



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

**OBTENCIÓN DE PAN DE MOLDE CON SUSTITUCIÓN  
PARCIAL DE HARINA DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes  
kunth*)**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERA DE ALIMENTOS**

**CARLA ESTEFANÍA TAPIA TAMAYO**

**DIRECTORA: ING. GABRIELA VERNAZA Ph.D.**

**Quito, noviembre 2014**

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2014  
Reservados todos los derechos de reproducción

## DECLARACIÓN

Yo **CARLA ESTEFANÍA TAPIA TAMAYO**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

CARLA ESTEFANÍA TAPIA TAMAYO

C.I.: 1712328192

# CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “Obtención de pan de molde con sustitución parcial de harina de chontaduro (*Bactris gasipaes kunth*)”, que, para aspirar al título de Ingeniera de Alimentos fue desarrollado por Carla Estefanía Tapia Tamayo, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

---

ING. GABRIELA VERNAZA, Ph.D.

**DIRECTORA DEL TRABAJO**

C.I.: 1711111243

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, ser maravilloso que me dio fuerza y fe para creer lo que me parecía imposible terminar.

A mi familia por ayudarme mientras realizaba investigaciones y por estar a mi lado cada momento de mi vida.

A la Universidad Tecnológica Equinoccial, por darme la oportunidad de estudiar y ser una profesional.

A mi Directora de tesis, por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación ha logrado que pueda terminar con éxito este trabajo.

A mis Profesores, que durante toda mi carrera profesional han contribuido con un granito de arena en mi formación, por sus consejos, sus enseñanzas y por toda su amistad.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional, a los que me encanta agradecer su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida; algunos están aquí conmigo, otros en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén les doy las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Para ellos: muchas gracias y que Dios los bendiga.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
<b>RESUMEN</b> .....	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>VIII</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>3</b>
2.1 GENERALIDADES .....	3
2.2 ORIGEN.....	3
2.3 MORFOLOGÍA .....	4
2.4 USO Y COMERCIALIZACIÓN DE LA PALMA DE CHONTADURO ...	5
2.5 COMPOSICIÓN DEL FRUTO .....	6
2.6 CONSERVACIÓN DEL FRUTO .....	7
2.7 USOS DEL FRUTO.....	8
2.8 HARINA DE CHONTADURO .....	9
2.9 EL TRIGO .....	10
2.10 HARINA DE TRIGO .....	12
2.11 COMPONENTES DE LA HARINA DE TRIGO.....	13
2.11.1 PROTEÍNAS.....	13
2.11.2 ALMIDÓN .....	14
2.11.3 FIBRA.....	15
2.11.4 VITAMINAS .....	16
2.11.5 GRASA.....	16
2.12 EL PAN .....	16
2.13 ESTUDIOS REOLÓGICOS.....	17
2.14 EQUIPOS PARA MEDICIONES REOLÓGICAS .....	17
2.14.1 ALVEÓGRAFO.....	17
2.14.2 EXTENSÓGRAFO.....	18
2.14.3 FARINÓGRAFO .....	18
2.14.4 MIXOLAB .....	18
2.15 DETERMINACIÓN DE COLOR .....	20

2.15.1 ESPACIO DE COLOR L*a*b .....	21
2.15.2 ESPACIO DE COLOR L*C*h .....	22
2.16 EL COLOR EN LOS ALIMENTOS.....	23
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>24</b>
3.1. MATERIA PRIMA.....	24
3.2. ELABORACIÓN DE LA HARINA DE CHONTADURO.....	25
3.3 CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE CHONTADURO .....	26
3.3.1 ANÁLISIS PROXIMAL.....	26
3.3.2 ÍNDICE DE ABSORCIÓN E ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA.....	26
3.3.3 ANÁLISIS DE COLOR.....	27
3.3.4 MIXOLAB .....	27
3.4 ELABORACIÓN DEL PAN .....	28
3.4.1 ANÁLISIS DE COLOR.....	30
3.4.2 VOLUMEN ESPECÍFICO .....	30
3.4.3 ANÁLISIS SENSORIAL.....	30
3.4.4 ANÁLISIS PROXIMAL DEL PRODUCTO ACEPTADO SENSORIALMENTE .....	31
<b>4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
4.1 ANÁLISIS QUÍMICO DE HARINA DE TRIGO Y HARINA DE CHONTADURO.....	32
4.1.1 ÍNDICE DE ABSORCIÓN (IAA) E ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA (ISA).....	34
4.1.2 ANÁLISIS DEL COLOR DE LAS HARINAS .....	36
4.1.3 CURVA DE MIXOLAB .....	38
4.2 ANÁLISIS DEL PAN DE TRIGO .....	45
4.2.1 DETERMINACIÓN DEL COLOR DEL PAN .....	45
4.2.2 VOLUMEN ESPECÍFICO DEL PAN.....	46
4.2.3 ANÁLISIS SENSORIAL.....	47
4.2.4 ANÁLISIS PROXIMAL.....	49
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>51</b>
5.1 CONCLUSIONES .....	51

5.2 RECOMENDACIONES.....	52
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>56</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla 1.</b> Contenido nutricional del fruto de chontaduro .....	7
<b>Tabla 2.</b> Composición aproximada de la harina blanca por cada 100 gramos de trigo.....	12
<b>Tabla 3.</b> Metodología aplicada en el análisis proximal de la harina de chontaduro .....	26
<b>Tabla 4.</b> Formulación base para la elaboración de pan de molde .....	28
<b>Tabla 5.</b> Sustituciones utilizadas para la elaboración de pan .....	29
<b>Tabla 6.</b> Composición proximal de la harina de trigo y harina de chontaduro .....	33
<b>Tabla 7.</b> Valores obtenidos en las pruebas de índice de absorción (IAA) y solubilidad (ISA) en harina de chontaduro y harina de trigo .....	34
<b>Tabla 8.</b> Valores obtenidos de análisis de color en harina de trigo y harina de chontaduro .....	37
<b>Tabla 9.</b> Valores de fuerza y tiempo de análisis de Mixolab en formulaciones de harina.....	38
<b>Tabla 11.</b> Valores obtenidos de las pruebas de color del pan .....	45
<b>Tabla 10.</b> Volumen específico del pan elaborado a base de harina de trigo y chontaduro en diferentes porcentajes de sustitución .....	47
<b>Tabla 12.</b> Análisis sensorial de los diferentes tipos de panes elaborados...	47
<b>Tabla 13.</b> Análisis proximal realizado al pan de harina de trigo 100% y harina de chontaduro 5% - harina de trigo 95%.....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 1.</b> Resultados obtenidos en la curva de Mixolab .....	19
<b>Figura 2.</b> Sólido tridimensional con tres atributos de color .....	21
<b>Figura 3.</b> Espacio de color L*a*b.....	22
<b>Figura 4.</b> Espacio de color L*C*h .....	23
<b>Figura 5.</b> Esquema del proceso de la elaboración de harina de chontaduro .....	25
<b>Figura 6.</b> Harina de chontaduro.....	36
<b>Figura 7.</b> Comportamiento reológico de A) harina de trigo 100% y B) harina de trigo 95% - harina de chontaduro 5% en Mixolab .....	43
<b>Figura 8.</b> Comportamiento reológico de C) harina de trigo 90%-harina de chontaduro 10% y D) harina de trigo 80%-harina de chontaduro20% en Mixolab .....	44

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
ANEXO I .....	58
ANEXO II .....	59
ANEXO III .....	60
ANEXO IV .....	61
ANEXO V .....	62
ANEXO VI .....	63

## RESUMEN

El pan es un producto de consumo diario en el Ecuador, siendo así el principal componente en su dieta. En varios estudios se han buscado opciones para elaborar un pan con características nutricionales superiores a las del pan de trigo sustituyendo su principal componente, harina de trigo por harina de otros frutos o tubérculos, en consecuencia se ha venido estimulando la comercialización de productos poco conocidos y consumidos en nuestro país. Varios frutos de la Amazonía no son muy conocidos en las regiones cálidas de América ni en el Ecuador, entre ellos se encuentra el chontaduro. El chontaduro es un fruto el cual posee altos valores en nutrientes principalmente carotenoides. El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de la sustitución de harina de chontaduro en la elaboración de pan de molde. Se procedió a realizar tres sustituciones de harina de trigo con harina de chontaduro en los siguientes porcentajes: 5%, 10% y 20%. El análisis reológico se lo realizó mediante el Mixolab a las tres sustituciones y a la muestra patrón la cual fue 100% de harina de trigo. Los resultados del análisis de color mostraron que mientras se aumenta el porcentaje de sustitución con harina de chontaduro aumenta la tonalidad siendo amarillo-anaranjado, dando como resultado una diferencia significativa entre el pan de 20% de sustitución y la muestra patrón. Mediante el análisis del volumen específico realizado a los panes obtenidos se pudo observar que mientras se aumenta el porcentaje de sustitución de harina de chontaduro el volumen final del pan disminuye. Los resultados obtenidos en el análisis sensorial de los panes de las tres sustituciones de harina de chontaduro indicaron que el pan con mejores características fue el de 5% harina de chontaduro – 95% harina de trigo. Los resultados de Mixolab mostraron que mientras se aumenta el porcentaje de sustitución de harina de chontaduro, cambian notablemente las características de la masa. Se recomienda el uso de la harina de chontaduro en productos de panificación debido a su importante aporte de minerales y vitamina A.

## ABSTRACT

Bread is a product of daily consumption in Ecuador, thus being the major component in the diet. In many studies, options have been searched to develop a bread with superior nutritional characteristics than wheat bread replacing the main component, wheat flour with flour of nuts or tubers, consequently it has been stimulated the market of poorly known and consumed products in our country. Several fruits of the Amazon are not well known in tropical regions of America or in Ecuador, including chontaduro. Chontaduro is a fruit which has high values of nutrients mainly carotenoid. The objective of this research was to study the effect of replacing flour in developing chontaduro bread. It was proceeded to make three substitutions of wheat flour with chontaduro flour in the following percentages: 5%, 10% and 20%. The rheological analysis was made by Mixolab to the three substitutions and also to the standard sample which was 100% of wheat flour. The color analysis results showed that while the percentage of chontaduro flour is increased, the tonality also increases being yellow-orange, resulting in a significant difference between the 20% substitution bread and the sample bread. By analyzing the specific volume of obtained breads it was observed that while the rate of substitution of chontaduro flour is increased, final bread volume decreases. Final results of sensory analysis indicate that the bread with the best characteristics was the one with 5% substitution with chontaduro flour – 95% wheat flour. Mixolab results showed that while the percentage of substitution of chontaduro flour is increased, it significantly change the characteristics of the dough. The use of chontaduro flour in bakery products is recommended due to the significant contribution of minerals and vitamin A.

