tratamientos de hidrólisis. Además, son convenientes para estudiar los cambios en la viscosidad de las harinas producto de tratamientos térmicos como extrusión (Kumar *et al.*, 2016). En la curva que se obtiene se determinan: la temperatura de inicio de gelatinización (T gel): es la temperatura a la cual se observan un aumento de viscosidad en la muestra. La viscosidad máxima que es la máxima viscosidad que la muestra alcanza, antes de iniciar el descenso en la curva. La facilidad de cocción que se refiere la diferencia entre el tiempo en el cual la muestra inicia el proceso de gelatinización y el tiempo al cual la muestra alcanza su viscosidad máxima. La inestabilidad del gel que hace referencia a la diferencia entre la viscosidad máxima y la Viscosidad de la muestra después de 5 minutos a 90°C. Y el índice de gelificación que es la diferencia entre la viscosidad a 50°C y la Viscosidad después de 5 minutos a 90°C. (Rodríguez, *et al.*, 2006; Hurtado, 1996)

La gelatinización del almidón es el colapso o ruptura del orden molecular del gránulo de almidón manifestando cambio irreversible en las propiedades como hinchamiento granular, fusión de las regiones cristalinas, pérdida de birrefringencia y la solubilización del almidón en agua (Rodríguez *et al.*, 2007). La gelatinización puede estudiarse mediante el monitoreo de los cambios de viscosidad. Los cambios en la viscosidad o consistencia de dispersiones almidón-agua son monitoreados continuamente bajo agitación constante y seguidos de un ciclo de calentamiento-enfriamiento programado.

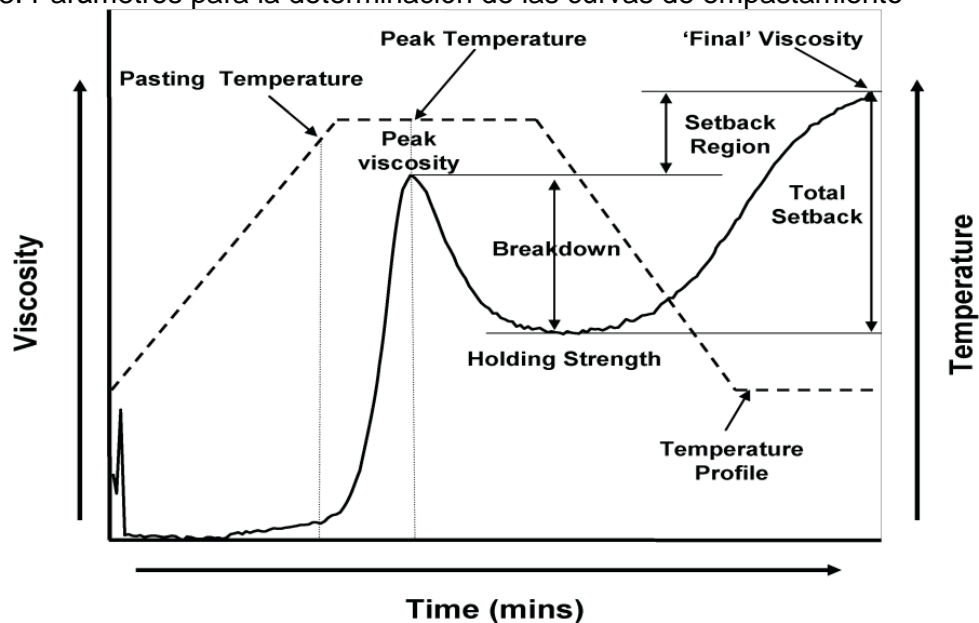
La temperatura de empastamiento es usualmente más alta que la de gelatinización medida por la pérdida en birrefringencia. El pico de viscosidad es una medida del poder de espesamiento de un almidón. El incremento en la viscosidad durante el enfriamiento de una pasta es una medida de la retrogradación debida a la reasociación de las moléculas de almidón. A partir de las curvas de empastamiento se pueden recolectar datos cuya información permite obtener parámetros tales como (Alvis *et al.*, 2008):

Temperatura de gelatinización (°C).
Viscosidad máxima pico de viscosidad.

Temperatura en el pico de viscosidad máxima (95°C).
Facilidad de cocción.
Índice de inestabilidad del gel.
Índice de estabilidad del gel.

Cuando los gránulos de almidón se calientan en presencia de agua tienden a romperse las uniones intermoleculares, se reducen las regiones cristalinas (pérdida de birrefringencia) y aumentan los puentes de hidrógeno con el agua. El agua incorporada al grano aumenta enormemente su tamaño, pudiendo llegar al rompimiento. Si al principio del calentamiento la presión ejercida entre los granos provoca un aumento de la viscosidad de la pasta, la ruptura de los mismos, facilitada por una agitación, se refleja en una disminución de la viscosidad y la total pérdida de la birrefringencia; a la temperatura a que esto ocurre se conoce como gelatinización. La posterior reordenación, con el enfriamiento, principalmente de las cadenas lineales de amilosa, con cristalización y exclusión del agua, se conoce como retrogradación (Rodríguez, 2008).

Figura 3. Parámetros para la determinación de las curvas de empastamiento



Fuente: ResearchGate, 2016.

El almidón se encuentra en la harina en forma de gránulos de diferentes tamaños. El almidón de trigo normal contiene 25% de amilosa (la molécula de almidón menor y lineal) y 75% amilopectina (la molécula ramificada y más grande). Son polímeros cuya unidad básica es la glucosa, unidas entre sí por enlaces alfa (1-4) en la estructura lineal y por enlaces alfa (1-6) en los puntos de las ramificaciones (amilopectina) (Bernabé, 2009). El gránulo de almidón es completamente insoluble en agua fría. Sin embargo, cuando se calienta progresivamente una suspensión de almidón los gránulos empiezan a gelatinizar. A los 60°C los débiles enlaces son disociados, los gránulos empiezan a hincharse y la estructura interna inicia sus cambios. Si se continúa calentando se produce una

penetración del agua en el interior y el gránulo continúa hinchando y gelificando, hasta formar una pasta más o menos espesa y clara. Este fenómeno es primordial para que las enzimas puedan ejercer su acción. En efecto, el gran tamaño de la amilasa le hace incapaz de penetrar por los finos microporos del gránulo. Por efecto de la gelatinización se abre el gránulo y la amilasa puede atacar las fracciones del almidón (Bernabé, 2009). Durante la molienda una parte de los gránulos de almidón se dañan parcialmente. Estas lesiones permiten la penetración del agua y el ataque enzimático. La cantidad de almidón dañado presente en la harina va a influenciar su comportamiento en la panificación (Bernabé, 2009). Así, su mayor presencia aumenta la absorción de agua, la coloración de la corteza y la producción de gas, y facilita la acción de las amilasas.

1.8 ESTADO DEL ARTE

Estudios realizados por la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia (ENSIN), revelaron que más del 30% de la población presenta anemia debido al bajo consumo de productos con hierro y paralelamente, deficiencias del 85,8% y 62,2% en la ingesta de Calcio y Zinc, lo que lleva a considerarse como un problema de salud pública; soluciones a esta problemática, se están desarrollando a través de la obtención de harinas no convencionales de productos promisorios regionalmente y con proyección nacional e internacional. De esta manera, surge la necesidad del estudio y evaluación en el uso de algunas materias primas de uso no convencional y algunos desechos agroindustriales para obtención de ingredientes funcionales en la industria alimenticia, productos como las leguminosas y frutas especialmente su cáscara y sus semillas, de las cuales se obtiene inicialmente harina a partir de la deshidratación.

De acuerdo con Restrepo (2007), el chontaduro es probablemente el más balanceado de todos los alimentos tropicales, conteniendo carbohidratos, proteínas, grasa, minerales y vitaminas. Es extremadamente rico en vitamina A (mucho más que el trigo y el maíz), β -caroteno (precursor de la vitamina A), y contiene otras vitaminas como la B y C, todas ellas poderosas sustancias antioxidantes. También presenta una gran cantidad de ácidos grasos poliinsaturados (Chaparro, 2011), es rico en minerales esenciales para la dieta como calcio, potasio, magnesio, manganeso, selenio, cromo, hierro y zinc aportando entre el 8-10% de los requerimientos necesarios según la ingesta diaria recomendada para personas entre 25 y 50 años. Es una poderosa alternativa alimenticia y nutricional sin aprovechar, pues presenta entre el 2,5 y 5,5% de proteína de alta calidad ya que contiene 7 de 8 aminoácidos esenciales. Además, la cáscara y la semilla que acompañan a la pulpa pueden ser usados para alimentación animal (Yuyama, 2003). El contenido de grasa del fruto hace de éste una fuente importante de ácidos grasos poliinsaturados (oleico linoleico y linolénico) que lo convierten en un aceite de muy buena calidad que puede traer beneficios a nivel cardiovascular (Chaparro, 2011; Restrepo et al., 2012).

En la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, Pablo Pizzani y sus colaboradores (2008), utilizaron la técnica *in vitro* de producción de gas, con el objetivo de conocer la degradabilidad de la harina integral y del almidón de frutos de Pijigüao (*Bactris gasipaes* H.B.K.) como alimento para los rumiantes. Estos frutos fueron previamente

secados a una temperatura de 50°C en una estufa de flujo continuo, posteriormente molidas a 1mm, extrayéndose el almidón por fraccionamiento húmedo y centrifugación directa. La producción de gas (ml/g MS) durante la incubación in vitro de los sustratos a las 24 horas, fue de 432,5 y 516,7 ml/g MS, para la harina integral y el almidón, respectivamente. Con tasas fraccionales para cada sustrato de 0,33 y 0,035 ml/h y períodos de latencia de 3,72; 2,96 h. La degradabilidad aparente de la materia seca y la energía metabolizable estimada fueron de 79,34; 98,68% y 14,11; 16,90 MJ/kg MS para la harina integral y el almidón, respectivamente. Los resultados de esta evaluación in vitro de la harina integral y del almidón del fruto del Pijugao, en cuanto a su degradabilidad y contenido estimado energético, indican que es un ingrediente con potencialidades para ser usado en la alimentación de los rumiantes (Pizzani et al., 2008).

En convenio con el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), en 2009, se realizó un trabajo de investigación sobre la caracterización fisicoquímica de frutos provenientes de las zonas de Valle, Cauca y Putumayo, lográndose establecer que los frutos provenientes de la región de Cuatro Esquinas en el municipio de El Tambo (Cauca) son los de mejor aporte en proteína y grasa; este trabajo logró caracterizar los ácidos grasos del fruto, con apoyo de la Universidad de Montpellier, Francia (Rivera, 2009).

En 2009, Pacheco y Ramírez, compararon las propiedades funcionales en tres harinas con alto contenido en Fibra Total (FT), obtenidas a partir de piña (13,65%FT), guayaba (65,64%FT) y guanábana (49,34%FT) deshidratadas frente a una fibra de tipo comercial. Su evaluación en contenido FT, resulto mayor frente cereales como el trigo, avena, maíz y sorgo con 14,90%, 11,51%, 13,09% y 11,45% respectivamente tradicionalmente utilizadas para la obtención de harinas. Las propiedades funcionales evaluadas (absorción de agua, absorción de aceite, actividad de la emulsión, estabilidad de la emulsión y la viscosidad) revelaron que un alto contenido en fibra en harinas, les confiere a las mismas propiedades funcionales importantes en la industria de alimentos, útiles en la elaboración de productos tipo postres como pudines, helados, yogures firmes, bebidas instantáneas y galletería.

Ortega, Hernández y Acosta (2013) desarrollaron galletas a base de harinas libres de gluten (maíz, arroz y quinua), Se evaluaron los índices de absorción y de solubilidad en agua y las mezclas 60:40 y 70:30 presentaron las mejores características (baja absorción y alta solubilidad). El análisis proximal de las harinas, reveló una composición acorde con los reportes de la literatura, se estudiaron algunas propiedades reológicas de las harinas y de sus mezclas (consistencia, curva de empastamiento y viscosidad), encontrando que las mezclas formaban geles estables. Se produjeron masas de todas las mezclas. El producto obtenido cumplió con los requerimientos de formulación, de composición, de procesabilidad y de aceptación sensorial. Estos resultados indican que se pueden desarrollar productos funcionales de panificación (basados en quinua) con propiedades que favorezcan poblaciones con problemas nutricionales específicos, en este caso, aquellos con enfermedad celíaca.

En 2013, Castillo *et al.*, aprovecharon los beneficios aportados por parte del chontaduro como sus ácidos grasos tipo omega 3 y 6, adicionalmente de sus proteínas de alta calidad

y betacarotenos (precursor de la vitamina A), obteniendo una harina no convencional la cual la fortificaron con Hierro, Calcio y Zinc, en busca de mejorar la nutrición especialmente en niños, madres gestantes y adultos mayores. El estudio evaluó dos muestras por cada mezcla de harinas (harina de trigo/harina de chontaduro, harina de arroz/harina de chontaduro) manejando un margen de humedad del 14%b.h.. El proceso de fortificación se desarrolló de acuerdo a lo estipulado en el Decreto 1944/1996 con adición de 128mg/Kg (carbonato de calcio), 44 mg/Kg (Sulfato ferroso) y 20 mg/Kg (sulfato de zinc). Finalmente, en el producto obtenido se evaluaron las propiedades funcionales, su contenido de proteína disponible y aceptabilidad sensorial, cumpliendo con los requerimientos de formulación de composición y demás aspectos evaluados.

En 2014, Arroyo y Murillo realizaron la sustitución de maíz por harina de Pejibaye (*Bactris gasipaes kunth*) para la alimentación de gansos en etapa de inicio (0-4 semanas), se evaluó ganancia de peso, conversión alimenticia, conversión calórica y porcentaje de mortalidad, se distribuyeron en cuatro tratamientos dependiendo de la raza (Toulouse, Embden, China y Africana), las cuales se distribuyeron en cuatro tratamientos, sustituyendo la harina de maíz en 0, 25, 50 y 75% en raciones isoproteicas pero no isocalóricas, durante cuatro semanas que duró la prueba. En el ensayo se determinó un consumo menor de alimento y una ganancia de peso menor conforme aumentó el nivel de sustitución de maíz por harina de peji-baye. Sin embargo, en las variables, conversión alimenticia y costos de alimentación/kg de carne de ganso en pie, los cuales son parámetros muy importantes para determinar la eficiencia de las dietas, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos cuando el nivel de sustitución de maíz por harina de peji-baye fue inferior o igual al 50 % en las dietas de los gansos, en conclusión sugieren utilizar harina de peji-baye en dietas para iniciación en gansos con un nivel de sustitución de maíz por harina de peji-baye con un nivel máximo del 50%, ya que después de este nivel, el consumo de alimento, la ganancia de peso y la conversión alimenticia y el costo por kilogramo de carne en pie y mortalidad se ven afectadas significativamente.

En 2015, López *et al.*, en Costa Rica estudiaron la aceptabilidad de cuatro formulaciones para la elaboración de bocadillo a partir de peji-baye con el fin de conocer el grado de aprobación, por una población de consumidores. Se evaluó el agrado y el concepto que emitían en cuanto a las diferentes formulaciones, dando como resultado una aceptación del 85% de personas comprarían el producto. Fueron dos productos los que tuvieron mayor aceptación; a estos se les hizo una evaluación cualitativa; obteniéndose como resultado que, el bocadillo contiene en 100 g de producto en base seca: 9 ± 4 g de grasa, $14,0 \pm 0,3$ g de fibra dietética, 15500 ± 32 μ g de carotenoides y tiene una capacidad antioxidante de 4700 ± 8 μ mol TE, lo que evidencia su potencial como alimento funcional.

Una revisión bibliográfica desarrollada en 2016 por Karam y colaboradores, evalúan los efectos del secado y la molienda en la producción de harinas de frutas y hortalizas, principalmente comprando las características de los procesos tradicionales de secado y conceptos en procesos de innovación como los ultrasonidos, microondas y campos eléctricos además de su monitoreo y control en la incidencia sobre las propiedades en el

producto final. Por sus componentes bioactivos y propiedades antioxidantes, las frutas y verduras actualmente han recibido considerable atención para que su extracción afecte en lo más mínimo. Encontrando el secado por convección como la tecnología más adoptada en la industria de alimentos y alternativamente las técnicas de secado por microondas y secado al vacío, técnicas que aun requieren de análisis exhaustivos en cuanto a su consumo energético y calidad del producto que finalmente se obtiene. Una de las técnicas desarrolladas contribuyendo en la reducción del tiempo de secado aumentando la eficiencia energética del proceso y su calidad en el producto, es el secado híbrido que combina diferentes métodos de secado. Finalmente, la molienda criogénica resulta como el mejor método, ya que conserva mejor los componentes volátiles y saborizantes, color y permite una mayor distribución del tamaño de partículas de la harina (Pesek *et al.*, 1985; Murthy *et al.*, 1999; Singh y Goswami, 1999, 2000; Sharma *et al.*, 2014; Liu *et al.*, 2013).

Además de sus propiedades nutritivas, el chontaduro puede ser considerado como un alimento funcional ya que se ha demostrado científicamente que presenta compuestos bioactivos que afectan beneficiosamente a una o varias funciones del organismo, porque proporcionan una mejora en el estado de salud, además de ejercer un papel preventivo reduciendo los factores de riesgo que provocan la aparición de enfermedades, brindando beneficios al metabolismo, o al sistema cardiovascular (Vélez, 2012).

2. METODOLOGÍA

A continuación, se presenta la metodología utilizada para la evaluación de las propiedades nutricionales de harina de chontaduro obtenida mediante secado convectivo.

2.1 MATERIA PRIMA

Los frutos de chontaduro (*Bactris gasipaes* H.B.K) fueron obtenidos en el corregimiento de Cuatro Esquinas localizado a 23 km de la cabecera municipal de El Tambo, Cauca (Colombia), ubicado a 46 kilómetros del municipio de Popayán, a una altitud y temperatura promedio de 1269 m.s.n.m. y 24°C, respectivamente (Salazar, 2008).

Figura 4. Chontaduro (*Bactris gasipaes*)



2.2 OBTENCIÓN DE LA HARINA DE CHONTADURO

El procesamiento fue realizado en la planta de procesos aplicados en vegetales de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, ubicada en el norte de la ciudad de Popayán, en la vereda las Guacas a una altitud de 1.783 msnm y temperatura promedio de 19°C respectivamente y humedad relativa de 77%. Se localiza a los 2°27' norte y 76°37'18' de longitud oeste del meridiano de Greenwich (Alcaldía Municipal de Popayán) (IDEAM, 2011).

Se seleccionaron frutos de la variedad Rojo Cauca en el mejor estado físico y sanitario, en su naturaleza básica. Los frutos fueron transportados por vía terrestre hacia la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca. Se procesaron frutos de primera calidad, grado de madurez y estado óptimo, evaluados inicialmente de manera objetiva a partir de la información recolectada a través de la vista y el tacto, comparando con parámetros estandarizados en bases de datos, dado que estas condiciones influyen en las características fisicoquímicas y sensoriales de la harina, los frutos después de su estado óptimo de madurez inician el proceso de degradación conocido como senescencia, que favorece el desarrollo de microorganismos, los cuales invaden los frutos entrando por las heridas causadas por maltratos, fisuras o perforaciones de insectos.

Fueron necesarios 12 racimos de 3 kg, seleccionando frutos con características físicas de tamaño y color muy similares, provenientes de un mismo cultivo, para ser procesados a diferente temperatura (56°C, 58°C, 60°C y 62°C). La tonalidad del chontaduro seleccionado fue naranja a roja. Se tomaron las medidas físicas tomando 10 frutos de distintas partes del racimo midiendo con un calibrador pie de rey el diámetro y la longitud y mediante balanza analítica el peso de los mismos (Cuadro 2). Se requirió de un racimo por tratamiento térmico y se procedió a su lavado por aspersion y desinfección en una solución de 1 ml de Penta Quat por cada litro de agua.

Cuadro 2. Características físicas del chontaduro para proceso

Características Físicas del Fruto	
Variedad	Rojo Cauca
Procedencia	Cuatro Esquinas, El Tambo
Masa (g)	73,81 ± 0,31
Diámetro (cm)	4,20 ± 0,20
Longitud (cm)	4,60 ± 0,19
Tonalidad	Naranja a roja

Figura 5. Cocción del Chontaduro



Cada racimo fue sumergido en una olla de acero inoxidable (Figura 5) con agua suficiente para cubrirlo completamente, se mantuvo en el agua a ebullición por 45 minutos hasta que el fruto se desprendió del raquis por la acción de un leve movimiento. Los frutos fueron pelados separando su cáscara y semilla del mesocarpio, y se cortaron en rodajas de 3cm de largo por 1 cm de ancho.

Posteriormente se realizó el secado por aire caliente (Figura 6) de cada tratamiento, empleando el secador de bandejas, con una velocidad constante del aire de 7,62 m/s. Se midió la humedad inicial con la que llegaba el fruto de la etapa inmediatamente anterior en el equipo de infrarrojo analizador de humedad SARTORIUS (Figura 10) y se dispusieron de 4 bandejas en las cuales se distribuyó de manera uniforme el fruto con el objetivo de que el secado se diera de la manera más homogénea posible. Una vez iniciado el proceso de secado se controló la variación de humedad total durante el tiempo de secado de la

siguiente manera: inicialmente, el fruto estuvo en secado por un lapso de 40 minutos, acto seguido se tomó una muestra representativa mediante cuarteo y se determinó la humedad en el equipo de infrarrojo. Después el proceso de secado continuo, tomándose humedad del fruto cada 15 minutos hasta que el producto alcanzó una humedad de 13% m/m permitiendo cumplir con los parámetros de la harina de yuca bajo norma CODEX STAN 176 - 1989. Se tomó como referencia esta norma porque no existe un parámetro normativo establecido para harina de chontaduro.