## **1. INTRODUCCIÓN**

# 1. INTRODUCCIÓN

Diversos estudios han demostrado que varios productos tradicionales contienen componentes que pueden beneficiar a la salud. El consumo de estos componentes presentes en frutas y vegetales está inversamente relacionado con la incidencia de enfermedades degenerativas como enfermedades cardiovasculares, algunos tipos de cáncer, diabetes, entre otras.

Debido a que las deficiencias de nutrientes son las causantes de enfermedades, se recomienda al consumo de frutas y vegetales ricos en micronutrientes.

Los compuestos antioxidantes en los alimentos incluyen vitaminas, minerales, pigmentos naturales y otros compuestos vegetales. Estos compuestos pueden disminuir o prevenir la oxidación de las moléculas orgánicas por la reducción de reacciones químicas que involucran el oxígeno (Garbanzo, Pérez, Pineda, & Vaillant, 2012).

En la región amazónica la producción de varios frutos tropicales es alta, pero su consumo es limitado debido al poco conocimiento, baja producción y comercialización a pesar de su alto contenido en compuestos nutritivos.

El chontaduro (*Bactris gasipaes kunth*) es un fruto nativo de los bosques tropicales de la amazonia, el cual podría ser considerado el fruto más balanceado de los frutos tropicales. Contiene una cantidad importante de compuestos antioxidantes tales como los carotenoides y polifenoles, altos valores en fibra,  $\beta$ - carotenos, grasa y almidón, bajo en sodio y azúcar (Garbanzo et al., 2012). Una manera de promover la producción y el consumo del chontaduro puede ser la elaboración de harina, teniendo como ventaja su facilidad de almacenamiento, logrando comercializarla a precios asequibles. La harina de chontaduro es un producto excelente del cual se

puede obtener una amplia gama de productos. Por los motivos mencionados anteriormente el objetivo general del presente estudio fue:

Obtener pan de molde con sustitución parcial de harina de chontaduro (*Bactris gasipaes kunth*).

Para conseguir este objetivo se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Obtención y caracterización de la harina de chontaduro.
- Elaboración del pan de molde a base de harina de trigo adicionando harina de chontaduro con distintas formulaciones.
- Caracterización del pan obtenido a base de harina de trigo adicionando harina de chontaduro.

## **2. MARCO TEÓRICO**

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 GENERALIDADES**

El chontaduro (*Bactris gasipaes*) también llamado cachipay - Colombia, pejibaye - Costa Rica, pijibay - Nicaragua, pupunha - Brasil, chontaduro - Colombia y Ecuador, tembé y palma de castilla - Bolivia, pijuayo - Perú, macana y pijiguao - Venezuela, entre otros 200 nombres (Mora & Gainza, 1999), es una palma nativa del Trópico Cálido Húmedo de América Latina domesticada por las culturas primitivas que habitan esta región (Escobar & Jairo, 2002).

Las tribus nativas de América Latina tienen varios usos para la palma de chontaduro como son: el palmito, el fruto y las inflorescencias tiernas de chontaduro como alimento y la madera del árbol para la construcción de viviendas y armas (Mora & Gainza, 1999).

La palma de chontaduro crece en zonas tropicales a una altitud de 100 a 800 m.s.n.m. en la mayoría de suelos excepto en áreas inundables o suelos compactos, ya que afecta al crecimiento del fruto y se adapta a temperaturas medias entre 26 y 28 °C (Escobar & Jairo, 2002).

### **2.2 ORIGEN**

En Costa Rica se encuentra documentación desde el siglo XVI en los inicios de la Colonia, la cual habla sobre la importancia de esta planta para los indígenas nativos. Se tenían varios usos de esta palmera, ya sea como alimento o para vivienda. Inicialmente las tribus indígenas del trópico

americano aprovechaban el corazón de la palma de chontaduro generalmente llamado palmito. El cultivo de la palma para obtención de palmito inició en el año 1970 a partir de un artículo llamado “Palmito de Pejibaye” publicado en Costa Rica y es por esto que se considera que Costa Rica realizó una gran contribución a la agricultura mundial. En la actualidad Bolivia, Colombia, Brasil, Ecuador, Guatemala, México, Nicaragua, Perú, República Dominicana y Venezuela son países productores del palmito de la palma de chontaduro. Estos países en los últimos años han venido incrementando sus áreas de producción y también se han dedicado a la investigación contribuyendo información importante sobre esta planta (Mora & Gainza, 1999).

### **2.3 MORFOLOGÍA**

El tallo tiene una forma cilíndrica, crece hasta una altura de 25 metros, con o sin espinas y un diámetro desde 10 a 25 centímetros. Sus hojas crecen de 2 a 4 metros de largo con espinas, el fruto tiene forma ovoide, con un epicarpio liso brillante, se encuentra agrupado en racimos de 80 a 250 frutos, con un peso de 10 a 12 kg cada racimo. Se lo encuentra de diversos colores como: rojo, amarillo, anaranjado y jaspeado. Cada fruto puede medir de 2.5 a 5 centímetros (Escobar & Jairo, 2002).

La parte comestible del fruto se lo puede encontrar de colores desde un color blanquecino, amarillo hasta naranja rojizo, la cual es fibrosa y gruesa. Dentro de ésta se encuentra la semilla de color blanco con un contenido aceitoso cubierto por un epicarpio duro color café (Villachica, 1996).

Las variedades de los frutos de chontaduro se clasifican según la coloración de la cáscara, el tamaño del fruto, el contenido de aceite de la pulpa, ausencia o presencia de frutos con o sin semilla y la presencia o no de

espinas en el tronco y hojas. La producción del fruto se observa a los 3.5 años de vida de la palma y varía según la región, en Perú y Brasil se obtienen dos cosechas al año a diferencia de otras regiones amazónicas se obtiene una producción en los meses de diciembre a marzo. La cosecha del fruto se realiza utilizando un gancho unido a una vara de madera y un saco lleno de hojas para evitar el daño del fruto al momento de la caída. Otro método es el ascenso por el tronco de la palma hasta llegar al racimo de frutos (Escobar & Jairo, 2002).

## **2.4 USO Y COMERCIALIZACIÓN DE LA PALMA DE CHONTADURO**

Según Orduz & Rangel (2002), la palma de chontaduro tiene varios usos:

- El fruto de chontaduro es utilizado como alimento humano y animal, en el consumo humano generalmente se la consume una vez cocido el fruto o también se lo procesa y se obtiene harina para uso en panadería.
- Se obtiene aceite de la pulpa y semilla del fruto con grandes propiedades nutricionales.
- Los indígenas nativos utilizan los tallos de las plantas adultas para la construcción de sus viviendas y comercialmente se lo utiliza para fabricación de parquet en el mercado internacional.
- Las hojas son utilizadas para techos de viviendas de los nativos que habitan en la amazonia.
- Del corazón del tallo se obtiene el palmito el cual es el único producto por el cual se cultiva la planta de chontaduro de manera comercial.

## 2.5 COMPOSICIÓN DEL FRUTO

Análisis químicos realizados por Restrepo (2009), muestran que el chontaduro tiene un valor nutricional importante ya que se revela que el fruto posee una composición de aminoácidos esenciales que equipara al huevo y otros alimentos completos y también es una fuente principal de proteínas, aceites, vitaminas liposolubles y minerales, por esto se lo consideraría el alimento más balanceado del trópico. El fruto de chontaduro posee una cierta cantidad de grasa la cual es buena fuente de ácidos grasos poliinsaturados tipo omega 3 y omega 6 (linoleico, linolénico) los cuales son esenciales para la nutrición, crecimiento, desarrollo hormonal y disminución del colesterol.

De acuerdo a Vindas (2012), debido a que el chontaduro contiene las cantidades necesarias de vitamina A, carotenoides, antioxidantes, fibra y minerales para cumplir los requerimientos nutricionales de la dieta diaria se debe ingerir 100 g del fruto, esto puede ser con dos chontaduros de 50 gramos cada uno.

Según Serrano, Umaña y Sáenz (2011), los nutrientes más importantes del fruto de chontaduro son las grasas, almidones, minerales fibras de origen vegetal y carotenoides. En este fruto se han encontrado altos contenidos de carotenoides, los cuales están involucrados en el fortalecimiento del sistema inmunológico y disminución del riesgo de enfermedades como cáncer, enfermedades cardiovasculares, artritis, entre otros.

En la Tabla 1 se presentan las cantidades de nutrientes que contienen 100 gramos de chontaduro.

**Tabla 1.** Contenido nutricional del fruto de chontaduro

<b>COMPUESTO</b>	<b>CANTIDAD</b>
Calorías	53.10 – 61.30
Agua	36.40 – 60.90 g
Carbohidratos	35.70 – 39.40 g
Grasa	3.10 – 8.17 g
Proteínas	0.34 – 0.63 g
Fibra	0.80 – 1.40 g
Ceniza	0.72 – 1.64 g
Calcio	8.90 – 40.40 mg
Fósforo	33.50 – 55.20 mg
Hierro	0.85 – 2.25 mg
Vitamina A	7300 U. I.
Tiamina	0.04 – 0.07 mg
Rivoflavina	0.01 – 0.05 mg
Niacina	0.67 – 1.94 mg
Ácido ascórbico	14.8 – 41.4 mg

(Morton, 1987)

## **2.6 CONSERVACIÓN DEL FRUTO**

El fruto crudo sin daños físicos se conserva en un ambiente seco con una buena circulación de aire por un largo periodo de tiempo, se deshidrata gradualmente. Los frutos que han sido manipulados y tienen magulladuras o golpes se fermentan en aproximadamente 3 o 4 días. Los frutos que han

sido sometidos a cocción son comercializados y pueden mantenerse en buen estado por 5 o 6 días. En refrigeración a una temperatura de 2 °C a 5 °C el fruto crudo puede mantenerse por 6 semanas con una mínima deshidratación o deterioro (Morton, 1987).

## **2.7 USOS DEL FRUTO**

Comúnmente el fruto de chontaduro es hervido por 3 horas en agua con sal, a veces con grasa de cerdo antes de su comercialización. Al hervir el fruto la cáscara se separa de la pulpa con facilidad así mismo de la semilla, aunque en algunas variedades la cáscara se adhiere a la pulpa aun así después de la cocción. El fruto precocido es también frito en aceite o asado y servido como un snack acompañado de mayonesa o con queso fundido. También es mezclado con harina de maíz, huevos, leche y se lo fríe, a veces es utilizado como relleno para aves asadas. Ocasionalmente se lo procesa como mermelada. Los frutos secados al horno se conservan por 6 meses y posteriormente hervidos durante media hora para que retomen su textura y sabor característico.

Frutos pelados, sin semillas, partidos por la mitad, enlatadas en salmuera, se han exportado a los Estados Unidos. Los frutos deshidratados pueden transformarse en harina para el uso en varios platos. Una bebida alcohólica fuerte se obtiene mediante la fermentación de la pulpa cruda de los frutos, esto está prohibido en algunas partes de América tropical. Las semillas se comen cocidas como castañas pero son duras y son difíciles de digerir. El exceso de frutos y cáscaras se utilizan como alimento para aves de corral y cerdos (Morton, 1987).

Otro uso para el fruto de chontaduro es la obtención de aceite,  $\beta$ -caroteno y almidón. El aceite comestible obtenido del fruto es rico en ácidos grasos

insaturados, principalmente ácido oleico. Los frutos deben ser cocidos y pelados antes de consumirlos o procesarlos debido a que en su estado crudo éstos contienen antinutrientes como el oxalato de calcio e inhibidores de tripsina, sustancias que son perjudiciales para la salud si son ingeridas en pequeñas o grandes cantidades (Graefe, Dufour, Van Zooneveld, Rodriguez, & Gonzalez, 2012).

## **2.8 HARINA DE CHONTADURO**

La harina que se obtiene del fruto de chontaduro puede ser utilizada para elaborar sopas, pastas, galletas, tortillas, fideos, pan, pasteles, fórmulas para lactantes, entre otras preparaciones. Según estudios realizados la harina de chontaduro se puede utilizar para elaborar tallarines y fideos en una mezcla de 15% de harina de chontaduro y 85% de harina de trigo sin alterar sus características de calidad y textura.

Esta harina no contiene gluten lo cual es muy beneficioso para las personas celíacas (Graefe et al., 2012).

Para la elaboración de la harina se inicia con el proceso de selección y clasificación de los frutos descartando aquellos que estén en estado de sobremadurez o que exista daño por presencia de microorganismos, luego se procede a pesar y lavar la materia prima para eliminar cualquier exceso de impurezas y así continuar con el escaldado en agua hirviendo por 30 minutos, se lo puede realizar también por medio de vapor de agua utilizando una marmita y una caldera por un tiempo de 15 minutos, este proceso es necesario para facilitar el pelado y también para inactivar las enzimas naturales del fruto las cuales intervienen en el proceso de maduración del mismo.

Para pelar el fruto se lo puede hacer de dos maneras: manualmente utilizando un cuchillo de acero inoxidable o químicamente por inmersión en una solución en ebullición de hidróxido de sodio (NaOH) al 15 o 20% por un tiempo máximo de 4 minutos. Posteriormente se deja enfriar la materia prima y se la parte en mitades para extraer la semilla.

Para realizar la deshidratación del fruto se puede utilizar un deshidratador de rodillos o deshidratador de aire caliente con temperaturas de 55 y 60 °C.

Para obtener una humedad uniforme en los trozos deshidratados del chontaduro se los deja al medio ambiente protegido de la luz por un tiempo de 2 a 4 horas. A continuación se muele el chontaduro deshidratado ya sea con molinos de discos o de martillos.

Para el empaque de la harina obtenida se puede utilizar bolsas de polietileno, bolsas de papel Kraft o bolsas de tela algodón. Al producto final se lo almacena en un lugar seco, a temperatura ambiente y protegido de la luz, así la harina puede conservarse durante 6 meses (FAO, 2006).

## **2.9 EL TRIGO**

El trigo es el grano más importante y común, el cual ocupa el segundo lugar en la producción total como cosecha de cereales. El grano de trigo es un alimento básico utilizado para hacer harina para panes con o sin levadura, galletas, pasteles, pasta, couscous; y en fermentación para hacer cerveza, alcohol o biocombustible (Bledzki, Mamun y Volk, 2009).

El trigo es considerado una buena fuente de proteínas, minerales, vitaminas del grupo B y fibra. Es considerado el cereal más estable por más de un tercio de la población mundial y contribuye más calorías y proteínas que cualquier otro cereal.

Es un alimento muy nutritivo, fácil de almacenar y transportar y puede ser procesado en varios tipos de productos. Las condiciones climáticas pueden afectar la composición nutricional de los granos de trigo con el recubrimiento esencial del salvado, vitaminas y minerales.

El salvado y germen de trigo pueden ser una buena fuente de fibra dietética ayudando a la prevención y el tratamiento de algunos desórdenes digestivos. El pan de trigo integral es bueno para la salud. La característica clave que le ha dado ventaja sobre cultivos de clima templado son las propiedades únicas de la masa que se forma a partir de harinas de trigo que permiten ser procesadas en una gama de panes y otros productos horneados (Kumar et al. 2011).

El gluten obtenido mediante la mezcla de la proteína de trigo y agua le da a la masa de la harina de trigo la capacidad única de retener burbujas de gas lo cual ayuda a mantener el pan hasta que el calor de la cocción defina la forma de la estructura (Carver, 2009).

### **2.9.1 CONTENIDO NUTRICIONAL DEL TRIGO**

En muchos países el pan, fideos y otros productos son una parte principal de la dieta diaria. El trigo contiene carbohidratos (78.10%), proteína (14.70%), grasa (2.10%), minerales (2.10%) y una porción considerable de vitaminas (tiamina y vitamina B) y minerales (zinc y hierro). El trigo es también una buena fuente de trazas de minerales como el selenio y el magnesio, nutrientes esenciales para la buena salud (Kumar et al. 2011).

## 2.10 HARINA DE TRIGO

Una harina de trigo se obtiene al triturar finamente el producto mediante la molienda del grano de trigo maduro, limpio y seco. Se denomina harina también a los productos triturados de otros alimentos. Una harina apta para la panificación debe ser suave al tacto, de color blanco-amarillento, sin olores que no sean propios de la harina y ausencia de mohos y plagas (Calaveras, 2004).

En la Tabla 2 se observa la composición de la harina blanca de trigo.

**Tabla 2.** Composición aproximada de la harina blanca por cada 100 gramos de trigo

Componente	Cantidad (g)
Humedad	12.61 ± 0.07
Proteína	10.60 ± 0.06
Fibra	2.44 ± 0.17
Grasa	0.77 ± 0.01
Carbohidratos	75.46 ± 0.01
Cenizas	0.56 ± 0.001

(Vernaza, Gularte y Chang, 2011)

### 2.10.1 TIPOS DE HARINAS DE TRIGO

Según la norma INEN 616:2006 las harinas de acuerdo a su uso se clasifican en:

- Harina panificable extra: elaborada hasta un grado de extracción determinado, puede ser tratada con blanqueadores y/o mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales.
- Harina integral: se obtiene de la molienda de granos limpios de trigo y contiene todas las partes de éste, puede ser tratada con mejoradores, productos malticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales.
- Harinas especiales: harinas con grado de extracción bajo, su destino es la fabricación productos de pastificio, galletería y derivados de harinas autoleudantes que pueden ser tratadas con mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales.
- Harina para todo uso: es la harina de trigo proveniente del trigo Hard Red Spring o Norther SpringHard Red Winter y trigos de otros orígenes que sean aptos para la fabricación de pan, fideos, galletas. Tratada o no con mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales.

## **2.11 COMPONENTES DE LA HARINA DE TRIGO**

### **2.11.1 PROTEÍNAS**

Según De la Vega (2009), las proteínas del trigo se clasifican según su solubilidad y funcionalidad.

Según la solubilidad se encuentran las albúminas extraíbles en agua, globulinas extraíbles en sales diluidas, gliadinas extraíbles en solución de alcohol y gluteninas extraíbles en ácido acético diluido. Las gliadinas y

gluteninas son proteínas del gluten las cuales dan viscosidad y elasticidad a la masa, respectivamente (De la Vega, 2009).

Las proteínas del gluten se encuentran en el endospermo del grano de trigo, y en la harina de trigo en un 80-85% (De la Vega, 2009).

El gluten le da la habilidad a la masa para formar finas capas las cuales retienen gas producido por la fermentación de la levadura lo cual da importantes efectos en el volumen y estructura final del pan (Carver, 2009).

Al gluten se lo describe como el más complejo material reológico conocido por el ser humano. Es químicamente complejo ya que está formado por cientos de diferentes subunidades de proteínas las cuales forman grandes moléculas cuando se elabora la masa. La presencia o ausencia de ciertas proteínas pueden determinar si la variedad de harinas son de buena o baja calidad o si son fuertes o débiles para la aplicación en la elaboración del pan (Bushuk & Rasper, 1994).

### **2.11.2 ALMIDÓN**

El almidón es el principal carbohidrato de la harina de trigo conformado por amilosa en un 25% y amilopectina en un 75%, es insoluble en agua fría pero al añadir calor el almidón se empieza a gelatinizar, los gránulos empiezan a hincharse mientras se va aumentando la temperatura hasta que se logra una penetración del agua y así el gránulo del almidón se sigue hinchando y gelificando hasta formar una pasta espesa (Bernabé, 2009).