Estudios previos fueron realizados en 2012 por Rojas et al., donde se obtuvo harina de chontaduro mediante secado a 72°C, con humedad final de 10%, obteniéndose el siguiente contenido composicional: 13% de grasa, 5% de proteína, 10% de fibra dietaria y 1,78% de ceniza, razón por la cual la temperatura a evaluar en este estudio es inferior a los 70°C, para así determinar si en el rango elegido el contenido composicional es mayor o más estable en cuanto a la naturaleza básica del chontaduro.

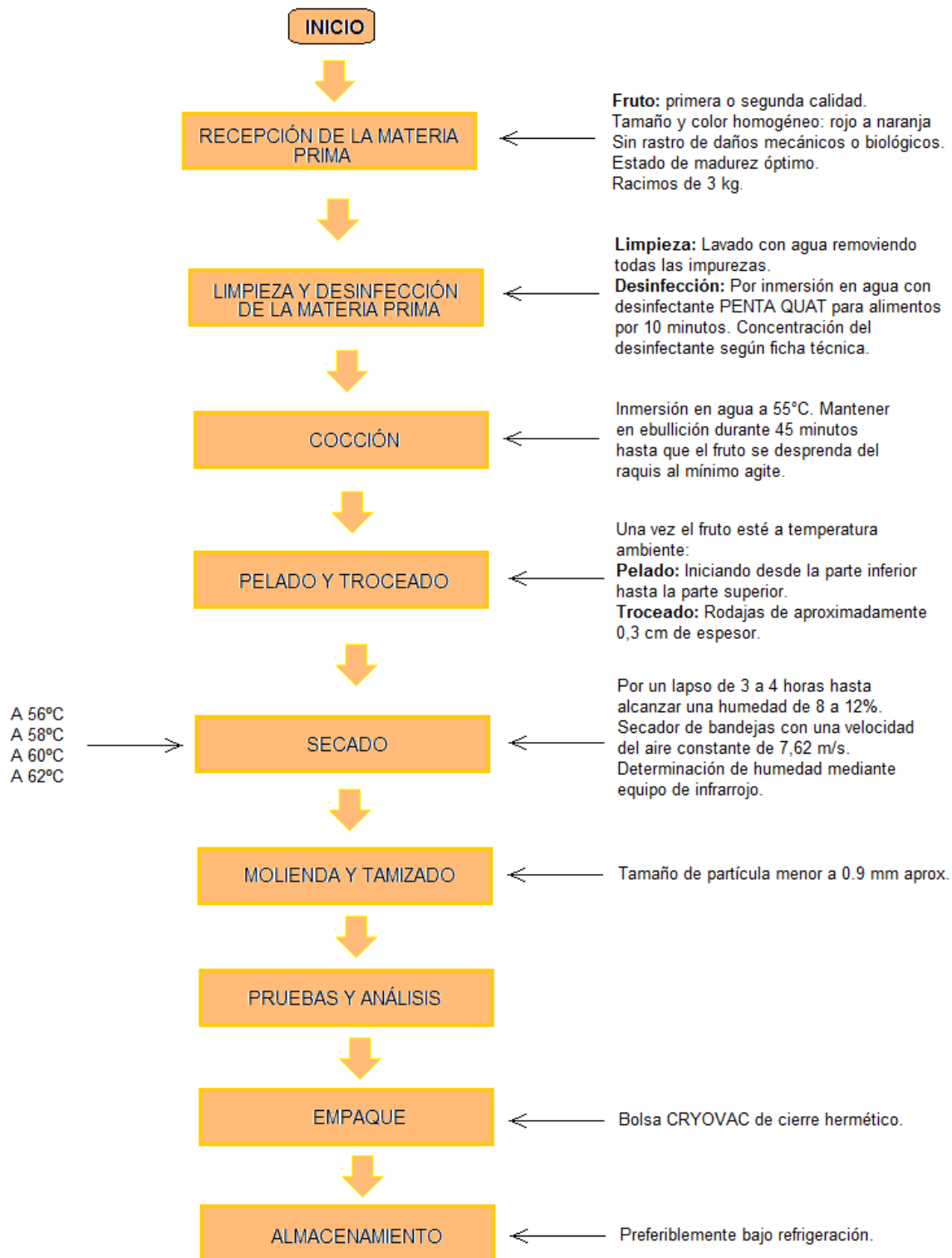
Figura 6. Secado y molienda de las fracciones de Chontaduro



Una vez se enfrió el fruto, se realizó la reducción de tamaño (molido) de las muestras secas en un molino de discos marca Quaker City Mill, modelo 4-E (Figura 6), y fueron tamizadas posteriormente en un tamiz de malla N° 40, donde se obtuvo un tamaño de partícula menor a 0,9 mm. Se procedió de la misma manera para la obtención de las muestras de cada tratamiento identificado por la temperatura de secado (56°C, 58°C, 60°C y 62°C) las muestras obtenidas se envasaron en bolsas Cryovac® por separado y almacenaron bajo refrigeración para su posterior análisis.

El proceso completo para la obtención de la harina de chontaduro se puede observar en la figura 7.

Figura 7. Diagrama de flujo de proceso de obtención de harina de chontaduro



2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Los resultados del presente estudio, se analizaron mediante un diseño experimental completamente al azar (DCA), con dos replicas para cada una de las pruebas realizadas a las harinas obtenidas en los diferentes tratamientos T₁, T₂, T₃ Y T₄ para las temperaturas de 56°C, 58°C, 60°C y 62°C, respectivamente, para el análisis proximal.

Para las Propiedades Funcionales de la harina de chontaduro, el diseño contempló tres replicas para las pruebas realizadas a las harinas obtenidas en los diferentes tratamientos T₁ 56°C, T₂ 58°C, T₃ 60°C Y T₄ y 62°C y las variables de respuesta fueron: Capacidad de Hinchamiento (CH), Capacidad de retención de Agua (CRA) y Capacidad de Adsorción de Lípidos (CAL). También se evaluaron curvas de empastamiento para los cuatro tratamientos, por triplicado

El análisis de los datos, se realizó mediante un análisis estadístico de varianza ANOVA para correlacionar tres o más valores y el T test para la correlación de dos valores, con un nivel de significancia del 5%, para la comparación de medias entre todos los tratamientos realizados, empleando el programa GraphPad Prism.

2.4 ANÁLISIS PROXIMAL

Las muestras de harina de Chontaduro obtenida por secado a 56°C, 58°C, 60°C Y 62°C fueron enviadas al laboratorio especializado en análisis de alimentos EcoQuímica Ltda., ubicado en la ciudad de Cali. Se enviaron 150 g de cada muestra y las pruebas se realizaron por duplicado en 25 gramos de cada muestra. El análisis de fibra cruda se hizo mediante el método PAF-304. El análisis de proteína fue realizado por el método PAF-425. El análisis de grasa fue realizado mediante el método PAF-429, en tanto que el análisis de humedad fue hecho mediante el método PAF-427.

El análisis de cenizas fue realizado mediante el método Oficiales de Análisis The Scientific. Association AOAC y el análisis de carbohidratos fue hecho mediante AOAC por diferencia.

2.5 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CAROTENOS

Las pruebas realizadas para la obtención del contenido de betacaroteno y licopeno presente en la harina de chontaduro se realizaron en el laboratorio de alimentos de la Universidad Politécnica de Valencia, España. Para la realización de dichas pruebas se eligió la harina de chontaduro obtenida mediante secado convectivo a la temperatura de 56°C.

Para la extracción de carotenos se trabajó con muestras de 1.25 g de harina de chontaduro que se transfirieron a un filtro colocado en un embudo Buchner de 50 ml, se añadió una solución de tetrahidrofurano y metanol (1:1 v/v) y se filtró la suspensión a vacío. La combinación de los filtrados se trasladó a un embudo de separación y se agregó éter de petróleo y solución de NaCl al 10%, se mezclaron agitando cuidadosamente. La capa superior de éter de petróleo se lavó con 100 ml de agua. La fracción etérea se transfirió a un matraz de 50 ml y se evaporó hasta sequedad en una estufa de vacío marca Napco durante 12-14 horas a una presión absoluta de 60 mm de Hg y a 50°C. El residuo se redisolvió hasta un volumen final de 6 ml con hexano. Se filtró y se analizó por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) en un cromatógrafo Agilent 1100 Series.

Los resultados fueron expresados, según estándares, en mg de betacaroteno ó licopeno por 100 g (base seca).

2.6 EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES

La metodología utilizada para la evaluación de las propiedades funcionales fue la descrita por Hincapié *et al.*, 2010. Las pruebas fueron realizadas en el laboratorio de biotecnología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, a cuatro tratamientos (Harina obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C) con tres repeticiones por tratamiento, de la siguiente manera:

2.6.1 Residuo Insoluble en alcohol. Con el fin de determinar las propiedades funcionales de la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C, se extrajo el residuo insoluble en alcohol (RIA) a las muestras: se tomaron 50 gramos de muestra seca y se adicionaron a 200ml de etanol con una concentración final del 85% v/v, y se calentó hasta ebullición por 10 minutos. La mezcla se recolectó y se pasó a través de un papel de filtro de fibra de vidrio. El residuo se lavó con dietil éter y posteriormente se secó a temperatura ambiente. El material seco constituye el RIA (Hincapié *et al.*, 2010; Nunes *et al.*, 2009).

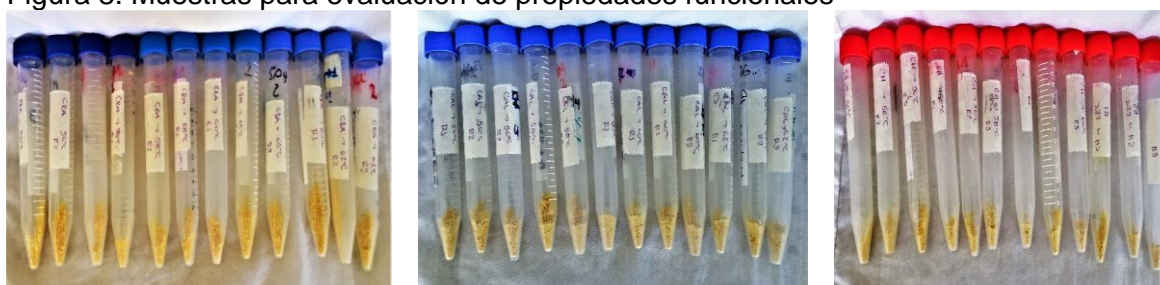
2.6.2 Pruebas para determinar las propiedades funcionales. Las propiedades funcionales medidas en la harina obtenida fueron: capacidad de hinchamiento (CH), capacidad de retención de agua (CRA) y capacidad de adsorción de lípidos (CAL) (Hincapié *et al.*, 2010; Nunes *et al.*, 2009); se miden a partir del RIA, el cual es reducido a un tamaño de partícula de 0.180 mm.

Capacidad de hinchamiento (CH). Se determinó midiendo el volumen que gana la muestra después de alcanzar un equilibrio con un exceso de disolvente. Se pesaron 0.25g de muestra de RIA deshidratada, en un tubo de centrifuga (Figura 8A); luego se hidrató con 10 ml de agua destilada; después del equilibrio (24 horas), el volumen de la muestra es medido y expresado como ml de agua/g RIA.

Capacidad de adsorción de lípidos (CAL). Se mide como la capacidad de retención de aceite. Se pesaron 0.5 g de muestra de RIA deshidratada (Figura 8C); se adicionaron 10 ml de aceite de girasol en un tubo de centrifuga, y se dejó en reposo por 24 horas, luego de las cuales se centrifugó a 3000 rpm por 10 minutos; el sobrenadante se decantó y se pesó. La adsorción de lípidos se expresa como g aceite/g RIA.

Capacidad de retención de agua (CRA). A 0.25 g de muestra de RIA deshidratada (Figura 8B), se adicionaron 10 ml de agua destilada en un tubo de centrifuga y se dejó en reposo por 24 horas, luego de las cuales se centrifugó a 3000 rpm durante 10 minutos; el sobrenadante se decantó y se pesó. La retención de agua es medida como g agua/g RIA.

Figura 8. Muestras para evaluación de propiedades funcionales



A) capacidad de hinchamiento

B) capacidad de retención de agua

C) capacidad de adsorción de lípidos

2.6.3 Curvas de empastamiento. Las pruebas realizadas para la obtención de datos de las Curvas de Empastamiento fueron realizadas en el laboratorio de Reología y empaques de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca.

Figura 9. Muestras de harina de chontaduro para análisis de Curvas de Empastamiento



Las pruebas fueron realizadas por triplicado para cada tratamiento (Figura 9) teniendo como referencia el manual reómetro rotacional AR1500ex y el método No. 162 de la ICC (International Association for Cereal Science and Technology) (ICC Standard Method No. 162, 1995).

El procedimiento para la ejecución de las Curvas de Empastamiento realizadas consistió en preparar aproximadamente 25 ml de una suspensión al 8% en base seca de la muestra en agua destilada y posteriormente se adiciono en la celda de aluminio. El método programado en el software fue:

Etapas de acondicionamiento (Conditioning Step) a una temperatura de 50 °C (seleccionar Set temperature y Wait for correct temperature), con una velocidad de precizalla (Pre-shear) de 78,53 rad/s durante 30 segundos (seleccionar Perform pre-shear).

Etapas de equilibrio (Peak hold step) a una velocidad angular de 16,75 rad/s durante 1 minuto, a temperatura de 50 °C (seleccionar Wait).

Rampa de temperatura (Temperature ramp step) desde 50 °C hasta 90 °C a una velocidad de calentamiento de 12,2 °C/min y velocidad angular de 16,75 rad/s.

Etapas de equilibrio (Peak hold step) a una velocidad angular de 16,75 rad/s durante 2 minutos y 30 segundos, a temperatura de 90 °C.

Rampa de temperatura (Temperature ramp step) desde 90 °C hasta 50 °C a una velocidad de enfriamiento de 12,2 °C/min y velocidad angular de 16,75 rad/s.

Etapas de equilibrio (Peak hold step) a una velocidad angular de 16,75 rad/s durante 2 minutos, a temperatura de 50 °C.

Etapas pos-experimental (Post-Experiment Step) con temperatura de 30 °C (seleccionar Set temperature).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE CHONTADURO

En el Cuadro 3 se reporta el rendimiento final del proceso de obtención de harina de chontaduro, partiendo desde su pesaje inicial en el momento de la recepción del fruto, hasta el pesaje final de la harina obtenida.

Cuadro 3. Rendimiento final del proceso

	Rendimiento Final (%)				
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Promedio
Peso Inicial (g)	2985,56	3015,35	2994,12	3005,26	3000,07
Peso Final (g)	1373,59	1434,25	1357,62	1390,42	1388,97
Rendimiento (%)	46,01	47,57	45,34	46,27	46,30

El rendimiento final promedio es del 46,30%. Las pérdidas se deben principalmente a los residuos propios del proceso que son el raquis 145g, que corresponde al 4,85% la cáscara 351g., que corresponde al 11,7%, y la semilla 209g., que corresponde al 6,98% (Cuadro 4). Otro descenso importante de peso en el proceso se registra en la etapa de secado que corresponde al 38,93% (Cuadro 8), donde es removida el agua libre del fruto hasta llegar a una humedad promedio de 11.53%, partiendo de una humedad inicial promedio de 57.05%.

Cuadro 4. Peso y porcentaje de residuos

	Residuos					Pérdida (%)
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Promedio	
Peso Inicial (g)	2985,56	3015,35	2994,12	3005,26	3000,07	
Peso Raquis (g)	150,00	153,00	147,00	132,00	145,50	4,85
Peso Cáscara	350,00	362,00	338,00	354,00	351,00	11,70
Peso Semilla	220,00	198,00	205,00	215,00	209,50	6,98

3.1.1 Cocción. Esta es la primera etapa en la obtención de harina y contrario a las demás etapas del proceso, en la cocción se presenta ganancia de peso. En esta etapa, por inmersión se favorece la hidratación del fruto, la gelificación del almidón y la desnaturalización de enzimas de pardeamiento, pero igualmente se presenta solubilización parcial de los minerales y deterioro de algunas vitaminas. Por la inmersión en agua a ebullición se facilita la migración de algunos nutrientes solubles hacia el agua de cocción que se elimina al final del proceso.

La cocción le da al fruto mejor apariencia, lo hace comestible y da una textura blanda uniforme que facilita el proceso de pelado y troceado. Una vez el chontaduro se encuentra

a temperatura ambiente después de finalizada la cocción, se procede a retirar la cáscara y las semillas del fruto.

Cuadro 5. Ganancia de peso en la cocción del chontaduro

	Cocción				
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Promedio
Peso Inicial (g)	2985,56	3015,35	2994,12	3005,26	3000,07
Peso Final (g)	3039,17	3036,12	3042,67	3049,25	3041,80
Ganancia peso (%)	1,80	0,69	1,62	1,46	1,39

Para este estudio la cáscara y las semillas fueron tratadas como residuos. Se debe aclarar que se incorporaran proyectos para el aprovechamiento de los subproductos, como uso de la cáscara para alimentación animal y extracción de aceite de las semillas.

Cuadro 6. Adecuación y troceado del chontaduro cocido

	Troceado				
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Promedio
Peso Inicial (g)	3039,17	3036,12	3042,67	3049,25	3041,80
Peso Final (g)	2319,17	2323,12	2352,67	2348,25	2335,80
Rendimiento (%)	76,31	76,52	77,32	77,01	76,79

En el Cuadro 6 se detallan los valores obtenidos después de retirar la cáscara y la semilla del fruto, además del raquis que fue desechado una vez finalizada la etapa de la cocción. La pulpa del chontaduro cocido se cortó en rodajas de 3cm de largo por 1 cm de ancho para que en el momento del secado se diera un contacto del fluido de aire caliente que dio como resultado un secado más rápido y homogéneo.

3.1.2 Secado. La metodología diseñada para la obtención de la harina de chontaduro contempló las temperaturas de secado (56°C, 58°C, 60°C y 62°C) como variables de medición y humedad máxima de 13% recomendado para harina de yuca, según la norma CODEX STAN-176 como variable de control.

Las fracciones de chontaduro deshidratado, se sometieron a exposición de una corriente de aire constante, variando la temperatura para cada tratamiento, humedad, velocidad y dirección de flujo constante cruzando a través de la muestra dispuesta sobre un bastidor de bandejas al interior del horno industrial previamente calibrado para normalidad del proceso. Al transcurrir el tiempo desde que la muestra de chontaduro ingresó al horno, el peso se vio reducido continuamente, indicando que la humedad libre contenida en el alimento estaba siendo eliminada.

Según lo reportado por Godoy *et al.* 2006, se encuentran diferencias significativas en el tiempo de deshidratación del fruto de chontaduro, previamente cocido mediante escaldado, a temperaturas de 55°C (720 min) y 60°C (480 min), donde la diferencia de

tiempo entre ambos deshidratados es de 240 min. Mientras que, para este estudio, bajo las condiciones de secado, velocidad de aire y características del equipo, la diferencia de tiempo entre la muestra con menor temperatura, 56°C (190 min), y la mayor temperatura, 62°C (145min), fue de 45 minutos, el tiempo de secado en este trabajo fue mucho menor y la eficiencia se debe al tipo de equipo empleado, velocidad de aire constante, menor tamaño de partícula y control automático de la temperatura. Las diferencias de tiempo encontradas entre el secado realizado por aire caliente forzado y la deshidratación realizada por Godoy *et al.*, (2006), radican en que, en este primer método, el aire caliente remueve el agua en estado libre sobre la superficie de los productos, mientras que en el secado convectivo con flujo de aire caliente, el incremento en la velocidad del aire y la turbulencia generada alrededor del alimento provoca una reducción de la tensión en la capa de difusión, causando una deshidratación más eficiente (Ochoa-Reyes *et al.*, 2012).

Cuadro 7. Tiempo de secado y humedad final de los tratamientos

T° = 56°C		T° = 58°C		T° = 60°C		T° = 62°C	
%H	t (min.)	%H	t (min.)	%H	t (min.)	%H	t (min.)
57.35	0	59.28	0	58.65	0	52.92	0
38.37	40	43.18	40	45.31	40	39.13	40
24.74	55	33.95	55	35.99	55	28.34	55
21.85	70	26.23	70	27.90	70	26.66	70
19.61	85	22.76	85	20.81	85	23.12	85
16.87	100	19.18	100	19.58	100	19.95	100
15.91	115	17.51	115	18.02	115	18.86	115
15.01	130	15.85	130	16.81	130	15.70	130
14.06	145	14.23	145	15.79	145	11.98	145
13.53	160	13.22	160	11.59	160		
12.22	175	11.39	175				
11.19	190						

Durante la etapa de secado del chontaduro, se presenta una extracción deliberada del agua contenida en la matriz, a partir de su evaporación por la adición de su calor latente de evaporación, en donde intervienen factores importantes como la transferencia de calor, el movimiento y la separación del agua contenida en el producto. Determinar los valores de humedad en cada una de las muestras a analizar una vez ingresan y salen del proceso de secado, resulta de vital importancia, ya que de esta manera se puede calcular la pérdida de peso durante el proceso de deshidratación, debido a la transferencia de masa generada por la existencia del gradiente de temperatura.