En el grano de trigo el almidón se presenta como gránulos grandes y pequeños juntos, su tamaño depende de la edad del grano, el tipo de molturación y como se ha desarrollado durante el crecimiento (Calaveras, 2004).

Como resultado de la molienda del trigo, algunos gránulos de almidón sufren un daño parcial lo cual permite el ataque de enzimas y penetración del agua, cierta cantidad de almidón dañado influencia positivamente en la obtención del pan, pero un alto porcentaje de almidón dañado puede traer resultados negativos (Bernabé, 2009).

La importancia del almidón en la industria panadera se debe a la capacidad de absorción, viscosidad y el tamaño de los gránulos. La capacidad de absorción del almidón depende del tamaño de los gránulos ya que existe una relación con la fuerza de las harinas, es decir una harina floja tiene gránulos grandes y una harina fuerte tiene gránulos pequeños (Calaveras, 2004).

### **2.11.3 FIBRA**

La harina de trigo integral y el salvado de trigo son una buena fuente de fibra insoluble en agua a diferencia de la harina blanca de trigo tiene valores altos de fibra soluble en agua. Se puede identificar que la fibra soluble en agua ayuda a normalizar los niveles de colesterol y azúcar en la sangre y la fibra insoluble puede ayudar a regular la digestión. Una dieta rica en fibra puede prevenir problemas de salud y algunas enfermedades como cáncer de mama probablemente provocando un cambio positivo en el sistema hormonal (Bushuk & Rasper, 1994).

La fibra está compuesta por: celulosa, lignina, hemicelulosas y pectina (Calaveras, 2004).

#### **2.11.4 VITAMINAS**

La cantidad de vitaminas presentes en el pan después de cocer es muy escasa. Las vitaminas más importantes en la harina son la vitamina B que se encuentra en el salvado y en el germen del trigo; la vitamina E presente en el germen del trigo la cual ayuda a evitar el crecimiento de mohos prolongando la vida útil del pan (Calaveras, 2004).

#### **2.11.5 GRASA**

La grasa está presente en una pequeña cantidad en los cereales pero tienen un efecto significativo en la calidad y textura de los alimentos por su habilidad de asociarse con las proteínas. El germen del trigo es el que contiene la mayor cantidad de grasa siendo el 11%, pero cantidades significativas se asocian con el salvado, el almidón y las proteínas del endospermo (Šramková, Gregová y Šturdíka, 2009).

### **2.12 EL PAN**

El pan es un alimento básico en la dieta diaria del ser humano, es un producto elaborado y consumido en todo el mundo. A través del tiempo el pan ha ido evolucionando en su forma y textura obteniéndose así en la actualidad una amplia variedad de pan (Cauvain, 2003).

Los ingredientes básicos del pan son harina, agua, levadura y sal, se los mezcla en cantidades determinadas, se amasa, se fermenta y se cuece en un horno.

Es un producto que aporta gran cantidad de nutrientes necesarios para vivir, es por esto que es considerado fundamental para la alimentación (Gil, 2010).

## **2.13 ESTUDIOS REOLÓGICOS**

La reología es una ciencia que estudia la elasticidad, plasticidad y viscosidad de la materia (Ramírez, 2006).

En la industria de cereales los análisis reológicos son utilizados para medir las propiedades físicoquímicas y visco-elásticas de las harinas de cereales clasificándolas en harinas panaderas, harinas para pastas y harinas para galletas, así también se utilizan para conocer las propiedades funcionales de las proteínas del gluten de la masa de harina de trigo mediante la determinación o simulación de los cambios que presentan las harinas durante el amasado, fermentación y horneado (De la Vega, 2009).

## **2.14 EQUIPOS PARA MEDICIONES REOLÓGICAS**

### **2.14.1 ALVEÓGRAFO**

Este equipo permite medir la fuerza de las harinas, es usado para el control de calidad de trigos y harinas. Los análisis se realizan inflando una burbuja o alveolo de masa, conociendo lo que ocurre durante el hinchamiento de las pequeñas burbujas que se desarrollan en el interior de las masas en el proceso de fermentación. Los parámetros medidos son la extensibilidad (L), tenacidad (P) o elasticidad (Concereal, 2012).

### **2.14.2 EXTENSÓGRAFO**

El extensógrafo es utilizado para determinar la tenacidad y elasticidad de la masa con respecto al tiempo en el momento de la fermentación (De la Vega, 2009).

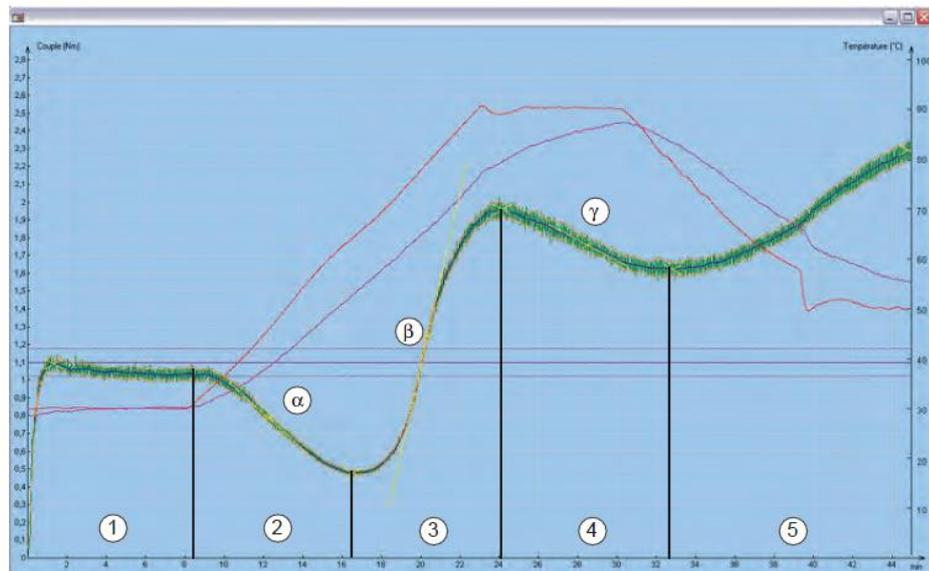
### **2.14.3 FARINÓGRAFO**

Con este equipo se mide un parámetro principal, la absorción de agua. Se mide en la etapa del mezclado visualizando tres etapas: hidratación de los componentes de harina, desarrollo del gluten y colapsamiento de la harina con respecto al tiempo (De la Vega, 2009).

### **2.14.4 MIXOLAB**

El mixolab es un equipo que ayuda a analizar las características reológicas de una masa principalmente conformada con harina de trigo, simulando el proceso de panificación desde la mezcla de ingredientes hasta el horneado. Durante este proceso se mide la capacidad de hidratación de la masa, tiempo de desarrollo ideal, el debilitamiento de las proteínas, la actividad enzimática, gelatinización y gelificación del almidón. Mide en tiempo real el torque (Nm) producido por el mezclado de la masa entre dos brazos de amasado (Chopin, 2008)

Un ejemplo de los resultados obtenidos por medio del equipo se presenta en la Figura 1.



**Figura 1.** Resultados obtenidos en la curva de Mixolab

Según (Kahraman et al. 2008) en la curva de Mixolab se observan 5 etapas diferentes.

1. En la primera etapa se miden las características del mezclado de la masa como son la estabilidad, elasticidad y absorción de agua. En esta etapa un incremento del torque se observa hasta que alcanza su máximo y la masa puede soportar la deformación por un tiempo.
2. En esta etapa se observa el decrecimiento de la consistencia de la masa debido al debilitamiento de la proteína por el aumento del mezclado. Mientras mayor es el decrecimiento de la consistencia menor es la calidad de la proteína.
3. En la tercera etapa la temperatura aumenta los gránulos de almidón absorben agua y se hinchan y las moléculas de amilosa se rompen resultando un incremento en la viscosidad.
4. En la cuarta etapa la consistencia decrece como resultado de la actividad amilásica.
5. En esta etapa la temperatura baja lo que causa un incremento en la consistencia como el resultado de la formación de gel. Esta etapa está relacionada la retrogradación del almidón.

Hay 5 parámetros que se utilizan para evaluar la curva de Mixolab (C1- C5). C1 representa el punto máximo de la primera etapa de mezclado, por otra parte los puntos C2 a C5 representan el punto final de las correspondientes etapas de mezclado.

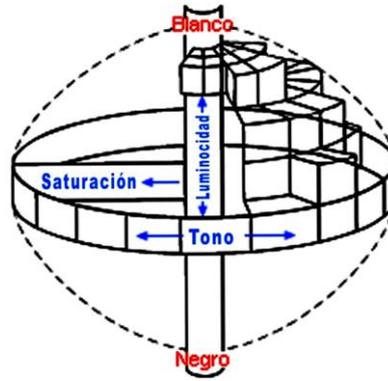
## **2.15 DETERMINACIÓN DE COLOR**

La determinación del color consiste en caracterizar numéricamente el color de un objeto, la caracterización del color debe tener un sentido perceptual, es decir los valores asignados a un color deben describir el color percibido. La percepción del color de un objeto depende de la luz que se recibe del objeto y de su entorno (Artigas, Capilla y Pujol, 2002).

El color es una cuestión de percepción y una interpretación subjetiva. Aun así varias personas miren al mismo objeto, las personas recordarán diferentes experiencias y referencias y expresarán exactamente el mismo color en diferentes palabras. Existen varias maneras de expresar un color, describir un color en particular es extremadamente difícil e impreciso. La expresión verbal de un color es muy complicada, sin embargo existe un método estandarizado con el cual los colores pueden ser expresados con precisión y entendidos por cualquier persona (Konica Minolta, 2007).

Para una clasificación del color se puede expresar en tres términos: tono (color), luminosidad (claridad) y saturación (viveza). Tono es el término utilizado para las clasificaciones de amarillo, rojo, azul, etc. Luminosidad, los colores pueden ser separados en claro y oscuro, y puede ser medida independientemente del tono, cambia de forma vertical. La saturación se la mide independientemente del tono y luminosidad, cambia a medida que el observador se aleja del centro (Konica Minolta, 2007).

Al poner juntos estos tres atributos, se forma un sólido tridimensional como se observa en la Figura 2.



**Figura 2.** Sólido tridimensional con tres atributos de color

(Konica Minolta, 2007)

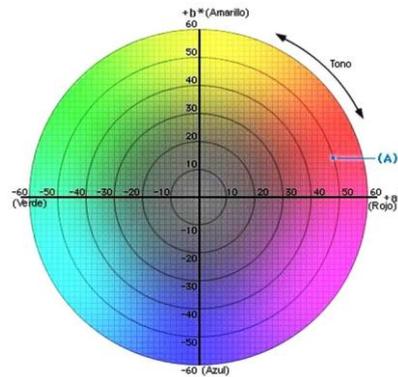
El Tono forma el borde exterior del sólido, la luminosidad se encuentra en el eje central vertical y la saturación en el eje horizontal.

Para la medición del color se utiliza el colorímetro con el cual se obtienen resultados inmediatos para cada espacio de color. Con este equipo se obtienen valores de los espacios de color de  $L^*a^*b$ ,  $L^*C^*h$  o XYZ.

### 2.15.1 ESPACIO DE COLOR $L^*a^*b$

Es el más utilizado para medir el color de los objetos.  $L^*$  indica la luminosidad y  $a^*$  y  $b^*$  indican las coordenadas de cromaticidad.

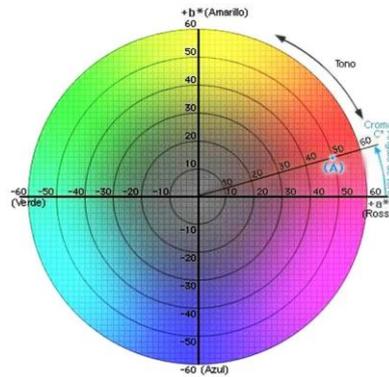
Observando en la figura 3 +a representa la dirección del color rojo y -a la dirección del color verde; asimismo +b indica la dirección del color amarillo y -b la dirección del color azul (Konica Minolta, 2007).



**Figura 3.** Espacio de color  $L^*a^*b^*$   
(Konica Minolta, 2007).

### 2.15.2 ESPACIO DE COLOR $L^*C^*h$

El espacio de color  $L^*C^*h$  utiliza el mismo diagrama que el espacio de color  $L^*a^*b^*$  pero utiliza coordenadas cilíndricas en lugar de coordenadas rectangulares. En este espacio de color  $L^*$  indica luminosidad y es la misma  $L^*$  del espacio de color  $L^*a^*b^*$ ,  $C$  indica chroma y  $h$  es el ángulo de Hue es decir el color. El valor de chroma  $C^*$  es 0 en el centro e incrementa de acuerdo con la distancia desde el centro. En la Figura 4 se observa el ángulo de Hue empieza en el eje  $+a^*$  y es expresado en grados,  $0^\circ$  en  $+a$  corresponde al color rojo, para  $90^\circ$  en  $+b^*$  corresponde al color amarillo,  $180^\circ$  en  $-a$  corresponde al color verde y  $270^\circ$  en  $-b$  corresponde al color azul (Konica Minolta, 2007).



**Figura 4.** Espacio de color L\*C\*h  
(Konica Minolta, 2007)

## 2.16 EL COLOR EN LOS ALIMENTOS

Según Artigas et al. (2002), la medición del color en los alimentos es muy importante debido a que es un atributo que puede producir la aceptación o rechazo del consumidor. El ser humano mediante el sentido de la vista puede determinar un sabor agradable o no a través de un color percibido, así también se pueden detectar ciertas anomalías y defectos en los alimentos. La medición visual es subjetiva, es así que se mide el color mediante métodos estandarizados para obtener valores precisos logrando conocer los diferentes estados de un fruto. Por lo tanto, la medición del color tiene gran importancia en control de calidad en los alimentos en distintas áreas de selección, elaboración y consumo.

### **3. METODOLOGÍA**

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. MATERIA PRIMA**

Los racimos de chontaduro (*Bactris Gasipaes*) se obtuvieron en el mercado agrícola del Puyo en la provincia de Pastaza – Ecuador, entre marzo y abril del 2013, meses en los que hay mayor producción del fruto.

De todas las variedades existentes del fruto de chontaduro se utilizaron los racimos con las siguientes características físicas:

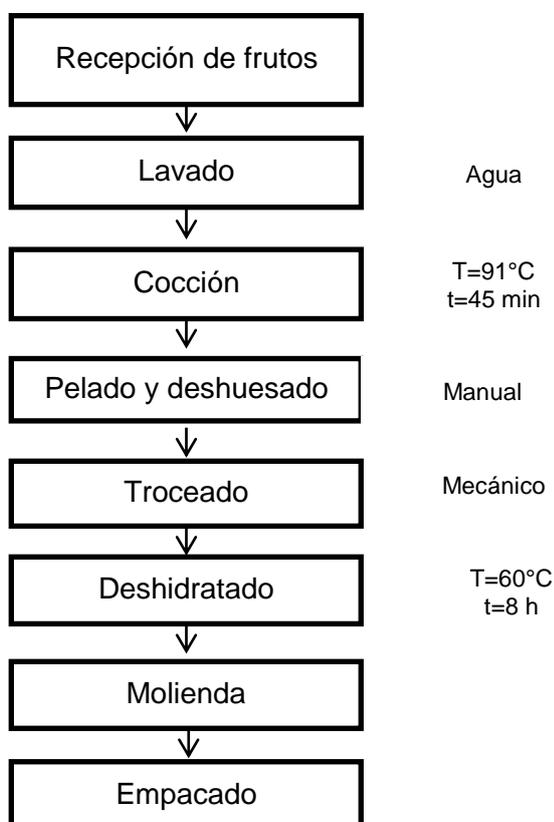
- De color anaranjado y rojo debido a que tienen mayor cantidad de  $\beta$ -caroteno y se comercializan en mayor cantidad.
- Ausencia de magulladuras y ataques de insectos.
- Racimos con maduración uniforme.
- Racimos que no tengan presencia de enfermedad.
- Racimos con frutos de tamaño uniforme.
- Ausencia de olor agrio característico de pudrición del fruto.

Una vez adquirida la materia prima se procedió a su traslado desde la ciudad del Puyo hasta la ciudad de Quito seguido por el almacenamiento en el cuarto frío de la Planta Piloto de alimentos de la Universidad Tecnológica Equinoccial para su mejor conservación.

### 3.2. ELABORACIÓN DE LA HARINA DE CHONTADURO

Para la elaboración de la harina de chontaduro se inició tomando el peso inicial de los frutos de chontaduro para proceder a lavarlos con agua para remover impurezas, una vez realizado el lavado se cocieron los frutos en agua a 91 °C en un tiempo de 45 minutos (Godoy, Motta, Forero, Diaz, & Luna, 2006). El pelado y deshuesado de los frutos se lo realizó con un cuchillo metálico de manera manual. Para obtener un secado uniforme se troceó los pedazos del fruto en un procesador de alimentos de marca Hamilton Beach 70450 teniendo así pedazos finos y uniformes y se procedió a deshidratar a 60 °C por un tiempo de 8 horas. Al obtener la pulpa deshidratada se procedió a moler en un molino marca BLACK&DECKER, modelo HC3000 para luego empacar y almacenar.

Este proceso se lo puede observar claramente en la Figura 5.



**Figura 5.** Esquema del proceso de la elaboración de harina de chontaduro

### 3.3 CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE CHONTADURO

#### 3.3.1 ANÁLISIS PROXIMAL

Se realizó el análisis químico de la harina de chontaduro en el laboratorio LABOLAB. Éste análisis fue realizado en base a normas establecidas que se pueden observar en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Metodología aplicada en el análisis proximal de la harina de chontaduro

PARÁMETRO	MÉTODO
Humedad (%)	PEE/LA/03 INEN 540
Proteína (%)	PEE/LA/03 INEN 543
Grasa (%)	PEE/LA/03 IN EN 541
Ceniza (%)	PEE/LA/03 INEN 544
Fibra (%)	INEN 522
Carbohidratos totales (%)	Cálculo
Energía (kcal/100g)	Cálculo

#### 3.3.2 ÍNDICE DE ABSORCIÓN E ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA

El índice de absorción de agua es el peso del gel obtenido por gramo de muestra seca para medir la potencia de hinchazón de almidón. Se pesó una muestra de 2.5 gramos de harina base seca y se la mezcló con 25 ml de agua destilada, a la muestra se la llevó a agitación por un tiempo de 30

minutos para posteriormente llevarla a centrifugación por 10 minutos a 3000 rpm a una temperatura de 21 °C. Luego de haber centrifugado la muestra se obtuvo un sobrenadante el cual se lo vertió en una cápsula previamente tarada. Se pesó el gel restante con el que se calculó el índice de absorción de agua.

El índice de solubilidad en agua (ISA) es la cantidad de sólidos secos recuperado por evaporación del sobrenadante de la prueba de absorción de agua, se expresa como porcentaje de sólidos secos en los 2.5 gramos de muestra (Anderson, 1982).

### 3.3.3 ANÁLISIS DE COLOR

El análisis de color de la materia prima se lo realizó utilizando un colorímetro marca Konika Minolta CR-400/410 con el cual se midieron valores de L\*, a\* y b\*.

A partir del espacio de color L\*a\*b se procedió a calcular chroma y hue mediante las ecuaciones 1 y 2

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

$$h = \text{Tan}^{-1} \left( \frac{a^*}{b^*} \right) \quad [2]$$

### 3.3.4 MIXOLAB

Las propiedades reológicas de la harina de trigo y de las diferentes mezclas de harina de trigo con harina de chontaduro fueron analizadas mediante el Mixolab, dichos análisis fueron realizados por la empresa GRANOTEC

siguiendo la metodología AACC 54-60-01 utilizando tres tipos de sustituciones de harina de trigo con harina de chontaduro siendo 5%, 10% y 20% de harina de chontaduro.

Con el Mixolab se obtuvieron los resultados en la curva de Mixolab.

En la curva de Mixolab se analizaron los parámetros de absorción de agua, estabilidad, amasado o comportamiento de la mezcla (C1), calidad de la proteína (C2), gelatinización del almidón (C3), actividad de la amilasa (C4) y retrogradación del almidón (C5).