La humedad inicial de las muestras antes de la deshidratación arrojó valores de 57,35%, 59,28%, 58,65% y 52,92% respectivamente, resaltándose el agua como el contenido mayoritario inicial de las muestras de chontaduro destinadas para la obtención de la harina. Estos valores, representan el índice de equilibrio del chontaduro logrado hasta el momento de su cocción; además, representan uno de los factores clave de control al momento de ser procesado el chontaduro, ya que partiendo de estos porcentajes se puede preveer el producto que finalmente se desea obtener y el tipo de operaciones a las

cuales será sometido para lograr tal fin, desarrollando una adecuada formulación final y la respectiva evaluación sobre las pérdidas del proceso.

Finalmente, las muestras de chontaduro deshidratadas con respecto a cada uno de los tratamientos térmicos, lograron valores de humedad de: 11,19%, 11,39%, 11,59% y 11,98%, valores que normativamente resultan indicados según el tipo de producto que finalmente se obtuvo.

Figura 10. Analizador de humedad SARTORIUS



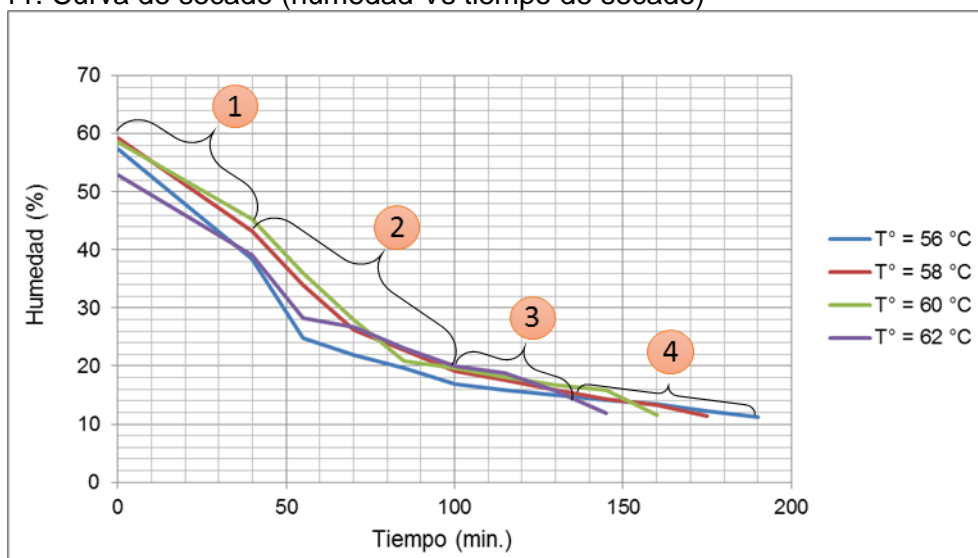
Las mediciones de humedad a través de todo el proceso fueron realizadas en un equipo de análisis por infrarrojo Sartorius del laboratorio de análisis de calidad de la planta piloto.

La figura 11, muestra el comportamiento de las curvas de secado de las muestras de chontaduro, obtenidas a las cuatro temperaturas de trabajo (56, 58, 60 y 62°C) por el método de secado por convección con aire caliente el cual actuó como el transmisor de calor del medio a la muestra y llevar a cabo así la transferencia de masa liberando el contenido de humedad de la muestra por la exposición al aire caliente.

En la figura 11, se puede observar el efecto de la temperatura sobre cada muestra en el proceso, ya que al aumentar la temperatura del aire de secado disminuye el tiempo de secado con el objetivo principal de lograr una humedad de equilibrio similar entre las muestras establecida por normatividad y controlada con una variación de total hasta que el producto alcanzó un valor comprendido entre el 9% y 12%, requiriéndose menos tiempo para la temperatura de 62°C (145 minutos) que para 56°C, 58°C, y 60°C, empleando un tiempo de 190, 175 y 160 minutos, respectivamente. En la figura 12 se observa que la pérdida de humedad no es constante, la velocidad se estabiliza cuando llega al final de la deshidratación.

El periodo de velocidad decreciente empieza al iniciar la primera etapa del secado. Al avanzar la desecación se alcanza un punto en el que la velocidad de movimiento de la humedad desde el interior de las láminas del fruto hasta la superficie se reduce en tal grado que la superficie comienza a secarse. En dicho punto, donde la humedad promedio es 57,05% y el tiempo de secado alcanza los primeros 40 minutos, la velocidad de desecación comienza a descender iniciándose el periodo de velocidad decreciente.

Figura 11. Curva de secado (humedad Vs tiempo de secado)



El contenido en humedad del producto en este punto es denominado contenido crítico de humedad (Punto 1 – Figura 11). A partir de este punto la temperatura de la superficie comienza a elevarse, elevación que persiste durante la desecación (Brennan *et al.*, 1980). Aquí se puede observar que la superficie de la lámina de fruto tiene una contextura fuerte y ha adquirido un color más intenso, pero al momento de hacer el corte se observa que el interior del fruto posee una textura maleable y el color es menos intenso.

Cuadro 8. Secado del chontaduro cocido

	Masa de los frutos en trozos				
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Promedio
Peso Inicial (g)	2319,17	2323,12	2352,67	2348,25	2335,80
Peso Final (g)	1423,16	1458,60	1393,85	1429,61	1426,31
Rendimiento (%)	61,37	62,79	59,25	60,88	61,07

En la siguiente etapa de secado, que comprende una humedad promedio de 20% y se ha alcanzado más de 100 minutos de secado (Punto 2 – Figura 11), la superficie se seca y disminuye la velocidad de deshidratación. En este punto, el plano de evaporación se desplaza penetrando hacia el interior de la lámina de fruto y la velocidad de deshidratación decae aún más. En los periodos de velocidad decreciente la velocidad de desecación está influenciada principalmente por la velocidad de movimiento de la

humedad dentro del sólido, reduciéndose los efectos de factores externos, en especial la velocidad del aire, sobretodo en la última etapa (Punto 3 y 4 – Figura 11). Normalmente los periodos de velocidad decreciente constituyen la mayor proporción del tiempo total de deshidratación (Brennan *et al.*, 1980). En esta etapa del proceso el chontaduro perdió una cantidad considerable de peso, dado que el agua libre del alimento se ve aminorada considerablemente, llegando a presentarse una pérdida promedio del 38,93% del peso inicial del fruto (Cuadro 8).

3.1.3 Molienda. En el Cuadro 9 se detalla el rendimiento final promedio de la operación de molienda, teniendo en cuenta que el peso inicial corresponde al peso final obtenido en la etapa de secado. Las principales perdidas en esta etapa obedecen en mayor medida a la cantidad de harina de chontaduro retenida en el tamiz y en menor proporción a los restantes de harina que queda como residuo en el equipo de molido.

Cuadro 9. Molienda del chontaduro seco

	Molienda				
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Promedio
Peso Inicial (g)	1423,16	1458,60	1393,85	1429,61	1426,31
Peso Final (g)	1373,59	1434,25	1357,62	1390,42	1388,97
Rendimiento (%)	96,52	98,33	97,40	97,26	97,38

Figura 12. Harina de chontaduro después de tamizado



A) Harina obtenida después de [A] do B) Cantidad ref [B] en tamizado

En la figura 12a (izquierda) se observa la harina obtenida después del proceso de molienda y posterior tamizado, y en la imagen de la derecha se observa las rodajas de chontaduro seco que no fueron extruidas completamente después del primer intento de molido. Luego de un segundo molido, ya estos restantes son reducidos sustancialmente de tamaño, de modo que se logró el tamizaje deseado. La molienda hecha a través del molino de tornillo sin fin reporta un rendimiento del 97,38%, el cual es similar al rendimiento reportado por Guerrero y Palechor (2017) del 94,16% para molino de martillos. Las pérdidas se deben al calentamiento que generalmente ocurre por la fricción y movimiento del material dentro del molino durante el proceso. La molienda se hace para triturar los materiales semiduros, quebradizos, fibrosos y viscosos, y una vez las láminas de chontaduro terminan el proceso de secado, su textura es completamente dura, seca y firme manteniendo el color característico del fruto.

3.2 ANÁLISIS PROXIMAL

El contenido nutricional de la Harina de chontaduro se refleja en los valores presentados en el cuadro 10; el análisis resalta el contenido de elementos nutricionalmente importantes en harinas: Fibra Cruda, Proteína, Grasa, Cenizas y Carbohidratos.

Cuadro 10. Contenido nutricional de Harina de Chontaduro

Tratamiento	Propiedades Nutricionales				
	Fibra Cruda (%)	Proteína (%) *	Grasa (%)	Cenizas (%) *	Carbohidratos (%) *
T1= T° 56°C	6.29 ± 0.12 ^b	6.13 ± 0.04	13.25 ± 0.21 ^c	2.07 ± 0.03	58.52 ± 0.31
T2= T° 58°C	6.68 ± 0.11 ^a	5.94 ± 0.09	13.40 ± 0.14 ^c	2.07 ± 0.01	58.66 ± 0.66
T3= T° 60°C	6.25 ± 0.07 ^b	5.98 ± 0.09	13.80 ± 0.14 ^b	2.02 ± 0.02	58.97 ± 0.12
T4= T° 62°C	6.05 ± 0.06 ^c	6.05 ± 0.08	14.25 ± 0.21 ^a	2.07 ± 0.02	58.65 ± 0.34
Método de Análisis	PAF-304	PAF-425	PAF-429	AOAC	AOAC Por Diferencia

Las medias con la misma letra dentro de cada columna no son diferentes significativamente según ANOVA (Valor P ≤ 0.05). * No se observa diferencia estadísticamente significativa entre ninguno de los tratamientos. Fuente: laboratorio EcoQuímica.

El contenido en fibra cruda, y grasa presentó mayor variación por tratamiento; esta variación porcentual presente en los diferentes tratamientos, se debió a que al someter el chontaduro al proceso de secado como etapa necesaria para la obtención de la harina y muy importante para su conservación, se pueden presentar modificaciones sustanciales en las propiedades fisicoquímicas y funcionales de algunos elementos o componentes nutricionales de consideración que aportan funcionalidad al material alimentario, en este caso la fibra cruda y el porcentaje de grasa.

La fibra cruda total, presente en la pulpa del fruto, presenta diferencias entre los tratamientos donde hay variación de temperatura y tiempo. El T2, que representa una temperatura de secado de 58°C y un tiempo de 175 minutos, presenta diferencias significativas (P<0.05) con respecto a los tratamientos restantes (T1, T3, T4). Se dimensiona que los tratamientos T1 y T2 conservan una mayor cantidad de fibra cruda que los tratamientos T3 y T4, aunque el rango de temperatura de análisis para la evaluación de los componentes nutricionales no es significativamente amplio, según lo observado, se puede decir que la fibra es un componente que va decreciendo su concentración al aumentar la temperatura de exposición de la muestra durante el proceso de secado.

Rojas-Garbanzo *et al.* (2012), evaluaron los principales cambios fisicoquímicos durante el procesamiento de la harina de chontaduro (*Bactris gasipaes* HBK), en diferentes etapas del procesamiento (crudo, cocido y harina) y reportaron valores de los principales componentes nutricionales; en el caso de la fibra dietética, esta no se vio afectada por el procesamiento para la obtención de harina a 72°C. La fruta cocida y la harina tenían alto contenido total de fibra (12 ± 1) g por 100 g de muestra y (10 ± 1) g en 100 g de muestra,

respectivamente. El T2 desarrollado a una temperatura de secado de 58°C durante 175 minutos, conservó el mayor contenido de Fibra Cruda total (6.68 ± 0.11) g/100g de muestra, y un promedio entre las muestras de 6,3175%, valor menor al reportado en el estudio mencionado, principalmente por la variedad y procedencia de la materia prima.

Cervejeira *et al.* (2015), resaltan la importancia sobre los estudios realizados en los últimos años por el interés en los subproductos alimenticios ricos en fibra; como la harina de chontaduro; su consumo se relaciona principalmente con los efectos fisiológicos y metabólicos en el consumidor tales como el aumento de la masa fecal, proporcionan un ambiente favorable para la multiplicación de la microbiota intestinal benéfica, prevención y control de la obesidad, arteriosclerosis, enfermedades coronarias, cáncer colorrectal y diabetes.

Rojas-Garbanzo *et al.*, 2012, reporta un contenido de proteína en el fruto del chontaduro crudo de 5.0 ± 1.1 , en tanto que Daza, Rodríguez y Mosquera, 2015, reportan un contenido de 3.3% de proteína y de acuerdo con el cuadro 9 se observa que el contenido de proteína en el fruto después de ser sometido a cocción, secado, molienda y tamizado es de 6.29 ± 0.12 , 6.68 ± 0.11 , 6.25 ± 0.07 y 6.05 ± 0.06 para los tratamientos T1, T2, T3 y T4 (56°C, 58°C, 60°C y 62°C), respectivamente. Los datos descritos no arrojaron diferencias significativas en los diferentes tratamientos ($P > 0.05$). Es común suponer que si una proteína se mantiene a baja temperatura se podrá conservar mejor su estructura. Un factor más, involucrado en la termo-desnaturalización, es el contenido y tipo de aminoácidos predominantes en las proteínas. Las proteínas con alto contenido de aminoácidos hidrofóbicos como Val, Leu, Ile y Phe resultan generalmente más estables (Lupano, 2013).

La desnaturalización térmica de las proteínas está fuertemente influida por el contenido de humedad: las proteínas deshidratadas son más resistentes a los tratamientos térmicos que las proteínas en solución. El fenómeno se explica por un efecto “plastificante” del agua que, en su ausencia involucra a una estructura estática cuyos dominios tienen movimientos restringidos. Otro efecto es el hinchamiento de la matriz de la proteína por hidratación, que facilita el acceso de las moléculas de agua al interior de la molécula disminuyendo las temperaturas de desnaturalización (Badui, 2006).

En este caso se denota que la harina tiene un contenido promedio superior de proteína (6.025%) que el fruto (5.0 ± 1.1 y 3.3%, Rojas-Garbanzo *et al.*, 2012 y Daza, Rodríguez y Mosquera, 2015, respectivamente), esto es propio de la deshidratación que provoca un aumento en la concentración de las proteínas, y favorece las interacciones de las mismas con otros componentes del alimento. Las proteínas pueden sufrir interacciones a través de puentes hidrógeno, uniones electrostáticas o hidrofóbicas, principalmente, con diversos componentes de los alimentos, adsorbiendo aromas, agradables o no, o colorantes, con los cuales forman complejos frecuentemente muy estables (López y Suárez, 2005). Los valores de proteína reportados en el cuadro 9, muestran un nivel nutricional aceptable, sin embargo, este es mucho menor que el reportado en leguminosas como arveja, garbanzo, lentejas o frijoles que poseen rangos de este macro nutriente de 17 a 30% (Rojas-

Garbanzo *et al.*, 2012; Boye, Zare y Pletch, 2010). La digestibilidad de las proteínas se puede modificar por formación de uniones covalentes, isomerización de aminoácidos, o modificación de las cadenas laterales de los restos aminoácidos, que al modificarse no pueden ser reconocidos por las proteasas como sitios de hidrólisis (Cuq, 1996). Desde el punto de vista nutricional, se modifica la digestibilidad: en general la digestibilidad aumenta, ya que al desplegarse quedan más sitios expuestos al ataque de las proteasas. La digestibilidad puede disminuir si el desplegamiento de la proteína va seguido de agregación.

El chontaduro es considerado como un fruto con alto valor nutritivo y energético, principalmente por su contenido en grasa, almidón y fibra; valores expuestos por Daza *et al* (2015) para el contenido graso en la caracterización del fruto, reportan valores entre 3,3% a 23,5%, el contenido de grasa presente en el T4, que representa una temperatura de secado de 62°C y un tiempo de 145 minutos, presentó diferencia significativa ($P < 0.05$) con respecto a los tratamientos restantes (T1, T2, T3).

Los tratamientos T1, T2 y T3 evaluados a 56, 58 y 60°C respectivamente, conservan una menor cantidad del porcentaje graso con respecto al tratamiento T4 con 62°C, aumentando levemente el porcentaje de grasa a medida que aumenta la temperatura de secado, obteniendo un valor promedio graso de 13,67%, valor levemente mayor al reportado por Rojas-Garbanzo *et al.* (2012), durante el análisis en la variación de los macronutrientes en el procesamiento del chontaduro como materia prima para la obtención de harina.

Al transcurrir el proceso de secado, la disponibilidad del contenido húmedo se ve reducido, lo que permite que otros componentes mayoritarios como la grasa aumenten su concentración; los resultados obtenidos difieren a los reportados en otros estudios, donde se observa disminución de los mismos debido a que los ácidos grasos presentan un punto de fusión a los 40°C provocando su transferencia de la capa superficial que los retiene a la capa líquida compuesta por agua facilitando su eliminación durante el proceso.

La harina de chontaduro no presenta un olor fuerte después del proceso, ni después de 30 días de almacenamiento a condiciones de refrigeración, por lo que se puede decir que no se presenta oxidación lipídica. La velocidad de oxidación generalmente aumenta al aumentar la temperatura. Pero, por otro lado, la solubilidad del oxígeno disminuye con la temperatura, por lo que el aumento de la velocidad de oxidación con la presión parcial de oxígeno es menor a medida que aumenta la temperatura. Este por ser un alimento de baja humedad, no es muy susceptible a la oxidación lipídica (Lupano, 2013).

Los datos obtenidos del contenido de cenizas y carbohidratos para los diferentes tratamientos de temperatura, indican que no hay una diferencia significativa entre los mismos a los que se sometió el chontaduro para obtener la harina, lo que permite inferir que la temperatura no influye directamente en el porcentaje de estos elementos.

3.3 ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE CAROTENOS

La harina de chontaduro mostró 9.6 mg betacaroteno/100 g (base seca) y 0.3 mg licopeno/100 g (base seca) (Ver cuadro 11).

Cuadro 11. Contenido de carotenos después de extrusión para obtención de harina

Caroteno	mg/100 g (base seca)
Betacaroteno	9,6
Licopeno	0,3

Fuente: Laboratorio de alimentos de la UPV.

En el Cuadro 11 se presenta el contenido de betacaroteno y licopeno de la harina de chontaduro obtenida mediante secado por convección a 56°C de temperatura. Dado que los carotenos en un alimento suelen presentar degradación cuando este es sometido a condiciones de luz, pH, temperatura etc., se decidió realizar la prueba sobre la muestra sometida a la menor temperatura de secado.

La mayor pérdida de betacarotenos se presentó por contacto del flujo de aire caliente con el fruto ya que este fue directo y constante provocando su degradación debido fundamentalmente a reacciones de oxidación; en la etapa de molienda se pudo producir una reducción de hasta el 30% en la concentración de este pigmento (Mosquera, 1996). El tratamiento térmico no afectó la apariencia de la harina, manteniendo el color inicial del fruto, lo cual indica que no hubo formación de polímeros insaturados coloreados, ya que el material procesado no fue sometido a tratamientos térmicos muy elevados, y su almacenamiento fue a una temperatura inferior a 10°C.

Murillo (2013) reporta un valor de 49,2 mg de betacaroteno en el chontaduro crudo que no ha sido sometido a ningún tipo de proceso; los betacarotenos son pigmentos estables en su ambiente natural, pero cuando los alimentos se calientan, o cuando son extraídos en disolución en aceites o en disolventes orgánicos, se vuelven mucho más lábiles. Los procesos de oxidación son más acusados cuando se pierde la integridad celular, de forma que, en alimentos vegetales triturados, la pérdida de compartimentación celular pone en contacto sustancias que pueden modificar estructuralmente, e incluso destruir los pigmentos. Estudios afirman que el chontaduro cocido posee 37.3 mg de betacarotenos (Murillo, 2013), este descenso que no resulta muy significativo se debe a que este pigmento a 50°C o 100°C durante media hora no produce grandes pérdidas, si bien cuando la temperatura es de 150°C las pérdidas si son notorias, habiéndose comprobado que los fenómenos de termoisomerización y fotoisomerización son más acusados en el α -caroteno que en el β -caroteno (Meléndez *et al.*, 2004).

El licopeno presenta un comportamiento distinto durante la cocción al de los betacarotenos, ya que el fruto inmerso en agua a diferente temperatura (50, 70 y 90°C) durante 15 minutos mantiene los niveles de licopeno estables, independientemente del

rango de temperatura del estudio, si bien el contenido de betacaroteno disminuye ligeramente como consecuencia de la cocción a 90°C (Meléndez *et al.*, 2004). Murillo encontró que el licopeno en el fruto crudo alcanza valores de 6,0 a 6,5 mg, en tanto que en la cocción no se da una degradación representativa, y en algunos casos este pigmento se puede concentrar durante esta etapa aumentando su contenido. La harina de chontaduro dio un valor de 0.3 mg licopeno/100 g (base seca), dándose la degradación principalmente en las etapas de secado de las rodajas del fruto y molienda de las mismas.

3.4 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES

Todas las harinas de fuentes vegetales, sin excepción, se producen con métodos de deshidratación y molturación. La molienda para la obtención de las harinas es una molienda seca. Se ha demostrado que en las harinas que no desarrollan gluten, el método de deshidratación define sus propiedades funcionales al usarlo como sucedáneo de productos con gluten, lo que se refleja en la calidad del producto final (Anchundia, 2009; Guzmán, 2011).

Cuadro 12. Propiedades funcionales y temperatura de secado

Tratamiento	CH (ml de H ₂ O/g RIA) *	CRA (g H ₂ O/g RIA)*	CAL (g Aceite/g RIA) *
56°C	0.833 ± 0.2887	0.784 ± 0.0288	0.714 ± 0.0965
58°C	0.467 ± 0.0577	0.734 ± 0.1287	0.613 ± 0.0803
60°C	0.933 ± 0.0577	0.804 ± 0.0368	0.611 ± 0.0326
62°C	0.933 ± 0.1155	0.752 ± 0.0332	0.599 ± 0.0329

No hay diferencia estadísticamente significativa entre ninguno de los tratamientos.

CH= capacidad de hinchamiento.

CRA= capacidad de retención de agua.

CAL= capacidad de adsorción de lípidos.

RIA= residuo insoluble en alcohol.

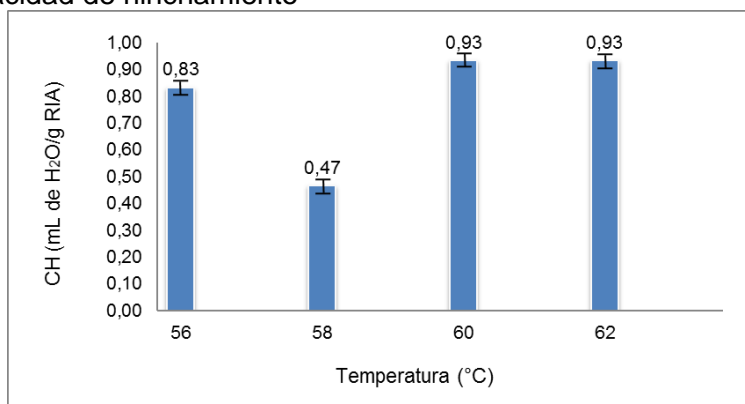
Los resultados obtenidos para las propiedades funcionales de la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C se detallan las variables de capacidad de hinchamiento, capacidad de retención de agua y capacidad de adsorción de lípidos (Anexo C). Las propiedades funcionales dependen de la estructura química de los polisacáridos presentes en el producto. El proceso de secado puede alterar las propiedades fisicoquímicas de los productos modificando sus propiedades funcionales (Femenia *et al.*, 2017).

3.4.1 Capacidad de Hinchamiento. Es medido y expresado como ml de agua/g RIA (residuo insoluble en alcohol), para cada tratamiento. Los resultados mostraron que el tratamiento T3 (60°C) y T4 (62°C) resultaron superiores con un porcentaje de 369,88% (0.933 ml de H₂O/g RIA) y 369,69% (0.933 ml de H₂O/g RIA) respectivamente con respecto a los tratamientos T1 (56°C) y T2 (58°C) con menor CH, siendo 320,06% (0.833 ml de H₂O/g RIA) para T1 y 186,29 % (0.467 ml de H₂O/g RIA) para T2; lo anterior, permite inferir que las harinas obtenidas con deshidratación del chontaduro a 60 y 62°C pueden ser empleadas como ingredientes en diferentes productos que conlleven panificación, gracias a que esta característica contribuye a que el producto final no se

desmorone y presente una buena apariencia y con mayor durabilidad a través del tiempo (Ver figura 13).

Adicionalmente, la capacidad de hinchamiento al ser un parámetro de análisis del comportamiento para el contenido de fibra y proteína presente en las harinas, permite evaluar la capacidad de la fibra especialmente para aumentar su capacidad de volumen en un exceso de agua, por lo que, al ser ingerido por el consumidor, podría provocar mayor saciedad.

Figura 13. Capacidad de hinchamiento



No se han realizado análisis anteriores de las propiedades funcionales de harinas de chontaduro, lo que obliga a comparar los resultados obtenidos con los de otras materias primas. Los valores obtenidos en cierta medida, resultaron menores con respecto a los reportados por Román y Valencia (2006), en harinas micropulverizada de trigo, avena y manzana, con CH de 7,1 g de H₂O/g MS, 2,3 g de H₂O/g MS y 3,4 g de H₂O/g MS respectivamente; presentándose esta diferencia principalmente por la composición química del tipo de materia prima de la que es obtenida la harina y por los tratamientos realizados para la obtención de las muestras y la extracción de las fibras.

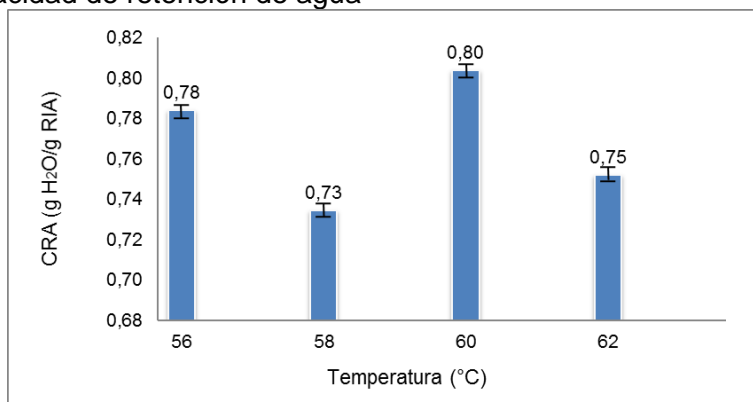
3.4.2 Capacidad de Retención de Agua. En la Figura 14 se observan los valores obtenidos para evaluación de la capacidad de retención de agua de la Harina de chontaduro para tratamientos térmicos, T1(56°C), T2(58°C), T3(60°C) y T4(62°C) siendo 0.784, 0.734, 0.804 y 0.752 g de H₂O/g RIA con una equivalencia porcentual de 412,61, 392,96, 419,90 y 399,51% respectivamente; no se establecieron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) entre los resultados. Al tratarse muestras de harina provenientes de una materia prima específica (Chontaduro), el comportamiento del contenido en fibra, se espera que sea similar al ser sometidas al estrés ocasionado por parte de la fuerza centrífuga.

Valores reportados por Ramírez y Pacheco (2009), en harinas con alto contenido de fibra obtenidas a partir de piña, guayaba y guanábana, consiguieron una absorción de agua

porcentual respectivamente de 525, 458 y 457%; estos valores resultan superiores a los obtenidos en la harina de chontaduro (cuadro 12), principalmente por su contenido total en fibra, ya que la retención de agua en las harinas, depende del porcentaje total presente en fibra contenida en la muestra analizada, siendo para el chontaduro de 6,317% y de 13,65% (piña), 65,64% (guayaba) y 49,34% (guanábana).

Otros estudios, han demostrado que el consumo en alimentos con alto contenido y variedad en fibra, puede prevenir y disminuir el incremento de enfermedades importantes en salud pública como la obesidad, enfermedades cardiovasculares y diabetes tipo 2 (Ramírez y Pacheco, 2009), esto gracias a la composición química estructural en la pared celular con presencia de compuestos como pectina, hemicelulosa, celulosa y lignina, adicionalmente de algunos compuestos no estructurales como gomas y mucílagos. Lo anterior ha impulsado el desarrollo de nuevos productos con una mayor adición en fibra.

Figura 14. Capacidad de retención de agua



Una muestra al ser hidratada, despliega una serie de propiedades sobre las cuales se resalta la habilidad de la misma para retener agua dentro de su misma matriz; estas propiedades dependen en un alto porcentaje de los componentes y naturaleza química y física del contenido fibroso (pectina, gomas, mucílagos y hemicelulosas solubles, mientras que la celulosa, hemicelulosa insoluble, lignina y otros). Tal es el caso, en los cereales, que presentan una menor capacidad hidratante que los alimentos como frutas y verduras (Wang, L., et al.2015; Raghavendra et al., 2006), adicionalmente este comportamiento debe ser evaluado de manera que su comportamiento al ser sometido a stress físico como la extrusión generada en los cereales sea satisfactorio para lograr la textura deseada del producto final.

3.4.3 Capacidad de adsorción de lípidos. En relación a la adsorción de aceite o CAL expresada como el cociente de aceite absorbido en gramos (g) y los g de muestra seca (RIA) (CAL (g Aceite/ g RIA)), datos expuestos en el Cuadro 12 y figura 15, la muestra de harina T1 superó (0.714 g Aceite/ g RIA – 242%) a todas a las muestras analizadas T2, T3 y T4 (0.613 g Aceite/ g RIA – 222% ; 0.611 g Aceite/ g RIA – 222% ; 0. 599 g Aceite/ g RIA – 218%); estadísticamente, los resultados obtenidos con toda las muestras

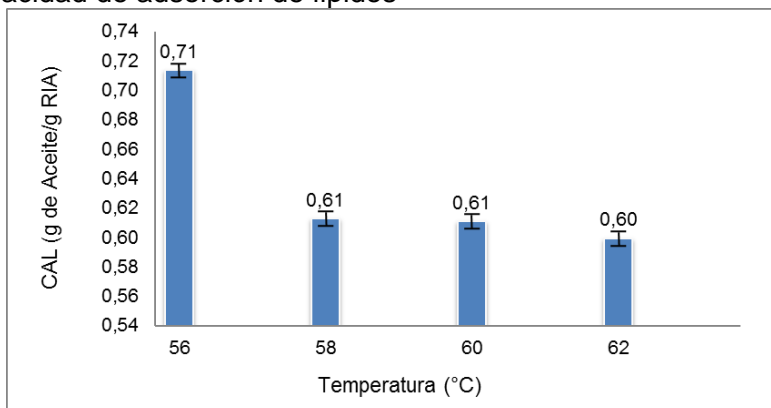
analizadas, se comportaron como un grupo homogéneo, entre los cuales no se presenta diferencia significativa. El T1 fue el que presentó los valores más altos de absorción de aceite, seguido por el T2, luego por el T3 y por último el T4.

La capacidad de adsorción de moléculas orgánicas CAMO, permiten determinar la habilidad con que los ácidos biliares, otras sustancias de tipo carcinogénicas y mutagénicas se ligan a una fracción de fibra dietaria (lignina) y su posterior eliminación (Alarcón., et al., 2013).

Alarcón et al, en 2013 estudiaron la CAMO en la fibra dietaria obtenida a partir de la cáscara de plátano en dos tratamientos T1 (Tambiente – 20°C) T2 (74°C) obteniendo $2,16 \pm 0,08$ y $2,33 \pm 0,07$ respectivamente (expresada en g de aceite/g de recurso rico en fibra dietaria), valores con alta CAMO principalmente por el tipo de materia prima sobre la cual se basa la extracción del contenido en fibra, al que estamos evaluando (Chontaduro) adicional al proceso de extracción total de únicamente el contenido fibroso presente en la cáscara del plátano.

La CAL de una muestra con contenido en fibra, depende principalmente y está relacionada con su composición química y de igual manera por su tamaño y área superficial según el tamaño de partícula. Su estudio es importante en la industria alimenticia, ya que de esta manera se tendrá un mayor control sobre el procesamiento y tecnologías empleadas en productos listos para freír y en galletería entre otros.

Figura 15. Capacidad de adsorción de lípidos



Aunque los valores obtenidos para el análisis en la harina de chontaduro, su porcentaje de interacción con el solvente (muestra de aceite) permite considerar que el contenido en fibra presente en las muestras analizadas tiene la capacidad de interactuar con compuestos grasos y adicional con moléculas perjudiciales para la salud humana, contribuyendo a su eliminación a través de las la excreción de las heces fecales (Alarcón et al., 2013; Zhang et al., 1994).

3.5 ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE EMPASTAMIENTO

Los valores consignados en el Cuadro 13 corresponden a los obtenidos a partir de las curvas de empastamiento (Anexo D). Se presentan las variables de temperatura de gelatinización (°C), viscosidad máxima (Pa . s), facilidad de cocción (min), Break Down (inestabilidad del gel) y Set Back (índice de gelificación).

Cuadro 13. Propiedades de gelatinización del almidón en la harina de chontaduro

Muestra	Temperatura Gelatinización (°C)*	Viscosidad Máxima (Pa . s)*	Facilidad de Cocción (min)*	Break Down (Pa . s)*	Set Back (Pa . s)*
56°C	80.700 ± 1.74	0.0188 ± 0.0003	1.00 ± 0.17	0.0042 ± 0.0003	0.0027 ± 0.0004
58°C	79.667 ± 1.27	0.0171 ± 0.0008	1.10 ± 0.10	0.0023 ± 0.0008	0.0031 ± 0.0001
60°C	77.833 ± 3.68	0.0169 ± 0.0007	1.27 ± 0.38	0.0017 ± 0.0003	0.0033 ± 0.0004
62°C	74.233 ± 8.88	0.0176 ± 0.0006	1.53 ± 0.75	0.0032 ± 0.0005	0.0025 ± 0.0002

* No hay diferencia estadísticamente significativa entre ninguno de los tratamientos.

Se realizó el diseño experimental mediante ANOVA, encontrándose que las variables de temperatura de gelatinización, viscosidad máxima, facilidad de cocción, Break Down (inestabilidad del gel) y Set Back (índice de gelificación), no presentan diferencias estadísticamente significativas entre ellas ($P < 0.05$), lo cual indica que la temperatura de secado (56°C, 58°C, 60°C y 62°C) utilizada en este estudio para la obtención de la harina no tuvo repercusión en las variables analizadas.

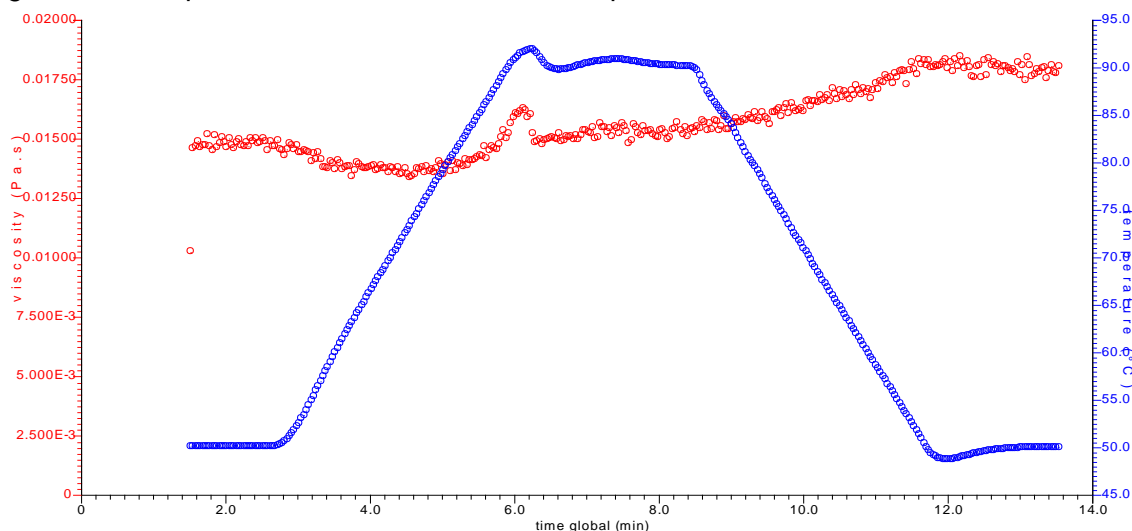
3.5.1 Temperatura Gelatinización. Durante la gelatinización, el orden molecular del granulo de almidón es destruido gradual e irreversiblemente, dando lugar a muchos procesos dependiendo de las condiciones y de la severidad del calentamiento, como hinchamiento del granulo, absorción de agua, pérdida de cristalinidad y un incremento drástico de la viscosidad (Goesaert *et al.*, 2006).

Según los valores obtenidos para la temperatura de gelatinización, se observa en el Cuadro 13 que hay un comportamiento de gelatinización inverso, es decir a menor temperatura de secado las muestras tienen una mayor temperatura de gelatinización. La menor temperatura de gelatinización se observa en las muestras de 60°C y 62°C, debido a que las cadenas de amilosa y amilopectina presentan una mayor fragmentación, y por ende una menor tendencia a gelatinizar.

De igual manera, cuando las muestras se calientan a temperaturas entre 60-70°C, empieza un proceso lento de absorción de agua en las zonas intermicelares amorfas que son las menos organizadas y las más accesibles. Para este caso, se evidencia que a mayor concentración de almidón, se presenta una gelatinización a una temperatura más baja. Este fenómeno se presenta debido a la gran cantidad de gránulos presentes en el

medio, los cuales permiten tener más partículas interactuando y formando una red polimérica rápidamente.

Figura 16. Comportamiento de las curvas de empastamiento



3.5.2 Viscosidad Máxima. Es el valor en la parte superior de la curva de viscosidad. La viscosidad aumenta rápidamente al aumentar la temperatura, mientras el gránulo se hincha, alcanzando un pico máximo cuando hay un balance entre gránulos hinchados y gránulos rotos por agitación. Con agitación continua, más gránulos se rompen y fragmentan, provocando una disminución de la viscosidad. Durante el enfriamiento, las moléculas de amilosa que habían salido del gránulo se asocian parcialmente para formar un gel alrededor de los gránulos de almidón, iniciando así el proceso de retrogradación (Bao y Bergman, 2004). Los valores resultantes no muestran una diferencia significativa entre los tratamientos, aunque cabe destacar que la muestra de harina obtenida mediante secado a 56°C presenta una temperatura de gelatinización mayor a las demás, y por ende, la viscosidad máxima alcanzada también es mayor a las de las muestras restantes.

3.5.3 Facilidad de cocción. Es la diferencia entre el tiempo en que se alcanzó la viscosidad máxima y el tiempo en que se alcanzó la temperatura de gelatinización. Es decir, es el tiempo que transcurre en alcanzar la viscosidad máxima desde el momento en que empiezan los gránulos a hincharse y que a su vez se relaciona con la velocidad de hinchamiento del gránulo de almidón. La facilidad de cocción para la muestra de harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C fue de 1.00 ± 0.17 min., que es el menor valor de las muestras analizadas para alcanzar la viscosidad máxima, lo cual evidencia que esta muestra tuvo la mayor velocidad de hinchamiento de los gránulos de almidón y estos también tuvieron una alta capacidad de retención de agua y estabilidad respecto a las demás muestras.

3.5.4 Break Down. En la muestra de harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, se observa un valor superior a las muestras restantes. Esto determina que los gránulos de esta muestra tienen una mayor capacidad de hinchamiento respecto a los gránulos de las muestras restantes; tienen igualmente una menor estabilidad durante la cocción, lo cual se ve reflejado al mostrar una marcada disminución de la viscosidad una vez alcanzado el valor máximo (Anexo D), debido a que se restablecen los enlaces de hidrógeno entre las moléculas de amilosa y amilopectina, dando lugar a la consistencia tipo gel, además por la pérdida de calor en el sistema y al proceso de retrogradación que se genera. De ello se puede inferir que los gránulos son muy frágiles y se destruyen más fácilmente con la pérdida de viscosidad ya que son más susceptibles a la ruptura por las fuerzas térmicas o mecánicas aplicadas, indicando que las fuerzas de enlaces entre los gránulos de almidón no son tan fuertes.

3.5.5 Set Back. El índice de gelificación muestra la diferencia entre la viscosidad máxima y la viscosidad después del enfriamiento, que normalmente desciende debido al rompimiento de los gránulos de almidón hinchados. La retrogradación es la cristalización de la cadena de almidón en el gel. Cada almidón tiene una tendencia diferente a la retrogradación, la cual está relacionada con su contenido de amilosa, la longitud de esta molécula y el estado de dispersión de las cadenas lineales.

Esta propiedad indica la retrogradación de la pasta después del enfriamiento y la capacidad de formar geles. Al analizar el Set back para cada una de las harinas, se pudo observar mediante ANOVA que no hubo diferencia significativa ($p < 0.05$) entre estas, lo cual indica que no existe diferencia en el índice de gelificación del almidón de cada una de las harinas analizadas, es decir, el índice de gelificación no presenta niveles distintos de retrogradación para ningún tratamiento en particular. Estos resultados dan poca tendencia a retrogradar. Los complejos de amilosa con ácidos grasos y emulsificantes como mono y diglicéridos, pueden alterar la temperatura de gelatinización, textura, perfil de viscosidad de la pasta de almidón, y limitar la retrogradación (Da Rosa y Díaz, 2011).

4. CONCLUSIONES

Se caracterizó la harina de chontaduro obtenida en las plantas piloto de la Universidad del Cauca, como parte de estudio y análisis en la evaluación de sus propiedades funcionales mediante secado por convección, a partir de cuatro tratamientos térmicos (56°C, 58°C, 60°C y 62°C) teniendo en cuenta su incidencia sobre los principales componentes de la matriz en la materia prima durante todo el proceso. Hallando un rendimiento previo a deshidratación del 46,30%, y pérdidas en raquis del 4,85%, cáscara del 11,7% y semilla del 6,98%. En el proceso de deshidratación se evaporó el 38,93% y en la fase de la molienda un 97,38%. Por tanto, para obtener un kilogramo de harina de chontaduro con humedad promedio de 11% se requieren aproximadamente 2200 g de fruto.

A nivel composicional, las muestras obtenidas de cada uno de los tratamientos térmicos, se analizaron bromatológicamente, dando el T1 desarrollado a 56°C como el tratamiento ideal para el desarrollo del proceso de deshidratación de la materia por conservar en mayor proporción su matriz composicional final de: 58.52% de carbohidratos; 13.25% de grasa; 6.29% de fibra cruda; 6.13% de proteína y 2.07% de cenizas. Se evaluó y analizó su durabilidad en almacenamiento, la cual no presentó alteraciones en el olor después del proceso, ni después de 30 días de almacenamiento a condiciones de refrigeración, lo que pone de manifiesto que no se desarrolló la oxidación lipídica.