### 3.4 ELABORACIÓN DEL PAN

Este proceso fue realizado siguiendo la metodología de (Kirk O'Donell, 2013) con la formulación que se indica en la Tabla 4 para el pan control:

**Tabla 4.** Formulación base para la elaboración de pan de molde

FORMULACIÓN BASE	
INGREDIENTES	%
Harina blanca	100
Agua	62
Levadura seca	1.5
Sal	2
Azúcar	7
Mantequilla	3
Mejorador	0.7

A partir de la formulación base se realizaron tres sustituciones con harina de chontaduro siendo de 5%, 10% y 20%, obteniendo así cuatro formulaciones en total como se observa en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Sustituciones utilizadas para la elaboración de pan

<b>COMPOSICIÓN DE LA FORMULACIÓN</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Harina de trigo	100%
Harina de trigo – Harina de chontaduro	95% - 5%
Harina de trigo – Harina de chontaduro	90% - 10%
Harina de trigo – Harina de chontaduro	80% -20%

Se inició pesando todos los ingredientes para luego llevarlos a la amasadora por un tiempo de 7 minutos, a la masa obtenida se la llevó a reposo por 10 minutos, luego de este tiempo se cortó la masa en partes para realizar el boleado, se dejó reposar por 10 minutos, posteriormente con un bolillo se realizó la forma del pan para colocarlos en los moldes previamente engrasados. A los moldes se los dejó en la cámara de leudado por 1 hora para luego llevarlos al horno por un tiempo de 20 minutos o hasta que la temperatura interna del pan estuvo en 89 °C. La temperatura del horno fue 220 °C.

### **3.4.1 ANÁLISIS DE COLOR**

El análisis de color de los diferentes panes se realizó mediante el colorímetro de marca Konika Minolta CR-400/410 colocando el colorímetro directamente en la corteza del pan. Se procedió a calcular Chroma y Hue utilizando las fórmulas 1 y 2 mencionadas anteriormente con los valores obtenidos de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ .

### **3.4.2 VOLUMEN ESPECÍFICO**

El volumen específico de los diferentes panes se determinó mediante el método 10-05 de la AACC con algunas modificaciones. Este método consiste en el desplazamiento de semillas, colocando semillas de quinua en un molde redondo midiendo la cantidad de semillas desplazadas al introducir el pan dentro del molde y llenarlo con las semillas. El sobrante de quinua se midió colocándolo en una probeta siendo éste el volumen del pan obtenido. El volumen específico es el resultado de la cantidad de quinua sobrante en centímetros cúbicos dividida para el peso del pan en gramos.

### **3.4.3 ANÁLISIS SENSORIAL**

El análisis sensorial del pan obtenido se realizó con 4 atributos los cuales fueron: sabor, color, textura y aceptabilidad global, con una escala hedónica de 7 puntos asignada desde: 1 = me disgusta extremadamente hasta 7 = me gusta extremadamente. El panel que realizó la evaluación sensorial estuvo conformado por 97 personas a quienes se les entregó cuatro muestras cada una asignada con un número aleatorio de tres dígitos.

Una vez obtenidos los resultados de la evaluación sensorial se procedió a realizar un análisis estadístico en el programa Statgraphics Centurion XV.

#### **3.4.4 ANÁLISIS PROXIMAL DEL PRODUCTO ACEPTADO SENSORIALMENTE**

El análisis proximal fue realizado en el laboratorio LABOLAB en la ciudad de Quito. La muestra analizada fue del pan que tuvo mayor aceptación en el análisis sensorial. Este análisis fue realizado en base a normas establecidas que se pueden observar en la Tabla 3.

### **3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se analizaron estadísticamente los resultados de las distintas pruebas realizadas a las harinas y al pan. Se utilizó el programa Statgraphics Centurión XV, versión 15.2.05. Los análisis estadísticos se realizaron mediante un análisis de varianza simple con prueba de Tukey para determinar si existen diferencias significativas entre las muestras estudiadas.

## **4. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

## **4. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **4.1 ANÁLISIS QUÍMICO DE HARINA DE TRIGO Y HARINA DE CHONTADURO**

En la Tabla 6 se presentan los datos obtenidos en el análisis de la composición proximal de la harina de trigo y la harina de chontaduro. Se puede observar principalmente que el valor de proteína de la harina de trigo es 13.90% lo cual indica un valor alto en comparación con la harina de chontaduro de 5.12%. En cuanto al valor de grasa presente en la harina de trigo demuestra un valor menor siendo 1,33% en comparación con la harina de chontaduro de 10.59%, esto quiere decir que para la obtención de pan la harina de chontaduro no contiene la proteína necesaria para obtener un pan con características ideales, afectando así su volumen final debido a que la proteína es un componente necesario para la formación del gluten en el momento de la formación de la masa.

Los valores de ceniza, fibra y carbohidratos totales de la harina de chontaduro superan a los valores de la harina de trigo, es por esto que a la harina de chontaduro se la puede considerar una rica fuente nutricional.

Según la norma INEN 616 (2006), el requisito de humedad en la harina de trigo panificable no debe exceder de 14.5% y en cuanto a cenizas para el caso de harina panificable enriquecida extra el valor máximo no debe exceder del 1.6%, lo cual indica que la harina de chontaduro se encuentra dentro de los parámetros establecidos.

**Tabla 6.** Composición proximal de la harina de trigo y harina de chontaduro

<b>PARÁMETRO</b>	<b>HARINA TRIGO<sup>1</sup> (%)</b>	<b>HARINA CHONTADURO<sup>1</sup> (%)</b>
Humedad (%)	13.34 ± 0.02 <sup>a</sup>	5.74 ± 0.12 <sup>b</sup>
Proteína (%)	13.90 ± 0.01 <sup>a</sup>	5.12 ± 0.03 <sup>b</sup>
Grasa (%)	1.33 ± 0.01 <sup>b</sup>	10,59 ± 0.17 <sup>a</sup>
Ceniza (%)	0.64 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.57 ± 0.01 <sup>a</sup>
Fibra (%)	2.07 <sup>b</sup>	2.10 ± 0.10 <sup>a</sup>
Carbohidratos totales (%)	68.74 ± 0.04 <sup>b</sup>	73.70 ± 0.18 <sup>a</sup>
Energía (kcal/100 g)	342.27 ± 0.26	410.57 ± 0.71

<sup>1</sup> media ± desviación estándar (n=2)

Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa

Según Gil et al. (2011), en el análisis proximal de la harina de plátano se observan valores de: proteína 5.15%, humedad 9.02%, grasa 1.99%, carbohidratos 79.2%, fibra 2.35%, ceniza 4.64%, calorías 355.31(kcal/g). Se comparó la cantidad de proteína presente en la harina de plátano con el valor obtenido en la harina de chontaduro, dando como resultado un mayor valor en la harina de plátano. De la misma manera los valores de ceniza, fibra y carbohidratos de la harina de plátano en comparación con la harina de chontaduro son mayores, por lo cual la harina de chontaduro no ofrecería un alimento altamente nutricional en comparación con productos elaborados a partir de harina de plátano.

En el estudio de Pineda (2013), sobre la utilización de la harina de malanga en la obtención de productos de panificación, los valores obtenidos en el análisis proximal son: humedad 8.45%, proteína 5.17%, grasa 1.02%, ceniza 4.27%, fibra 2.42%, carbohidratos 78.68%. Se puede observar que en cuanto al valor de proteína de la harina de malanga es similar al valor obtenido en la harina de chontaduro, dando como resultado ambas harinas

pobres en proteína lo cual no favorece en la obtención de productos de panificación. En cuanto al valor de ceniza 4.27% en la harina de malanga supera al valor obtenido en la harina de chontaduro 1.57% lo cual indica que la harina de chontaduro no se la podría considerar como un producto rico en minerales en comparación con la harina de malanga.

#### 4.1.1 ÍNDICE DE ABSORCIÓN (IAA) E ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA (ISA)

Según los resultados obtenidos en la Tabla 7 se puede observar que los valores de IAA e ISA de la harina de chontaduro duplican los valores obtenidos para la harina de trigo.

**Tabla 7.** Valores obtenidos en las pruebas de índice de absorción (IAA) y solubilidad (ISA) en harina de chontaduro y harina de trigo

TIPO DE HARINA	IAA <sup>1</sup>	ISA <sup>1</sup>
HARINA DE CHONTADURO	10.48 ± 0.34 <sup>a</sup>	4.32 ± 0.03 <sup>a</sup>
HARINA DE TRIGO	5.89 ± 0.13 <sup>b</sup>	2.23 ± 0.87 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>media ± desviación estándar (n=3)

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa

Según Rodríguez et al. (2011), en su estudio realizado sobre la harina de malanga reporta que a mayor cantidad de carbohidratos puede haber una mayor cantidad de agua absorbida, es decir que los valores de IAA van ligados a la cantidad de carbohidratos presentes, lo cual concuerda con los resultados obtenidos de IAA en la harina de chontaduro 10.48 en comparación con la harina de trigo 5.89; en la Tabla 6 se demuestran los

valores de carbohidratos en la harina de chontaduro 73.70% siendo mayor que la harina de trigo 68.74%.

En el estudio de Sandoval et al. (2012), los IAA e ISA pueden ser utilizados como indicativos del grado de modificación de los almidones al ser sometidos a tratamientos termomecánicos.

Según Barrera & Ribotta (2012), en una harina hay presencia de almidón sano y almidón dañado. El almidón dañado tiene una mayor capacidad de absorción de agua en comparación con el almidón sano. En el almidón dañado hay mayor presencia de amiloplastos dañados los cuales son degradados rápidamente por las amilasas presentes. Una elevada cantidad de amiloplastos dañados influyen en las propiedades de las harinas aumentando la capacidad de absorción de agua afectando de una manera negativa la calidad de los productos.

La absorción de agua es la cantidad de agua que se debe añadir a una harina para la obtención de la masa con las características óptimas de consistencia, de esta manera se puede conocer el rendimiento de una harina en la obtención de pan, es decir mientras más absorción de agua, existe un mayor rendimiento pero al agregar cantidades excesivas de agua se obtiene un pan de miga suelta y elástica (Álvarez, 2012).

El ISA se lo expresa como el volumen en mililitros de sedimento recuperados de la evaporación del sobrenadante en el ensayo de absorción de agua. En los resultados obtenidos el índice de solubilidad indica que la harina de chontaduro tiene más sólidos solubles en agua que la harina de trigo. De acuerdo con Sarmiento (2014), debido a la estructura modificada del almidón en el proceso de harina de camote hace que este sea soluble en agua debido a que se generan puentes de hidrógeno que unen a la molécula de almidón con las moléculas de agua. Es una propiedad relacionada con la formación de geles, cremas o salsas. Es así que la harina de chontaduro contiene una mayor cantidad de sólidos solubles en agua en comparación con la harina de trigo valores obtenidos en la Tabla 7.

#### 4.1.2 ANÁLISIS DEL COLOR DE LAS HARINAS

Los análisis de color realizados mediante un colorímetro dieron resultados en valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , donde  $L^*$  significa Luminosidad,  $a^*$  coordenada de cromaticidad en la gama rojo-verde y  $b^*$  coordenada de cromaticidad en la gama de amarillo-azul.

Según Vázquez, De Cos Blanco y López (2005) las frutas más coloreadas son las de mayor contenido en carotenoides y los procesos de cocción conducen a una mayor concentración de las provitaminas A debido a que son compuestos termoresistentes.

En el estudio realizado por Blanco y Muñoz (1992) sobre el contenido y disponibilidad de los carotenoides de pejibaye como fuente de vitamina A, la cocción no afecta al contenido de carotenoides, presentando así valores similares en fruto crudo y fruto cocido.

En la Figura 6 se observa el color anaranjado de la harina de chontaduro obtenida.



**Figura 6.** Harina de chontaduro

Mediante la Tabla 8 se pueden analizar los valores medidos del color entre la harina de trigo y harina de chontaduro.

**Tabla 8.** Valores obtenidos de análisis de color en harina de trigo y harina de chontaduro

MUESTRA	L* <sup>1</sup>	a* <sup>1</sup>	b* <sup>1</sup>	CHROMA <sup>1</sup>	HUE <sup>1</sup>
Harina de chontaduro	78.86 <sup>b</sup> ± 0.43	4.02 <sup>a</sup> ± 0.07	61.21 <sup>a</sup> ± 0.22	61.34 <sup>b</sup> ± 0.22	86.28 <sup>b</sup> ± 0.06
Harina trigo	93.38 <sup>a</sup> ± 0.10	-0.78 <sup>b</sup> ± 0.02	11.63 <sup>b</sup> ± 0.20	11.65 <sup>a</sup> ± 0.20	-86.20 <sup>a</sup> ± 0.16

<sup>1</sup>media ± desviación estándar (n=3)

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa

Se obtuvo un valor positivo de a\* en la harina de chontaduro de 4.01 el cual tiende en dirección de rojos positivos en el plano de espacio del color L\*a\*b, por lo contrario se observa un valor negativo en la harina de trigo de -0.78 valor el cual tiende a quedarse en la escala de blancos.

En cuanto a valores de b\* en la harina de chontaduro se obtuvo el valor alto de 61.21 a comparación con la harina de trigo con un valor de 11.63 demostrando que la harina de chontaduro tiende en dirección amarillos en el plano de espacio del color L\*a\*b.

Los valores obtenidos en la harina de chontaduro de la saturación o chroma (61.34) y tono o Hue (86.28) resultaron positivos los cuales indican que se ubica en el plano de los tonos amarillos y de lo contrario los valores de la harina de trigo son menores siendo chroma (11.659) y hue (-86.206), es decir una saturación y tonos bajos en comparación con la harina de chontaduro.

### 4.1.3 CURVA DE MIXOLAB

Los análisis de Mixolab fueron realizados a la harina de trigo 100% y a las tres diferentes sustituciones de harina de trigo y harina de chontaduro en concentraciones de 95-5, 90-10 y 80-20%.

En la Tabla 9, Figura 7 y 8 se presentan los resultados del número de Par medido en Nm (Newton por metro) y el tiempo en minutos de las cuatro masas a las que se realizó el análisis, aquí se puede observar como varía la fuerza entre cada curva y entre cada sustitución.

**Tabla 9.** Valores de fuerza y tiempo de análisis de Mixolab en formulaciones de harina

	100% T*		5% CH*		10% CH*		20% CH*	
	H* 13.50%	Hidratación 65.70%	H* 13.40%	Hidratación 66.60%	H* 13.2 %	Hidratación 67.9 %	H* 12.4 %	Hidratación 71.3 %
E*	8.48		4.65		3.33		1.82	
	TIEMPO (MIN)	PAR(Nm)	TIEMPO (MIN)	PAR(Nm)	TIEMPO (MIN)	PAR(Nm)	TIEMPO (MIN)	PAR(Nm)
<b>C1</b>	3.94	1.07	3.53	1.11	3.23	1.1	2.95	1.12
<b>C2</b>	16.58	0.45	17.95	0.3	16.82	0.19	16.85	0.18
<b>C3</b>	27.97	1.45	25	1.14	24.13	1.02	24.22	0.79
<b>C4</b>	29.71	1.39	31.45	0.98	31.57	0.81	31.43	0.63
<b>C5</b>	45.04	1.98	45.07	1.24	45.07	1.13	45.05	0.8

T\*= Trigo

CH\*= Chontaduro

H\*= Humedad

E\*= Estabilidad

- **COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA (C1)**

Los resultados reportados de C1 por la curva de mixolab indican que la harina de chontaduro en los porcentajes 5 y 10 observado en la Figura 7 y 8

(B y C), mantiene las características de una harina fuerte debido al tiempo de amasado que se registra en cada una de las formulaciones, sucediendo lo contrario al aumentar el porcentaje de harina de chontaduro Figura 8 (D), el tiempo de amasado disminuye debido a que los valores del índice de solubilidad y absorción de agua son altos y esto indica que necesita un tiempo de amasado corto mientras se aumenta la cantidad de harina de chontaduro a la formulación.

Según Lascano (2010), la estabilidad es un parámetro importante para determinar una harina fuerte o débil y va ligada a una alta calidad de gluten. Se considera una harina fuerte al tener un valor no menor de 7.

Se registró una estabilidad de 8.48 en la harina de trigo 100% la cual se la calificó como harina fuerte, al contrario al aumentar la sustitución con harina de chontaduro el valor de estabilidad disminuyó drásticamente calificándola como harina débil.

En el estudio de Pineda (2013) sobre la utilización de la harina de malanga en la obtención de productos de panificación, en las formulaciones con sustitución del 5%, 10% y 20% de harina de malanga se alcanzó un tiempo de mezclado muy bajo en comparación con la muestra patrón. Estos resultados demuestran que al realizar la sustitución con harina de chontaduro en valores de 5%, 10% y 20% se obtienen tiempos de mezclado mayores en comparación con la harina de malanga indicando que la harina de chontaduro es fuerte, ofreciendo mejores cualidades panificables.

- **CALIDAD DE PROTEÍNA (C2)**

En los resultados obtenidos en la Tabla 9 y Figura 7 (A), se puede observar que un pan de molde ideal debe mantener un Par no menor a 0.5 ya que a medida que se fueron aumentando los porcentajes de harina de chontaduro este valor disminuyó, de esta manera en la sustitución de 20% se obtuvo un

Par de 0.18 lo cual indica que se causó un debilitamiento de las proteínas teniendo así una masa y un producto final de baja calidad. Se encontró una diferencia significativa en los valores obtenidos de proteína en los análisis de la harina de trigo y harina de chontaduro siendo el valor de harina de chontaduro 5.12% menor al de harina de trigo 13.90%. Esto quiere decir que las diferentes sustituciones de harina de chontaduro ejercen fuerte influencia en los valores de proteína disminuyendo la calidad de la red de gluten.

Según Pineda (2013), los resultados de la sustitución del 20% de harina de malanga indican un Par de 0,28 este valor es mayor al obtenido con la harina de chontaduro, esto sucede ya que la harina de malanga contiene un porcentaje mayor de proteínas que la harina de chontaduro, pero de la misma manera con la harina de malanga en una sustitución del 20% se demuestra que se obtiene un producto final de características de baja calidad.

- **GELATINIZACIÓN DE ALMIDÓN (C3)**

De acuerdo a Chopin (2012), la gelatinización del almidón es importante para fijar la estructura de la miga. Unas medidas muy bajas de C3, C4 y C5 para la panificación deben llevar lógicamente a la producción de panes de poco volumen con una miga pegajosa.

En la Figura 7 y 8 se pueden observar las curvas de mixolab de las sustituciones de 5%, 10% y 20%, el valor del Par disminuye en comparación con el valor de la muestra patrón, esto quiere decir que hay una presencia alta de almidón y debido a esto la actividad amilásica aumenta afectando negativamente las características del pan.

En el caso del presente estudio en la sustitución con 20% de harina de chontaduro se obtuvo un valor del Par de 0.7 lo cual es bajo en comparación con la harina de trigo que registró un valor de 1.45. En los resultados obtenidos en los análisis de harina de trigo y harina de chontaduro se encontró una diferencia significativa de carbohidratos siendo en la harina de chontaduro un valor superior al de la harina de trigo.

El mismo fenómeno se pudo observar en el estudio de Pineda (2013), con la sustitución del 20% de harina de malanga se produjo una disminución de la calidad del almidón obteniendo así un pan de poco volumen y de miga pegajosa con el Par 1.25 el cual es bajo.

- **ACTIVIDAD AMILÁSICA (C4)**

Según Tejero (2014), al momento de añadir agua en el proceso de amasado las amilasas presentes en la harina comienzan su actividad. El almidón roto producto de la molturación del trigo se hidrata rápidamente y debido a esto las enzimas lo atacan. La alfa amilasa actúa cortando las cadenas lineales del almidón en fracciones de menor longitud llamadas dextrinas y la beta amilasa corta las cadenas en moléculas de maltosa. Las dextrinas influyen en la capacidad de retención de agua y consistencia de la masa, al producirse una excesiva dextrinación resulta una masa blanda y pegajosa.