Se evaluaron las propiedades funcionales de Capacidad de Hinchamiento – CH) –, Capacidad de Retención de Agua – CRA – y Capacidad de Adsorción de Lípidos – CAL – en las diferentes muestras de harina de chontaduro obtenidas de los diferentes tratamientos térmicos; demostrando que el rango de evaluación térmico a los que es sometido el chontaduro, no incidió significativamente en la interacción porcentual de sobre cada prueba. De lo anterior se determina que la mejor de las muestras resulta del T1 (56°C) gracias a que se lleva a cabo la mayor interacción del contenido en fibra de su matriz composicional con sustancias y moléculas principalmente de tipo orgánicas; siendo: 320,06% CH; 412,61% CRA; 242% CAL, lo que le confiere un mayor potencial de uso en la industria de alimentos, para ser empleada en la elaboración de productos para panadería y repostería.

En el comportamiento de las curvas de empastamiento T1 presenta la mayor temperatura de gelatinización que las demás y, por ende, la viscosidad máxima; presentó el tiempo más bajo para alcanzar la viscosidad máxima, esta muestra tuvo la mayor velocidad de hinchamiento de los gránulos de almidón y estos también tuvieron una alta capacidad de retención de agua y estabilidad respecto a las demás muestras. En la retrodegradación de la pasta mediante ANOVA no hubo diferencia significativa ($p < 0.05$) entre muestras, lo cual indica que no existe diferencia en el índice de gelificación del almidón.

5. RECOMENDACIONES

Utilizar la harina obtenida para la elaboración de productos de consumo humano de panadería, repostería y galletería y enfocar estudios para su posible uso en bebidas.

Realizar estudios de viabilidad enfocados en la creación de subproductos a partir de la cáscara de chontaduro y de sus semillas a fin de utilizar todos los desechos y desperdicios que surgen del proceso de obtención de la harina de chontaduro.

Hacer un estudio de costos del proceso de obtención de harina de chontaduro en el que se incluya la obtención de un empaque que cumpla con las características idóneas para el almacenamiento del producto.

BIBLIOGRAFÍA

ADOM, K.; SORRELLS, M. y LIU, R. Phytochemical profiles and antioxidant activity of wheat varieties. En: Journal of agricultural and food chemistry, 2003, vol. 51, no. 26, pág. 7825-7834.

AH-NA, K.; HYUN-JIN, K.; KERR, W. y CHOI, S.G. The effect of grinding at various vacuum levels on the color, phenolics, and antioxidant properties of apple. En: Food Chemistry, 2017, vol. 216, pág. 234-242.

ALARCÓN. M.; LÓPEZ. J. y RESTREPO, D. Caracterización de la funcionalidad tecnológica de una fuente rica en fibra dietaria obtenida a partir de cáscara de plátano. En: Revista Facultad Nacional de Agronomía, 2013, vol. 66, no. 1, pág. 6959-6968.

ALVIS, A.; VELEZ, C.; VILLADA, H. y RADA, M. Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. En: Información tecnológica, 2008, vol. 19, pág. 19-28.

ANCHUNDIA, M. Efecto del tratamiento térmico de esterilización y cocción a techo abierto sobre la composición proximal, propiedades físicas, reológicas y nutricionales de las harinas de batata (*Ipomoea batatas*) y de arroz (*Oryza sativa*) y su utilización en la elaboración de un producto alimenticio para fenilcetonúricos. Tesis Maestría Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Venezuela: 2009.

ASSOCIATION OF OFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS AOAC. Official methods of analysis. 15th Ed. Pub. By AOAC, Washington, D.C.: 2000.

BADUI DERGAL, S. Química de los alimentos. Alhambra Mexicana. México: 2006.

BAO, J.S. y BERGMAN, C. Starch in Food: Structure, Function and Applications. The functionality of rice starch. Eliasson, A.C. Ed., Woodhead Publishing. Cambridge: 2004, pág. 152-184.

BERNABÉ, J. Influencia de los componentes de la harina en la panificación. Panorama Panadero. Indespan SL. 2009.

BERNAL, A. Distribución, importancia económica y domesticación de la Palma Chonta (*Bactris gasipaes*). En: Revista Colombiana de Antropología, 1975, vol. 19, pág. 397-422.

BRENNAN, G.J.; BUTTERS, J.R.; COWELL, N.D. & LILLY, A.E.V. Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España: 1980, pág. 539.

BRITTON, G. y PFANDER, H. Carotenoids handbook. En: Journal of Applied Cosmetology, 2004, vol. 22, no. 2, pág. 118-120.

CARBONARO, M.; MASELLI, P. & NUCARA, A. Relationship between digestibility and secondary structure of raw and thermally treated legume proteins: a Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopic study. En: Amino acids, 2012, vol. 43, no. 2, pág. 911-921.

CASTILLO, K.; GRAJALES, M. y MARTÍNEZ, K. Obtención de harina fortificada a base de chontaduro por el proceso de extrusión [Prezi en línea]. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Tecnología en química aplicada a la industria: s.f. [citado octubre, 2017]. Disponible en internet en: <https://prezi.com/xpp7s8avyspv/proyecto-del-chontaduro/>

CASTRO, E. y AVILA, L. Determinación de la digestibilidad de la proteína por métodos in vitro Torry, AOAC, FAO, 2007 [en línea].: s.f. [citado octubre, 2017]. Disponible en internet en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab482s/AB482S07.htm>.

CERVEJEIRA, B.; GODOY, E y DEL PINO A. Carbohydrate composition of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) by-products flours. En: Carbohydrate Polymers, 2015, vol. 124, pág. 196-200.

CHAPARRO, M. Obtención de aceite a partir de los residuos del chontaduro. Trabajo de grado Ingeniería Química. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Santiago de Cali, Colombia: 2011, pág. 1-81.

CLEMENT, C.R., & MORA-URPÍ., J. Pejibaye palm (*Bactris gasipaes*, Arecaceae): multiuse potential for the lowland humid tropics. En: Econ. Bot., 1987, vol. 41, pág. 302.

CODEX STAN 176 – 1989. Norma del CODEX para la harina de yuca comestible.

DA ROSA E. y DÍAZ, A. Impact of heat-moisture treatment and annealing in starches: A review. En: Carbohydrate Polymers, 2011, vol. 83, no. 2, p. 317-328.

DAZA, J.A.; RODRÍGUEZ, J.L. y MOSQUERA, S.A. Cambios fisiológicos, texturales y fisicoquímicos de dos variedades de chontaduro (*Bactris gasipaes*) en poscosecha. En: Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 2015, vol. 13, no. 2, pág. 67-75.

DE OLIVEIRA, M.S.; MARTINEZ-FLORES, H.E.; DE ANDRADE, J.S.; GARNICA-ROMO, M.G. y CHANG, Y.K. Use of pejibaye flour (*Bactris gasipaes* Kunth) in the production of food pastas. 2006. En: International Journal of Food Science & Technology, vol. 41, no. 8, pág. 933-937.

DE SÁ, M. y RODRIGUEZ-AMAYA, D. Carotenoid composition of cooked green vegetables from restaurants. En: Food Chemistry, 2003, vol. 83, no. 4, p. 595-600.

DE SILVA, S. y ANDERSON, T. Fish Nutrition in Aquaculture. Chapman & Hall. Malaysia: 1995, pág. 1971.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA – DANE. Pobreza Monetaria y Multidimensional en Colombia 2016.

ESCOBAR, C.; PELÁEZ, Z.; MOLINA, J.; CABRERA, J.; GUZMÁN, C. & ALFONSO, C. El cultivo de chontaduro (*Bactris gasipaes* HBK) para fruto y palmito. Corpoica. 1998. Santafé de Bogotá. 20 p.

ESCUADERO, E. y GONZÁLEZ, P. La fibra dietética. En: Nutrición hospitalaria, 2006, vol. 21, pág. 61-72.

FAO ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos. Su aplicación en peces y en la conservación del medio ambiente. 2017.

FEMENIA, A.; BESTARD, M.; SANJUAN, N.; ROSSELLO, C., & MULET, A. Effect of rehydration temperature on the cell wall components of broccoli (*Brassica oleracea* L. Var. *italica*) plant tissues. En: Journal of Food Engineering, 2000, vol. 46, no. 3, pág. 157-163.

FONDO NACIONAL DE FOMENTO HORTOFRUTÍCOLA – ASOHOFrucOL. Frutas. Chontaduro [en línea]. Asohofrucol: 2017 [citado septiembre, 2017]. Disponible en internet en: <http://www.asohofrucol.com.co/>

GARCÍA, P.A.; RODRÍGUEZ, W.; CHALARCA, E.K. y ANDRADE, A. Estudio microbiológico y fisicoquímico de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*) frescos y deshidratados. En: Ingenierías & Amazonia, 2014, vol. 7, no. 1.

GODOY, S.; MOTTA, E.; FORERO, C.; DIAZ, D. y LUNA, G. Estandarización de harina de chontaduro para fortalecer su cadena productiva en el departamento del Cauca.

Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ingeniería Agroindustrial. Popayán, Colombia: 2006.

GRAEFE, S.; DUFOUR, D.; VAN ZONNEVELD, M.; RODRIGUEZ, F. y GONZALEZ, A. Peach palm (*Bactris gasipaes*) in tropical Latin America: implications for biodiversity conservation, natural resource management and human nutrition. En: Biodiversity and conservation, 2013, vol. 22, no. 2, pág. 269-300.

GUERRERO, M.L. y PALECHOR, Y.A. Determinación de las características físicas, reológicas y nutricionales de la harina de chontaduro (*Bactris gasipaes*). Tesis Ingeniería Agroindustrial. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán, Colombia: 2017.

HADLEY, W.; CLINTON, S. y SCHWARTZ, S. The consumption of processed tomato products enhances plasma lycopene concentrations in association with a reduced lipoprotein sensitivity to oxidative damage. En: The Journal of nutrition, 2003, vol. 133, no. 3, pág. 727-732.

HINCAPIÉ, G.; OMAÑA M.; HINCAPIÉ, C.; ARIAS, Z. y VÉLEZ, L. Efecto de la temperatura de secado sobre las propiedades funcionales de la fibra dietaria presente en la citropulpa. En: Revista Lasallista de Investigación, 2010, vol. 7, no. 2, p. 85-93.

HLEAP ZAPATA, J. & RODRÍGUEZ, G. Propiedades texturales y sensoriales de salchichas de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) con adición de harina de chontaduro (*Bactris gasipaes*). En: Ingeniería y Desarrollo, 2015, vol. 33, no. 2, pág. 199-215.

ICC Standard Method No. 162. 1995. Rapid pasting method using the newport rapid visco analyser. International Association of Cereal Science and Technologists. En: BASTIOLI, C. Handbook of Biodegradable Polymers. United Kingdom, Rapra Technology Limited, 2005. pág. 257-286.

KARAM, M.C.; PETIT, J.; ZIMMER, D.; BAUDELAIRE, E. y SCHER, J. Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review. En: Journal of Food Engineering, 2016, vol. 188, pág. 32-49. ISSN 0260-8774.

KOPEC, R., FAILLA, M. Recent advances in the bioaccessibility and bioavailability of carotenoids and effects of other dietary lipophiles. En: Journal of Food Composition and Analysis, 2017, ISSN 0889-1575.

KUMAR, P.; PUSHPADASS, H.; FRANKLIN, M.; SIMHA, H. & NATH, B. Effect of enzymatic hydrolysis of starch on pasting, rheological and viscoelastic properties of milk-barnyard millet (*Echinochloa frumentacea*) blends meant for spray drying. En: International Journal of Biological Macromolecules, 2016, vol. 91, pág. 838-845.

LEENHARDT, F.; LYAN, B.; ROCK, E.; BOUSSARD, A.; POTUS, J. & CHANLIAUD, E. Genetic variability of carotenoid concentration, and lipoxygenase and peroxidase activities among cultivated wheat species and bread wheat varieties. En: European Journal of Agronomy, 2006, vol. 25, no. 2, p. 170-176.

LEMMENS, L.; COLLE, I.; VAN BUGGENHOUT, S.; PALMERO, P.; VAN LOEY, A. & HENDRICKX, M. Carotenoid bioaccessibility in fruit-and vegetable-based food products as affected by product (micro) structural characteristics and the presence of lipids: A review. En: Trends in Food Science & Technology, 2014, vol. 38, no. 2, p. 125-135.

LEWICKI, P. Design of hot air drying for better foods. Review. En: Trends in Food Science & Technology, 2006, vol. 17, pág. 153–163.

LÓPEZ, L.B. y SUÁREZ, M.M. Vitaminas hidrosolubles. En: Fundamentos de nutrición normal. Capítulo 9. Editorial El Ateneo. Buenos Aires, Argentina: 2005, pág. 186-241.

LÓPEZ-CALVO, A.M., *et al.* Evaluación de la aceptación por consumidores de un bocadillo de pejibaye (*Bactris gasipaes*) y estudio de su potencial como alimento funcional. En: Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 2015, vol. 65, no. 1.

LUPANO, C. Modificaciones de componentes de los alimentos: cambios químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Exactas. Libros de Cátedra. 2013. ISBN 978-950-34-1028-8.

MARÍN, E.; LEMUS, R.; FLORES, V. & VEGA, A. La rehidratación de alimentos deshidratados. En: Revista chilena de nutrición, 2006, vol. 33, no. 3.

MAUPOEY, P.; ANDRÉS, A.; BARAT, J. y ALBORS, A. Introducción al secado de alimentos por aire caliente. Universitat Politècnica de Valencia. España: 2001.

MATTOS-SILVA, L. y MORA-URPÍ, J. Descripción morfológica general de pejibaye cultivado [*Bactris* (Guilielma) *Gasipaes* Kunht-Arecaceae] [en línea]. Universidad de Costa Rica. Costa Rica: 1996 [citado: agosto, 2017]. Disponible en internet en: <http://www.pejibaye.ucr.ac.cr/Morfologia/Morfologia1.htm>

MELÉNDEZ, A.; VICARIO, I. & MIRA, H. Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. En: Archivos latinoamericanos de nutrición, 2004, vol. 54, no. 2, pág. 209-215.
MICHALSKA, A.; WOJDYLO, A.; LECH, K.; LYSIAK, G. y FIGIEL, L. Physicochemical properties of whole fruit plum powders obtained using different drying technologies. En: Food Chemistry, 2016, vol. 207, pág. 223-232. ISSN 0308-8146.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Evaluaciones Agropecuarias Municipales. Principales cultivos por área sembrada [en línea]. El Ministerio. Bogotá D.C.: 2014 [citado: agosto, 2017]. Disponible en internet en: <http://www.agronet.gov.co/Documents/departamentos.pdf#search=chontaduro>

MOSQUERA, M.I. Carotenoides en el pimentón: factores responsables de su degradación. Editorial CSIC-CSIC Press. España: 1996.

MURILLO, E. Efecto de la cocción sobre el contenido de carotenoides del pibá (*Bactris gasipaes*). Universidad de Panamá. Panamá: 2013.

OCHOA-REYES, E.; ORNELAS, J.; RUIZ, S.; IBARRA, V.; PÉREZ, J.; GUEVARA, J. y AGUILAR, C. Tecnologías de deshidratación para la preservación de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). en: Biotecnia, 2013, vol. 15, no. 2, pág. 39-46.

OSZMIANSKI, J. y WOJDYLO, A. Polyphenolic compounds and antioxidant activity of new and old apple varieties. En: Journal Agricultural Food Chemistry, 2009, vol. 56, no. 15.

RAGHAVENDRA, S.; RAMACHANDRA, S.; RASTOGI, N.; RAGHAVARAO, K.; KUMAR, S. y THARANATHAN, R. Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber. En: Journal Food Engineering, 2006, vol 72, pág. 281-286.

RAMÍREZ, A. y PACHECO, E. Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. En: Revista Interciencia, 2009, vol. 24, no. 4.

RESEARCH GATE. Bioconversion of degraded husked sorghum grains to etanol. ResearchGater GmbH®: 2016.

RESTREPO, J.; VINASCO, L.E. y ESTUPIÑAN, J.A. Estudio comparativo del contenido de ácidos grasos en cuatro variedades de chontaduro (*Bactris gasipaes*) de la región del pacífico colombiano. En: Revista de Ciencias Universidad del Valle. 2012, vol. 16, pág. 123-129.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. Carotenoides y preparación de alimentos: La retención de los Carotenoides Provitamina A en alimentos preparados, procesados y almacenados. Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos USAID. Washington D.C. 1999.

RODRÍGUEZ, E.; FERNÁNDEZ, A.; ALCALÁ, L.A. & OSPINA, B. Reología de suspensiones preparadas con harina precocida de yuca. En: Ingeniería y Desarrollo, 2006, no 19.

RODRIGUEZ, V.M. Bases de la alimentación humana. Editorial Netbiblio. Madrid, España: 2008.

ROJAS-GARBANZO, C., PÉREZ, A., PINEDA, M., VAILLANT, F. Major physicochemical and antioxidant changes during peach-palm (*Bactris gasipaes* HBK) flour processing. Fruits. 2012, vol. 67, no. 6, pág. 415-427.

ROMÁN, M. y VALENCIA, F. Caracterización fisicoquímica y funcional de tres concentrados comerciales de fibra dietaria. En: Vitae Revista de la Facultad de Química Farmacéutica, 2006, vol. 13, no. 2, pág. 54-60.

SALAZAR, Z. La mini cadena del chontaduro en El Tambo Cauca. El Tambo (Colombia): Corpotambo, 2008.

SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE BIODIVERSIDAD DE COLOMBIA SIB. Catálogo de la biodiversidad de Colombia. *Bactris gasipaes* H.B.K. Bogotá D.C., Colombia : 2007.

SIVAKUMAR, R.; SARAVANAN, R.; ELAYA PERUMAL, A. y INIYAN, S. Fluidized bed drying of some agro products – A review. En: Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016, vol. 61, pág. 280-301. ISSN 1364-0321.

SUÁREZ, M.; KIZLANSKY, A. y LÓPEZ, L. Evaluación de la calidad de las proteínas en los alimentos calculando el score de aminoácidos corregido por digestibilidad. En: Nutrición hospitalaria, 2006, vol. 21, no. 1, pág. 47-51.

TERUEL, M. Influencia de los procesos de cocción y conservación sobre el contenido de nitratos y nitritos en espinacas (*Spinacea oleracea* L.). Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. España: 1995.

TOSNE, Z.; MOSQUERA, S. y VILLADA, H. Efecto de recubrimiento de almidón de yuca y cera de abejas sobre el chontaduro. En: Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial. 2014, vol. 12, no. 2, pág. 30-39.

WANG, J.; FANG, X.; MUJUMDAR, A.S.; QIAN, J.; ZHANG, Q.; YANG, X.; LIU, Y.; GAO, Z. & XIAO, H. Effect of high-humidity hot air impingement blanching (HHAIB) on drying and quality of red pepper (*Capsicum annuum* L.). En: Food Chemistry. 2016, vol. 220, pág. 145-152. ISSN 0308-8146.

WANG, L.; XU, H.; YUAN, F.; FAN, R. y GAO, Y. Preparation and physicochemical properties of soluble dietary fiber from orange peel assisted by steam explosion and dilute acid soaking, 2015, vol. 185, pág. 90-98.

WOJDYLO, A.; FIGIEL, A.; LECH, K.; NOWICKA, P. & OSZMIAŃSKI, J. Effect of convective and vacuum-microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries. En: Food and Bioprocess Technology, 2014, vol. 7, no. 3, pág. 829-841.

YUYAMA, L.K.; AGUIAR, J.P.; YUYAMA, K.; CLEMENT, C.R.; MACEDO, S.H.; FÁVARO, D.I.; AFONSO, C.; VASCONCELLOS, M.B.; PIMENTEL, S.A.; BADOLATO, E.S. & VANNUCCHI, H. Chemical composition of the fruit mesocarp of three peach palm (*Bactris gasipaes*) populations grown in Central Amazonia. Brazil. En: International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2003, vol. 54, no. 1, pág. 49-56.

ZHANG, J.; LUNDIN, E. HALLMAN, G. Effects of rye bran excretion of bile acids, cholesterol, nitrogen and fat in human subjects with ileostomies. En: American Journal Clinical Nutrition, 1994, vol. 59, pág. 389-394.

ANEXOS

Anexo A. Resultados análisis proximal de la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C

Figura 1. Análisis Proximal Harina de Chontaduro Obtenida mediante secado a 56°C



CERTIFICADO DE ANALISIS

N° Registro	170673	Fecha Recepción	23/02/2017	Fecha Reporte	08/03/2017
Empresa	Andrea del Pilar Riascos Palacios				
Dirección	Diag. 24 # Tv 25 - 47				
Solicita	Sra Andrea del Pilar Riascos P				
Muestra	HARINA DE CHONTADURO				
Archivo	Bitácora-74. Pág-047-048,053-054.				
Pbx/Fax	3113541701	Lote	MUESTRA 1		

Analisis	Especificación	Resultado	Método
Fibra Cruda (%)	N/R	6,29	PAF-304
Proteína (%)	N/R	6,13	PAF-425
Grasa (%)	N/R	13,25	PAF-429
Humedad (%)	N/R	11,35	PAF-427
Cenizas (%)	N/R	2,07	AOAC
Carbohidratos (%)	N/R	58,50	AOAC Por Diferencia

Observaciones	PRESENTACION X 250g T= 56°C
----------------------	-----------------------------

Nota: los resultados son validos unicamente para la muestra analizada y no para otro(s) materiales de la misma procedencia. La muestra analizada permanecerá bajo custodia del laboratorio por 3 meses a partir de la producción de este informe. Transcurrido este periodo se desechará. El presente documento no posee validez alguna sin el sello y las firmas respectivas. se prohíbe su reproducción total o parcial , excepto con aprobación de Ecoquímica Ltda.

EcoQuímica S.A.S.
 NIT: 805.018.221-0
 Tel: 558 157

Omar Velásquez L., Ph.D.
 Director Técnico
 Matricula PQ-2553

Pagina 1 de 1

Carrera 24 No. 9C -21 Alameda Tel: 5581576 y 5567928 Cel: 3155257325 NIT: 805018221-0
 Email: luzmaryc@ecoquimica.com.co; ovelas18@gmail.com

Figura 2. Análisis Proximal Harina de Chontaduro Obtenida mediante secado a 58°C



CERTIFICADO DE ANALISIS

N° Registro	170674	Fecha Recepción	23/02/2017	Fecha Reporte	08/03/2017
Empresa	Andrea del Pilar Riascos Palacios				
Dirección	Diag. 24 # Tv 25 - 47				
Solicita	Sra Andrea del Pilar Riascos P				
Muestra	HARINA DE CHONTADURO				
Archivo	Bitácora-74. Pág-047-048,053-054.				
Pbx/Fax	3113541701	Lote	MUETRA 2		

Analisis	Especificación	Resultado	Método
Fibra Cruda (%)	N/R	6,68	PAF-304
Proteína (%)	N/R	5,94	PAF-425
Grasa (%)	N/R	13,40	PAF-429
Humedad (%)	N/R	11,44	PAF-427
Cenizas (%)	N/R	2,07	AOAC
Carbohidratos (%)	N/R	58,65	AOAC Por Diferencia

Observaciones	PRESENTACION X 250g T= 58 °C
----------------------	------------------------------

Nota: los resultados son validos unicamente para la muestra analizada y no para otro(s) materiales de la misma procedencia. La muestra analizada permanecerá bajo custodia del laboratorio por 3 meses a partir de la producción de este informe. Transcurrido este periodo se desechará. El presente documento no posee validez alguna sin el sello y las firmas respectivas. se prohíbe su reproducción total o parcial , excepto con aprobación de Ecoquímica Ltda.

EcoQuímica S.A.S.
 NIT: 805.018.221-0
 Carrera 24 No. 9C-21

Omar Velásquez L., Ph.D.
 Director Técnico
 Matricula PQ-2553

Página 1 de 1

Carrera 24 No. 9C -21 Alameda Tel: 5581576 y 5567928 Cel: 3155257325 NIT: 805018221-0
 Email: luzmaryc@ecoquimica.com.co; ovelas18@gmail.com

Figura 3. Análisis Proximal Harina de Chontaduro Obtenida mediante secado a 60°C



CERTIFICADO DE ANALISIS

N° Registro	170675	Fecha Recepción	23/02/2017	Fecha Reporte	08/03/2017
Empresa	Andrea del Pilar Riascos Palacios				
Dirección	Diag. 24 # Tv 25 - 47				
Solicita	Sra Andrea del Pilar Riascos P				
Muestra	HARINA DE CHONTADURO				
Archivo	Bitácora-74. Pág-047-048,053-054.				
Pbx/Fax	3113541701	Lote	MUESTA 3		

Analisis	Especificación	Resultado	Método
Fibra Cruda (%)	N/R	6,25	PAF-304
Proteína (%)	N/R	5,98	PAF-425
Grasa (%)	N/R	13,80	PAF-429
Humedad (%)	N/R	11,68	PAF-427
Cenizas (%)	N/R	2,02	AOAC
Carbohidratos (%)	N/R	58,00	AOAC Por Diferencia

Observaciones	PRESENTACION X 250g T= 60°C
----------------------	-----------------------------

Nota: los resultados son validos unicamente para la muestra analizada y no para otro(s) materiales de la misma procedencia. La muestra analizada permanecera bajo custodia del laboratorio por 3 meses a partir de la produccion de este informe. Transcurrido este periodo se desechara. El presente documento no posee validez alguna sin el sello y las firmas respectivas. se prohíbe su reproduccion total o parcial , excepto con aprobacion de Ecoquimica Ltda.

EcoQuímica S.A.S.
 NIT. 805.018.221-0
 Tel: 558 1576

Omar Velásquez L., Ph.D.
 Director Técnico
 Matricula PQ-2553

Página 1 de 1

Carrera 24 No. 9C -21 Alameda Tel: 5581576 y 5567928 Cel: 3155257325 NIT: 805018221-0
 Email: luzmaryc@ecoquimica.com.co; ovelas18@gmail.com

Figura 4. Análisis Proximal Harina de Chontaduro Obtenida mediante secado a 62°C



CERTIFICADO DE ANALISIS

N° Registro	170676	Fecha Recepción	23/02/2017	Fecha Reporte	08/03/2017
Empresa	Andrea del Pilar Riascos Palacios				
Dirección	Diag. 24 # Tv 25 - 47				
Solicita	Sra Andrea del Pilar Riascos P				
Muestra	HARINA DE CHONTADURO				
Archivo	Bitácora-74. Pág-047-048,053-054.				
Pbx/Fax	3113541701	Lote	MUESTRA 4		

Analisis	Especificación	Resultado	Método
Fibra Cruda (%)	N/R	6,05	PAF-304
Proteína (%)	N/R	6,05	PAF-425
Grasa (%)	N/R	14,25	PAF-429
Humedad (%)	N/R	12,17	PAF-427
Cenizas (%)	N/R	2,07	AOAC
Carbohidratos (%)	N/R	58,65	AOAC Por Diferencia

Observaciones	PRESNTACION X 250g T=62°C
----------------------	---------------------------

Nota: los resultados son validos unicamente para la muestra analizada y no para otro(s) materiales de la misma procedencia. La muestra analizada pemanecerá bajo custodia del laboratorio por 3 meses a partir de la producción de este informe. Transcurrido este periodo se desechará. El presente documento no posee validez alguna sin el sello y las firmas respectivas. se prohíbe su reproducción total o parcial , excepto con aprobación de Ecoquimica Ltda.

EcoQuímica S.A.S.
 NIT. 805.018.221-0
 Tel: 558 1576

Omar Velásquez L., Ph.D.
 Director Técnico
 Matricula PQ-2553

Página 1 de 1

Carrera 24 No. 9C -21 Alameda Tel: 5581576 y 5567928 Cel: 3155257325 NIT: 805018221-0
 Email: luzmaryc@ecoquimica.com.co; ovelas18@gmail.com

Cuadro 1. Análisis estadístico del contenido de fibra de la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C

% Fibra Cruda							
Muestra	Peso(g) Muestra	Peso(g) Seco	Peso(g) Calcinado	Fibra (%)	Promedio	DS	%DSR
T1= 56°C	2.0012	1.3195	1.1952	6.20	6.285	0.120208	1.912620
	2.0112	1.3217	1.1953	6.37			
T2= 58°C	1.9987	1.2131	1.0812	6.60	6.675	0.106066	1.589004
	2.0013	1.2367	1.1013	6.75			
T3= 60°C	2.0011	1.3931	1.267	6.30	6.25	0.070711	1.131371
	2.0001	1.3256	1.2016	6.20			
T4= 62°C	2.0123	1.1236	1.0029	6.00	6.045	0.063640	1.052764
	2.0099	1.3561	1.2137	6.09			

Cuadro 2. Análisis estadístico del contenido de proteína de la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C

% Proteína									
Muestra	V1	PM	Peso(g) Muestra	WN	WP	Proteína (%)	Promedio	DS	%DSR
T1= 56°C	48.65	0.014	0.1458	9.7634	61.0210	6.10	6.13	0.0400	0.6517
	44.15	0.014	0.1311	9.8538	61.5861	6.16			
T2= 58°C	44.90	0.014	0.1398	9.3975	58.7345	5.87	5.94	0.0940	1.5832
	44.80	0.014	0.1364	9.6103	60.0645	6.01			
T3= 60°C	45.30	0.014	0.1399	9.4745	59.2154	5.92	5.98	0.0858	1.4349
	45.70	0.014	0.1383	9.6687	60.4294	6.04			
T4= 62°C	46.10	0.014	0.1406	9.5938	59.9611	6.00	6.053	0.0798	1.3178
	46.70	0.014	0.1398	9.7743	61.0891	6.11			

Cuadro 3. Análisis estadístico del contenido de grasa de la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C

% Grasa						
Muestra	W(g) Muestra	W(g) Grasa	% Grasa	Promedio	DS	%DSR
T1= 56°C	5.0018	0.6552	13.09928	13.25003	0.21319	1.60899
	5.0012	0.6702	13.40078			
T2= 58°C	5.0010	0.6751	13.49930	13.39925	0.14149	1.05596
	5.0003	0.6650	13.29920			
T3= 60°C	5.0123	0.6867	13.70030	13.80039	0.14155	1.02568
	5.0099	0.6964	13.90048			
T3= 62°C	5.0001	0.7050	14.09972	14.25013	0.21272	1.49273
	5.0012	0.7202	14.40054			

Cuadro 4. Análisis estadístico del contenido de humedad de la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C

% Humedad							
Muestra	Peso(g) Muestra	Peso(g) Crisol	Peso(g) Final	Humedad (%)	Promedio	DS	%DSR
T= 56°C	1.0366	39.4125	40.3320	11.30	11.34629	0.07035	0.62004
	1.0451	44.1487	45.0747	11.40			

Cuadro 4 (Continuación)

% Humedad							
Muestra	Peso(g) Muestra	Peso(g) Crisol	Peso(g) Final	Humedad (%)	Promedio	DS	%DSR
T= 58°C	1.0039	41.3641	42.2566	11.49	11.44000	0.07071	0.61810
	1.0134	40.1463	41.0579	11.39			
T= 60°C	1.0960	38.1974	39.2715	11.60	11.67500	0.10607	0.90849
	1.0365	39.1748	40.1273	11.75			
T= 62°C	1.0374	44.1587	45.1017	12.27	12.17400	0.13294	1.09197
	1.0714	44.3698	45.3823	12.08			

Cuadro 5. Análisis estadístico del contenido de cenizas de la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C

% Cenizas							
Muestra	Peso(g) Muestra	Peso(g) Crisol	Peso(g) Final	Cenizas (%)	Promedio	DS	%DSR
T1= 56°C	1.0014	44.1245	44.1455	2.10	2.072610	0.034583	1.668562
	1.0009	41.2154	41.2359	2.05			
T2= 58°C	0.9997	19.2354	19.2560	2.06	2.069166	0.012089	0.584242
	1.0011	19.7439	19.7647	2.08			
T3= 60°C	1.0017	39.1478	39.1679	2.01	2.017686	0.015693	0.777796
	1.0006	19.6473	19.6676	2.03			
T4= 62°C	1.0013	41.2013	41.2219	2.06	2.068039	0.015151	0.732644
	1.0006	44.1210	44.1418	2.08			

Cuadro 6. Análisis estadístico del contenido de cenizas de la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C

% Carbohidratos								
Muestra	Sólidos (%)	Proteína (%)	Cenizas (%)	Grasa (%)	CHO (%)	Promedio	DS	%DSR
T1= 56°C	79.60	6.10210	2.0971	13.09928	58.30	58.52200	0.31177	0.53274
	80.35	6.15861	2.0482	13.40078	58.74			
T2= 58°C	80.56	5.87345	2.0606	13.49930	59.13	58.66163	0.65761	1.12102
	79.58	6.00645	2.0777	13.29920	58.20			
T3= 60°C	79.51	5.92154	2.0066	13.70030	57.88	57.96969	0.12461	0.21496
	80.03	6.04294	2.0288	13.90048	58.06			
T4= 62°C	80.56	5.99611	2.0573	14.09972	58.41	58.64932	0.34291	0.58468
	81.48	6.10891	2.0788	14.40054	58.89			

Anexo B. Variación del contenido de las propiedades nutricionales de la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C

Figura 1. Contenido de fibra de la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C

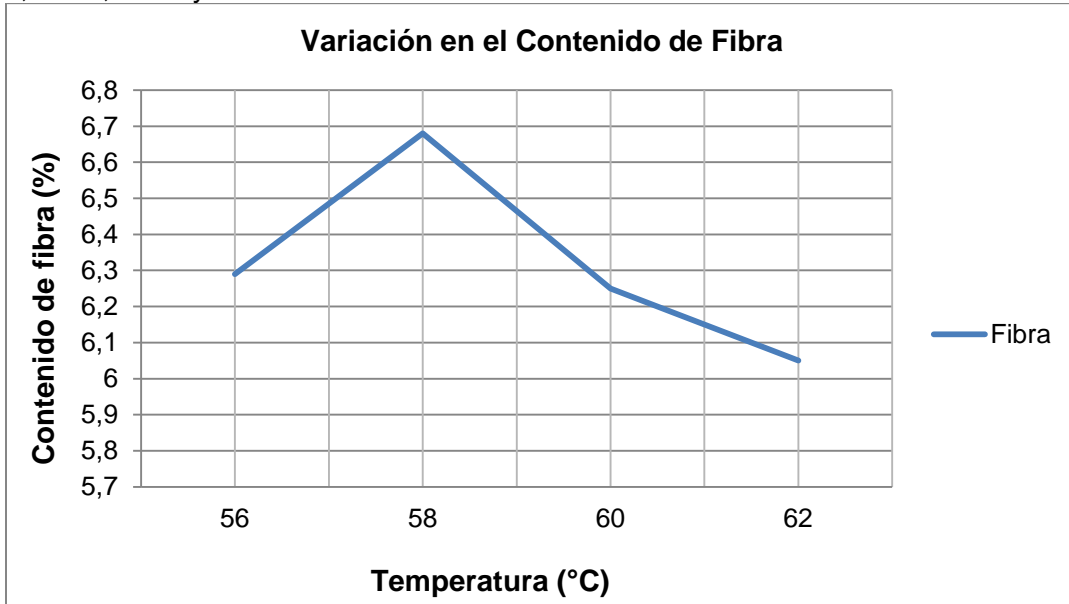


Figura 2. Contenido de proteína de la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C

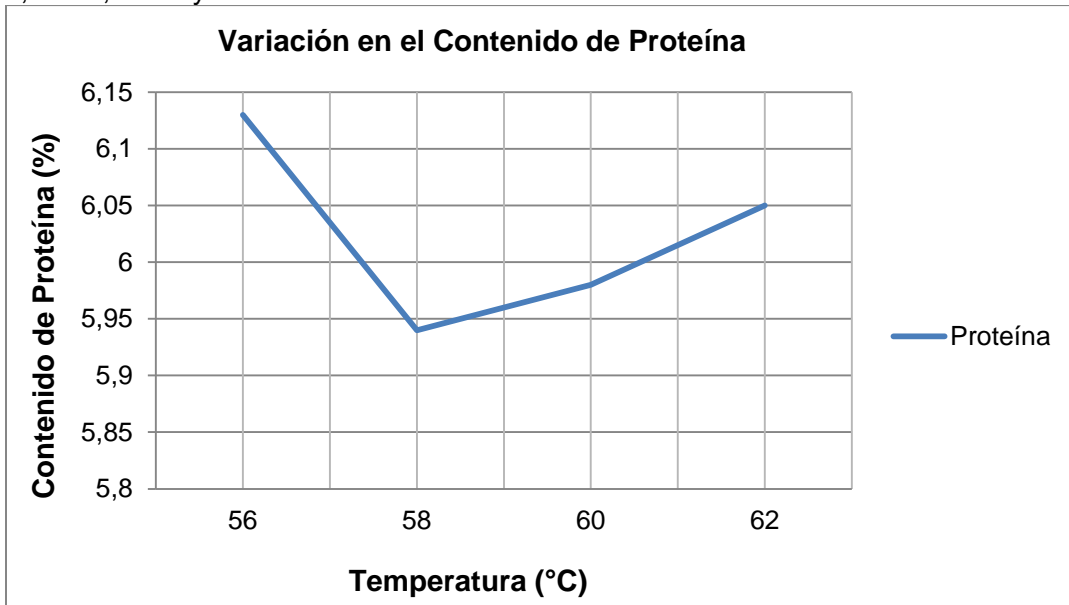


Figura 3. Contenido de grasa de la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C

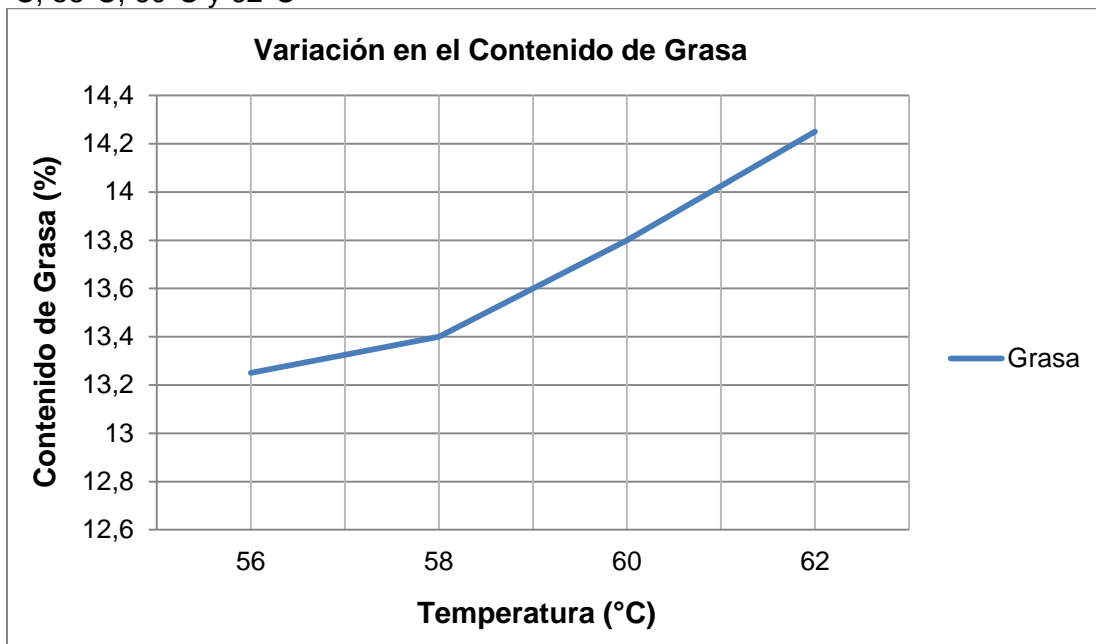


Figura 4. Contenido de humedad de la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C

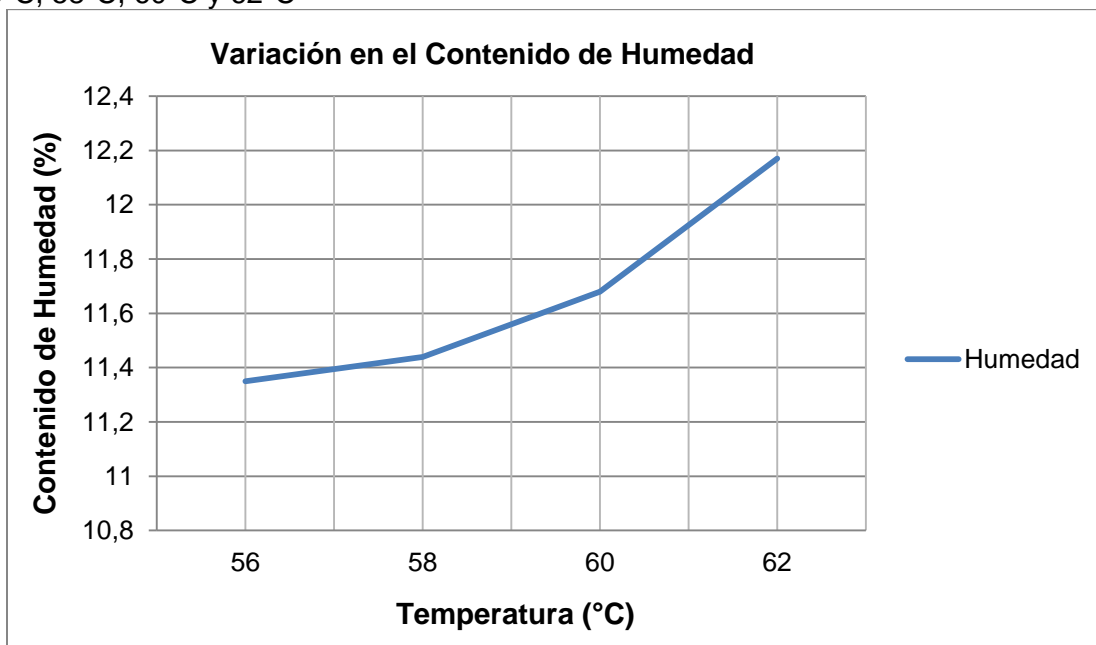


Figura 5. Contenido de cenizas de la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C

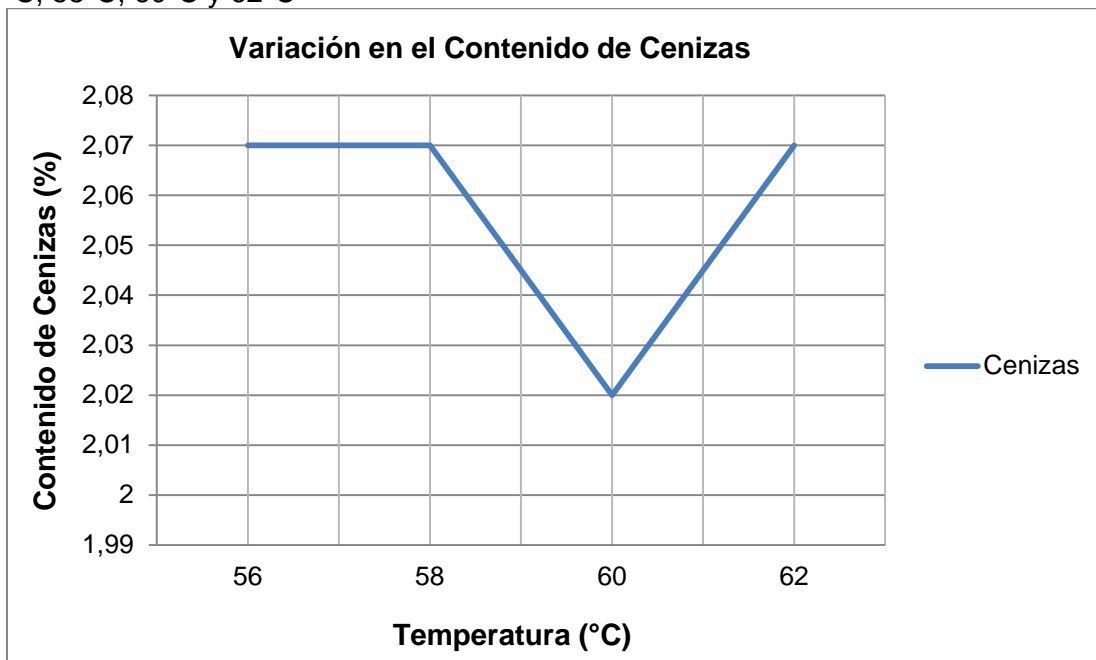
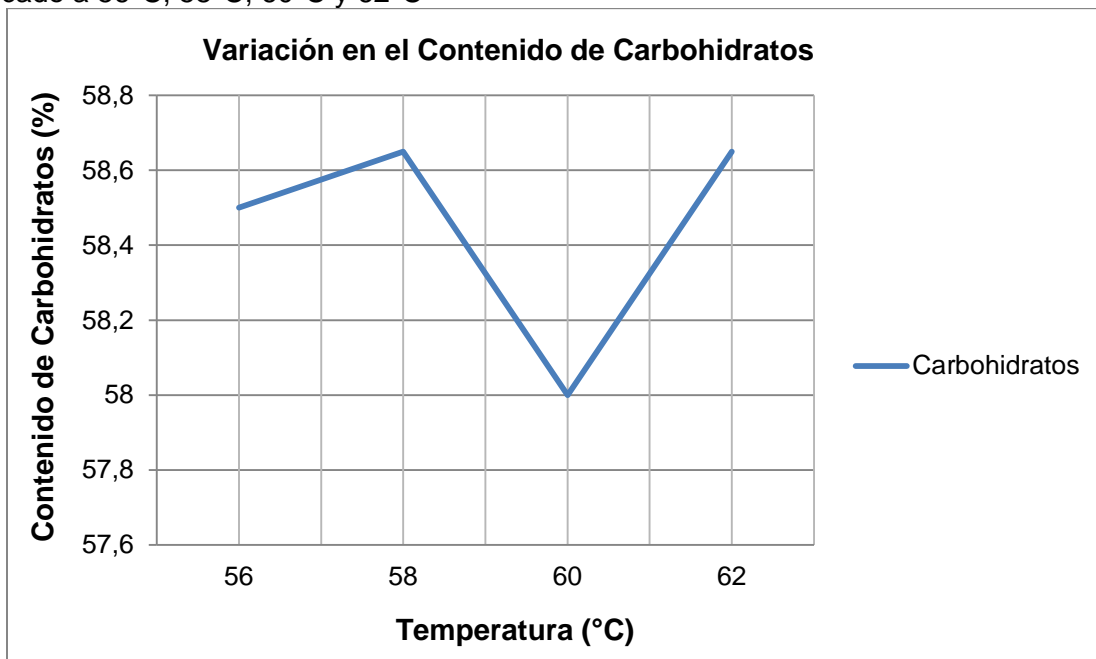


Figura 6. Contenido de carbohidratos de la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C



Anexo C. Resultados propiedades funcionales de la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C

Cuadro 1. Residuo Insoluble en Alcohol (RIA)

Tratamiento	Peso muestra Inicial (g)	Peso filtrado Etanol (g)	Peso filtrado Éter (g)	RIA (g)
56°C	50	64.8	60.6	42.7358
58°C	50	75.4	63.0	41.5227
60°C	50	60.6	58.1	42.1449
62°C	50	59.1	57.2	42.0335

Cuadro 2. Capacidad de Hinchamiento (CH).

Tratamiento	Peso muestra inicial (g)	Volumen inicial H ₂ O(ml)	Volumen final (ml)	Volumen final (g)	Peso final muestra (g)	ml de H ₂ O/ g RIA	%CH
56°C	0.2619	10	9.0	8.8014	1.1833	1.0	381.83
	0.2547	10	9.5	8.9667	1.0751	0.5	196.31
	0.2645	10	9.0	8.5563	1.2127	1.0	378.07
58°C	0.2502	10	9.5	9.0018	1.0433	0.5	199.84
	0.2509	10	9.6	8.7532	1.0622	0.4	159.43
	0.2504	10	9.5	8.9248	1.0668	0.5	199.68
60°C	0.2518	10	9.1	8.7821	1.0998	0.9	357.43
	0.2535	10	9.0	8.6818	1.1107	1.0	394.48
	0.2517	10	9.1	8.6851	1.1102	0.9	357.57
62°C	0.2528	10	9.0	8.7425	1.1282	1.0	395.57
	0.2529	10	9.2	8.8243	1.0809	0.8	316.33
	0.2517	10	9.0	8.6477	1.0556	1.0	397.30

RIA= residuo insoluble en alcohol.

Cuadro 3. Promedio y porcentaje Capacidad de Hinchamiento

Tratamiento (°C)	Repetición	ml de H ₂ O/ g RIA	Promedio CH	Desviación Estándar	%CH	Promedio %CH
56	R1	1.0	0.833	0.2887	381.83	318.74
	R2	0.5			196.31	
	R3	1.0			378.07	
58	R1	0.5	0.467	0.0577	199.84	186.32
	R2	0.4			159.43	
	R3	0.5			199.68	
60	R1	0.9	0.933	0.0577	357.43	369.82
	R2	1.0			394.48	
	R3	0.9			357.57	
62	R1	1.0	0.933	0.1155	395.57	369.73
	R2	0.8			316.33	
	R3	1.0			397.30	

Cuadro 4. Capacidad de Retención de Agua (CRA)

Tratamiento	Peso muestra inicial (g)	Volumen inicial H ₂ O(ml)	Volumen final (ml)	Volumen final (g)	Peso final muestra (g)	g H ₂ O/ g RIA	%CRA
56°C	0.2503	10	8.7	8.4936	1.0308	0.7805	311.83
	0.2516	10	8.5	8.5153	1.0662	0.8146	323.77
	0.2506	10	8.0	7.8078	1.0079	0.7573	302.19
58°C	0.2508	10	8.6	8.3966	1.0548	0.8040	320.57
	0.2509	10	9.5	9.0248	0.8366	0.5857	233.44
	0.2502	10	8.5	8.4617	1.0633	0.8131	324.98
60°C	0.2520	10	9.0	9.0926	1.0585	0.8065	320.04
	0.2510	10	9.0	8.5291	1.0902	0.8392	334.34
	0.2508	10	9.0	8.6118	1.0165	0.7657	305.30
62°C	0.2524	10	9.5	8.9866	0.9841	0.7317	289.90
	0.2503	10	9.2	8.7623	1.0407	0.7904	315.78
	0.2506	10	8.7	8.5000	0.9847	0.7341	292.94

Cuadro 5. Promedio y porcentaje Capacidad de Retención de Agua

Tratamiento (°C)	Repetición	g H ₂ O/ g RIA	Promedio	Desviación Estándar	%CRA	Promedio %CRA
56	R1	0.781	0.784	0.0288	311.83	312.60
	R2	0.815			323.77	
	R3	0.757			302.19	
58	R1	0.804	0.734	0.1287	320.57	293.00
	R2	0.586			233.44	
	R3	0.813			324.98	
60	R1	0.807	0.804	0.0368	320.04	319.90
	R2	0.839			334.34	
	R3	0.766			305.30	
62	R1	0.732	0.752	0.0332	289.90	299.54
	R2	0.790			315.78	
	R3	0.734			292.94	

RIA= residuo insoluble en alcohol.

Cuadro 6. Capacidad de Adsorción de lípidos

Tratamiento	Peso muestra inicial (g)	Volumen inicial aceite (ml)	Volumen final (ml)	Volumen final (g)	Peso final muestra (g)	g de Aceite/ g RIA	%CAL
56°C	0.5028	10	9.0	7.5863	1.1068	0.6040	120.13
	0.5012	10	9.5	7.4530	1.2524	0.7512	149.88
	0.5072	10	9.4	7.7554	1.2928	0.7856	154.89
58°C	0.5071	10	9.5	8.6282	1.1721	0.6650	131.14
	0.5004	10	9.0	7.5274	1.0206	0.5202	103.96
	0.5003	10	9.3	7.6351	1.1531	0.6528	130.48
60°C	0.5002	10	9.4	7.7631	1.1342	0.6340	126.75
	0.5030	10	9.6	8.1014	1.1284	0.6254	124.33
	0.5000	10	8.6	7.4057	1.0737	0.5737	114.74
62°C	0.5121	10	9.3	7.4997	1.0900	0.5779	112.85
	0.5052	10	9.5	7.7875	1.1424	0.6372	126.13
	0.5096	10	8.6	7.6084	1.0926	0.5830	114.40

Cuadro 7. Promedio y porcentaje Capacidad de Adsorción de Lípidos

Tratamiento (°C)	Repetición	g de Aceite/ g RIA	Promedio	Desviación Estándar	%CAL	Promedio %CAL
56	R1	0.604	0.714	0.0965	120.13	141.63
	R2	0.751			149.88	
	R3	0.786			154.89	
58	R1	0.665	0.613	0.0803	131.14	121.86
	R2	0.520			103.96	
	R3	0.653			130.48	
60	R1	0.634	0.611	0.0326	126.75	121.94
	R2	0.625			124.33	
	R3	0.574			114.74	
62	R1	0.578	0.599	0.0329	112.85	117.79
	R2	0.637			126.13	
	R3	0.583			114.40	

RIA= residuo insoluble en alcohol.

Anexo D. Curvas de empastamiento de la harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C, 58°C, 60°C y 62°C

Figura 1. Curva de Empastamiento harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C. Réplica 1

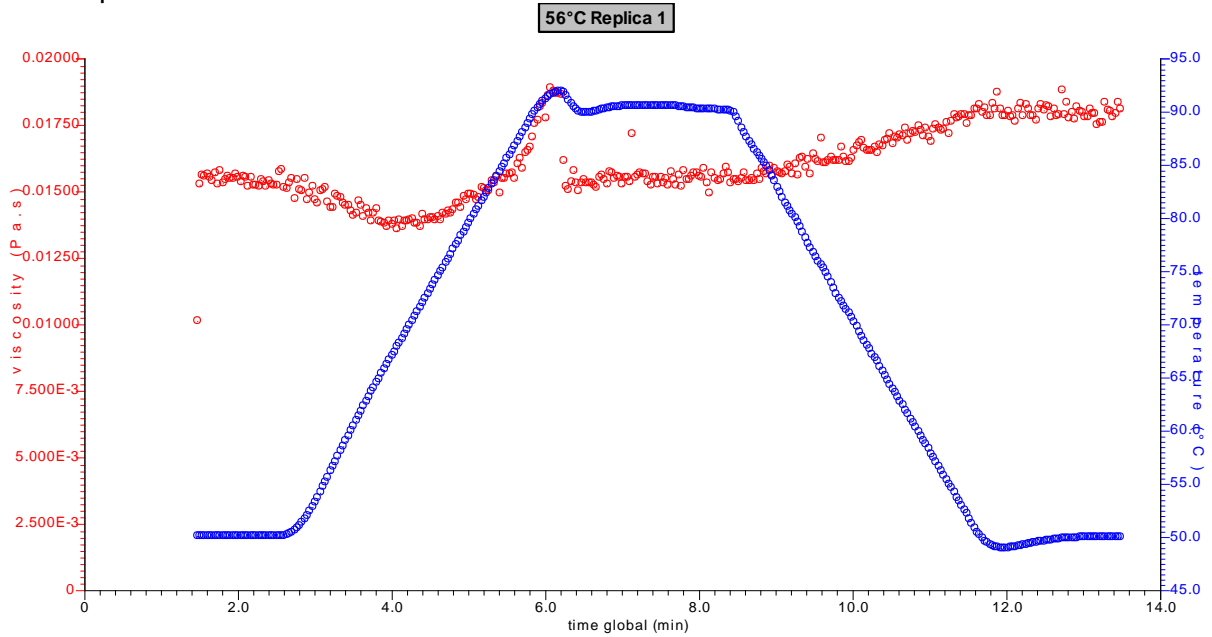


Figura 2. Curva de Empastamiento harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C. Réplica 2

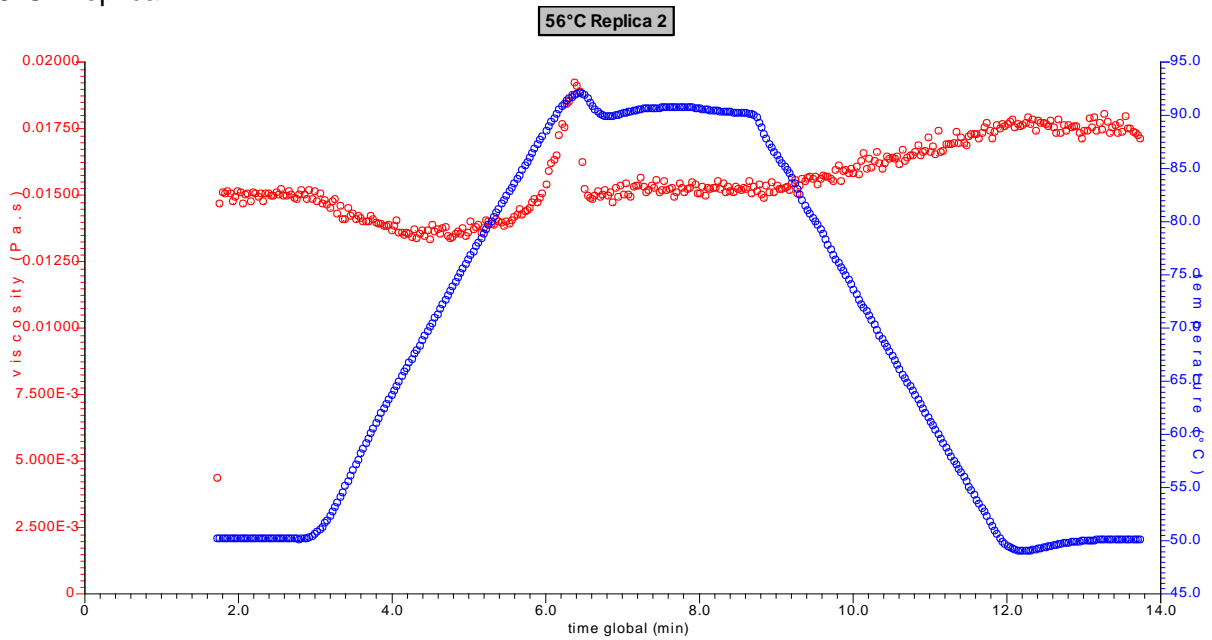


Figura 3. Curva de Empastamiento harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C. Réplica 3

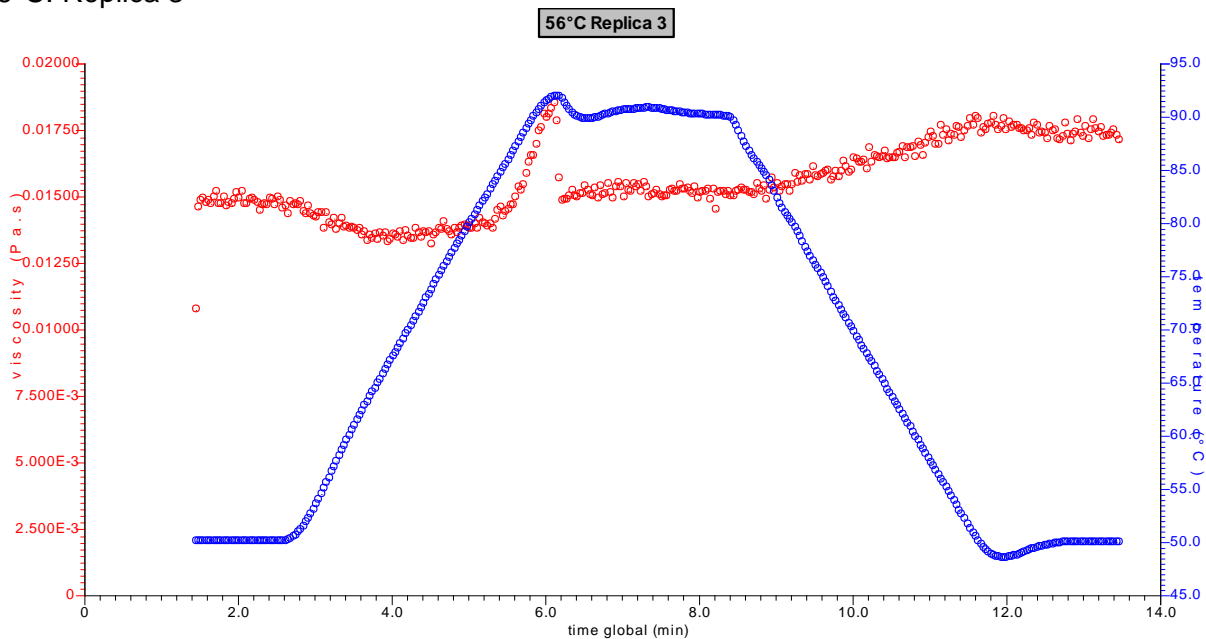


Figura 4. Curva de Empastamiento harina de chontaduro obtenida mediante secado a 58°C. Réplica 1

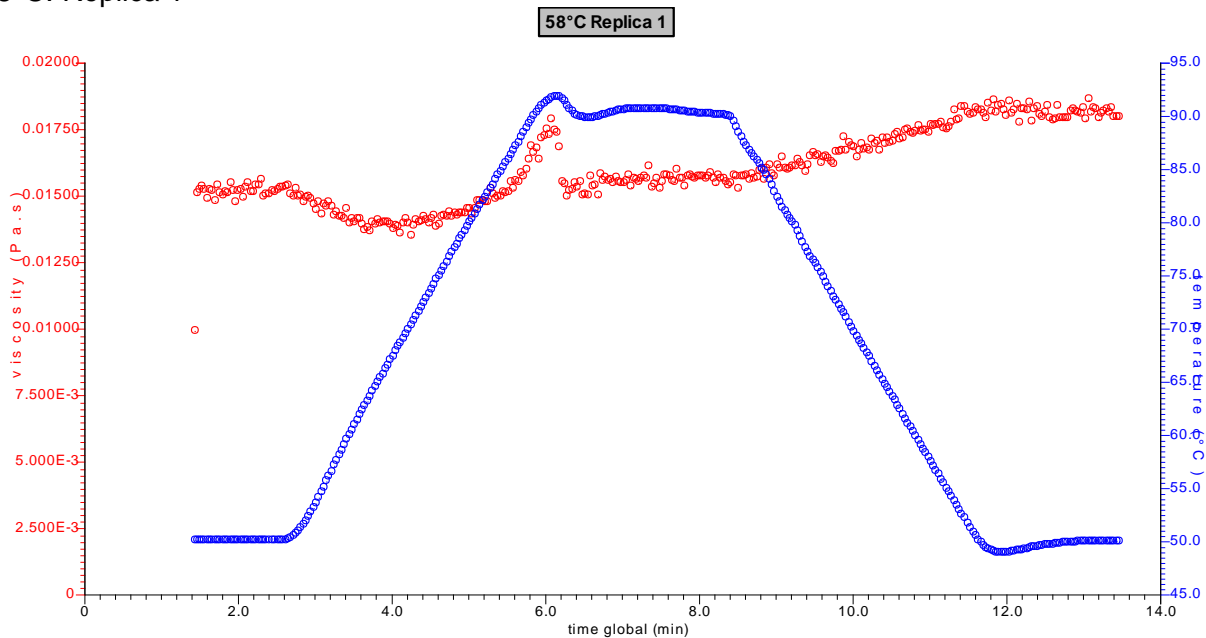


Figura 5. Curva de Empastamiento harina de chontaduro obtenida mediante secado a 58°C. Réplica 2

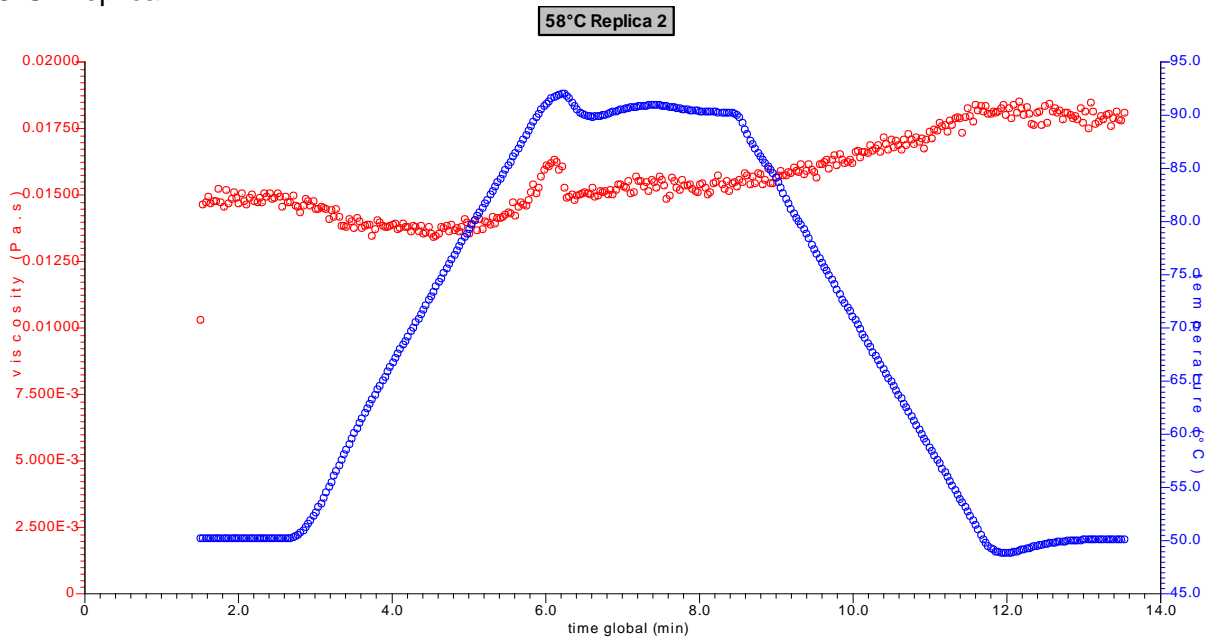


Figura 6. Curva de Empastamiento harina de chontaduro obtenida mediante secado a 58°C. Réplica 3

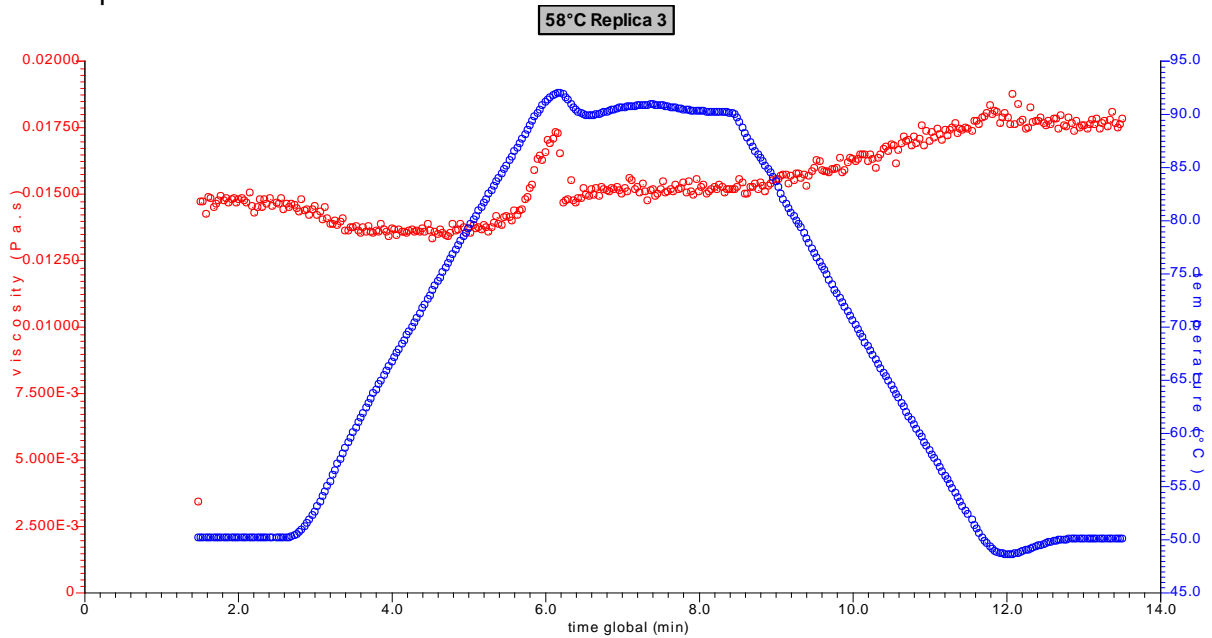


Figura 7. Curva de Empastamiento harina de chontaduro obtenida mediante secado a 60°C. Réplica 1

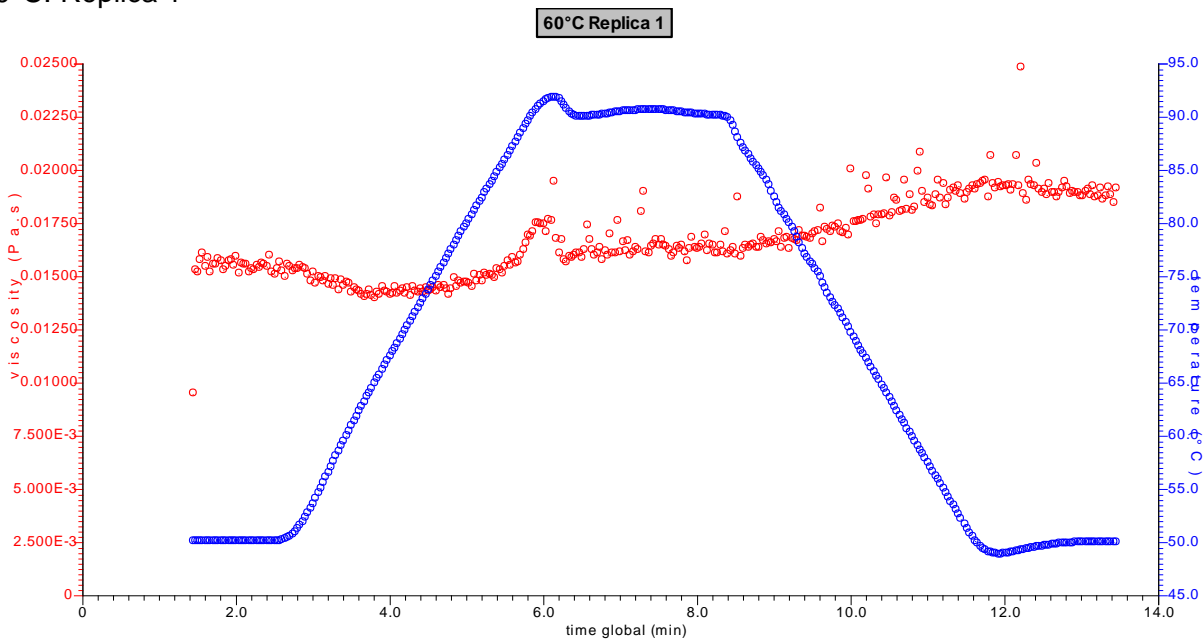


Figura 8. Curva de Empastamiento harina de chontaduro obtenida mediante secado a 60°C. Réplica 2

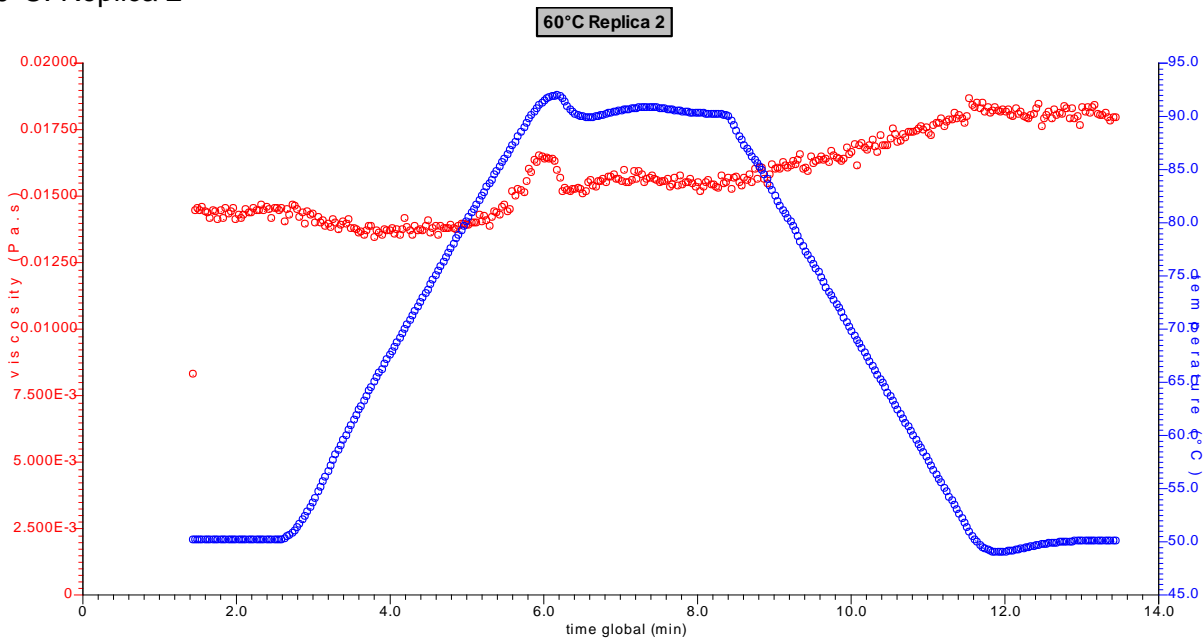


Figura 9. Curva de Empastamiento harina de chontaduro obtenida mediante secado a 60°C. Réplica 3

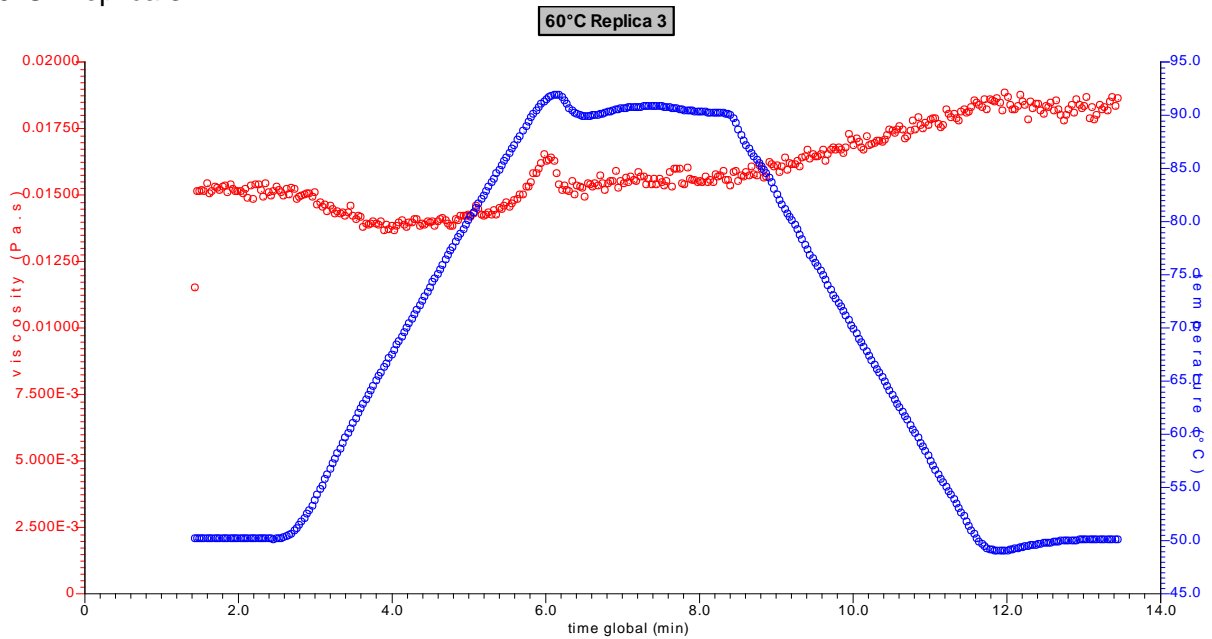


Figura 10. Curva de Empastamiento harina de chontaduro obtenida mediante secado a 62°C. Réplica 1

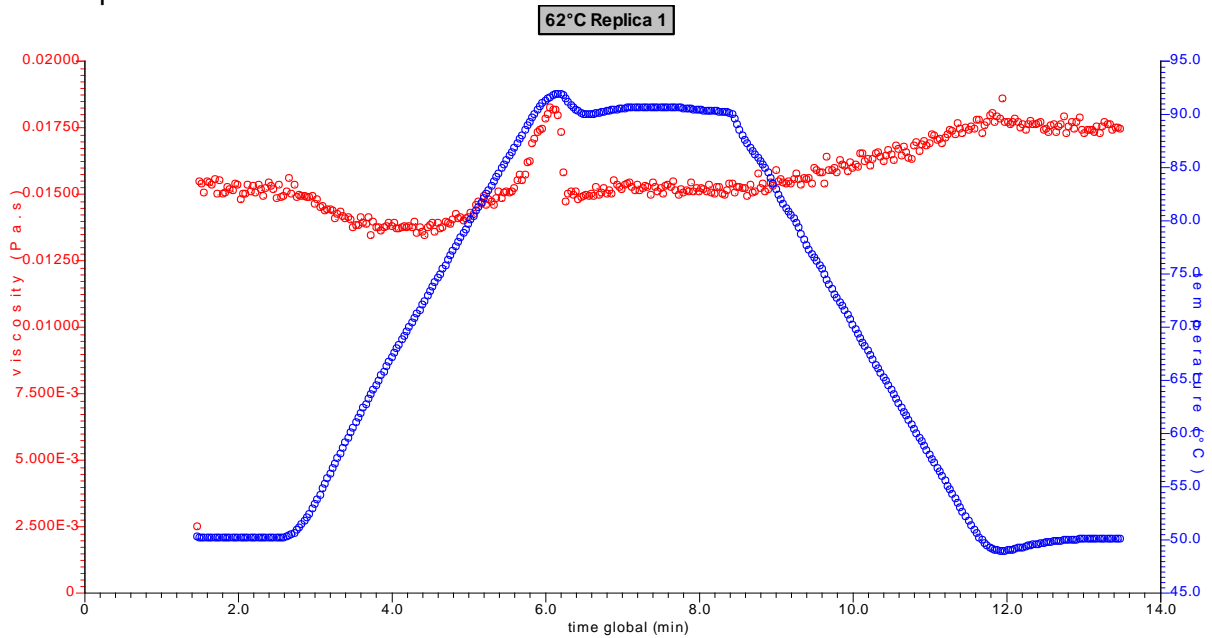


Figura 11. Curva de Empastamiento harina de chontaduro obtenida mediante secado a 62°C. Réplica 2

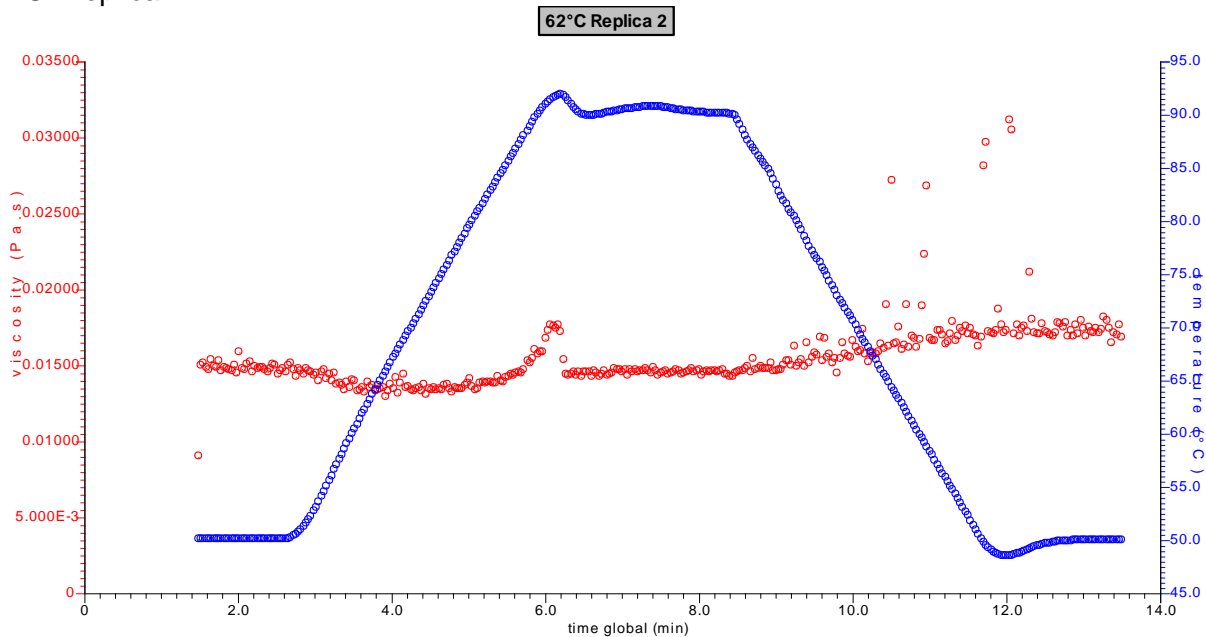
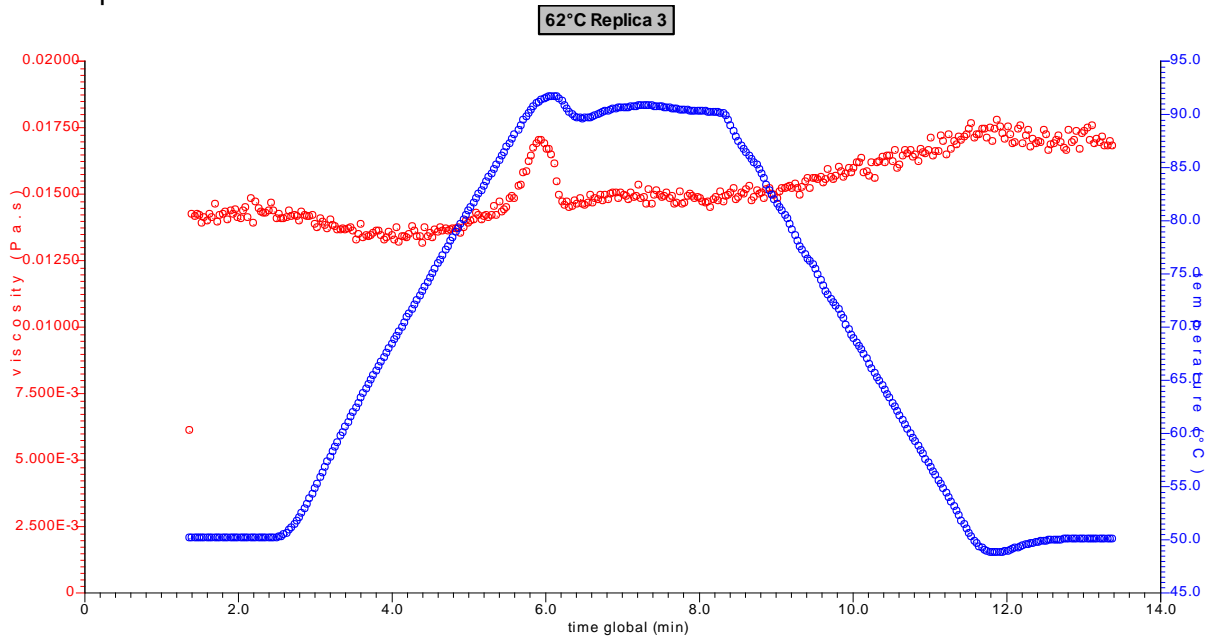


Figura 12. Curva de Empastamiento harina de chontaduro obtenida mediante secado a 62°C. Réplica 3



Cuadro 1. Datos Curva de Empastamiento de harina de chontaduro obtenida mediante secado a 56°C

Muestra 56°C	Temperatura Gelatinización (°C)	Viscosidad Máxima (Pa . s)	Facilidad de Cocción (min)	Break Down (Pa . s)	Set Back (Pa . s)
R1	82.7	0.01888	0.8	0.00398	0.00316
R2	79.9	0.01915	1.1	0.00450	0.00239
R3	79.5	0.01851	1.1	0.00402	0.00260

Cuadro 2. Datos Curva de Empastamiento de harina de chontaduro obtenida mediante secado a 58°C

Muestra 58°C	Temperatura Gelatinización (°C)	Viscosidad Máxima (Pa . s)	Facilidad de Cocción (min)	Break Down (Pa . s)	Set Back (Pa . s)
R1	81.1	0.01785	1.0	0.00288	0.00299
R2	79.2	0.01624	1.1	0.00148	0.00326
R3	78.7	0.01727	1.2	0.00265	0.00318

Cuadro 3. Datos Curva de Empastamiento de harina de chontaduro obtenida mediante secado a 60°C

Muestra 60°C	Temperatura Gelatinización (°C)	Viscosidad Máxima (Pa . s)	Facilidad de Cocción (min)	Break Down (Pa . s)	Set Back (Pa . s)
R1	73.6	0.01763	1.7	0.00197	0.00345
R2	79.6	0.01649	1.1	0.00143	0.00285
R3	80.3	0.01648	1.0	0.00159	0.00369

Cuadro 4. Datos Curva de Empastamiento de harina de chontaduro obtenida mediante secado a 62°C

Muestra 62°C	Temperatura Gelatinización (°C)	Viscosidad Máxima (Pa . s)	Facilidad de Cocción (min)	Break Down (Pa . s)	Set Back (Pa . s)
R1	79.9	0.01821	1.1	0.00354	0.00272
R2	64.0	0.01762	2.4	0.0034	0.0026
R3	78.8	0.01699	1.1	0.00255	0.00231