En los datos reportados en la Tabla 9 y Figura 7 y 8 (B y C) se observan valores bajos de C4 en los porcentajes de 10% y 20% de harina de chontaduro, lo cual indica que la masa formada tiene una actividad amilásica alta obteniendo así un pan con poco volumen y una textura no comparable con el pan de harina de trigo.

Según Sarmiento (2014), a mayor cantidad de enzimas, se obtiene una masa con menor consistencia y al contrario al tener una cantidad muy baja de enzimas se obtendrá un pan rígido y de poco volumen.

Según Chopin (2012), cuanto mayor sea la diferencia entre C3 y C4 mayor es la actividad amilásica lo cual influye negativamente debido a que la excesiva presencia de la enzima amilasa da como resultado un pan con una consistencia floja.

- **RETROGRADACIÓN DEL ALMIDÓN (C5)**

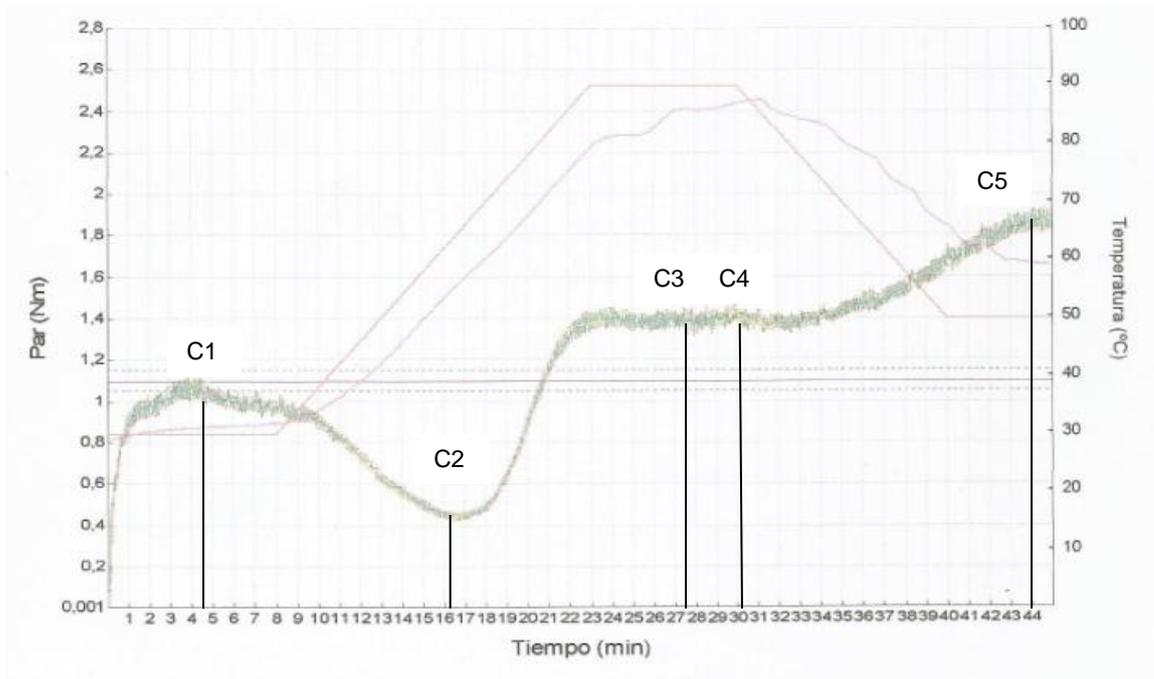
En esta etapa de la curva del mixolab la temperatura del almidón gelatinizado disminuye. Según Fernández y Bárcenas (2011), en su estudio del envejecimiento del pan: causas y soluciones, esto hace que se forme un gel más rígido. Éste se retrae debido a que se elimina agua y las cadenas de amilosa y amilopectina se reorganizan, esta reorganización es llamada retrogradación. Los procesos que constituyen la retrogradación del almidón son los principales causantes del endurecimiento de la miga de pan.

De acuerdo a Sandoval, Álvarez, Paredes y Lascano (2012), en su estudio reológico de las mezclas de harinas: trigo (*Triticum vulgare*), cebada (*Hordeum vulgare*) y papas (*Solanum tuberosum*) para la utilización en la elaboración de pan, se indica que mientras más bajo es el valor de la retrogradación del almidón, la vida útil del pan aumenta.

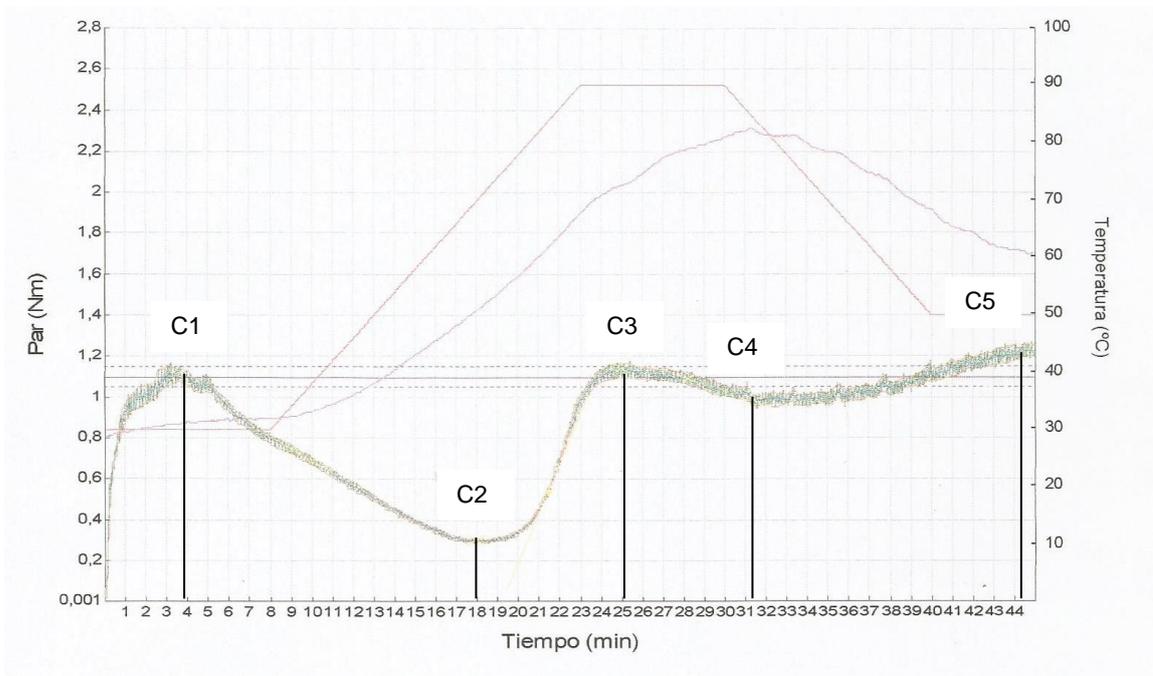
Los valores obtenidos en la Tabla 9 y Figura 7 y 8 del presente estudio indican que el Par va disminuyendo en los porcentajes 5%, 10% y 20% de harina de chontaduro respectivamente, siendo 0.8 el valor más bajo en la sustitución del 20% lo que quiere decir que la vida útil del pan aumenta en comparación con el pan de harina de trigo 100%.

A continuación en la Figura 7 y 8 se pueden observar las curvas obtenidas del análisis de Mixolab a las distintas sustituciones de harina.

### A) Harina de trigo 100%

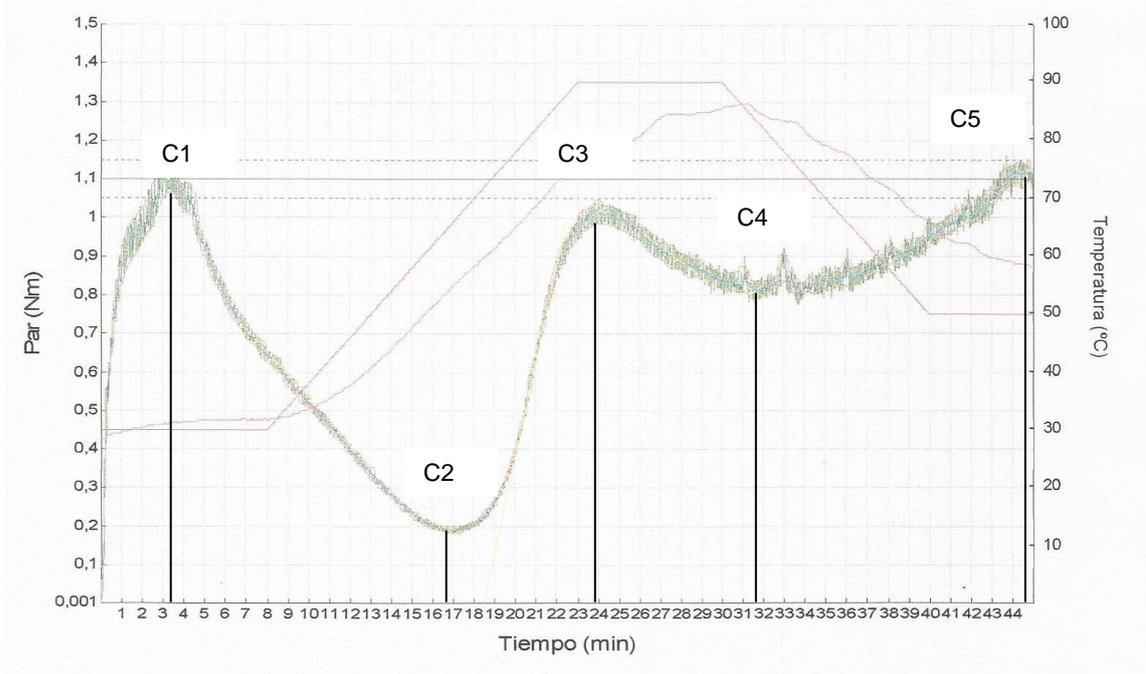


### B) Harina de trigo 95% - Harina de chontaduro 5%

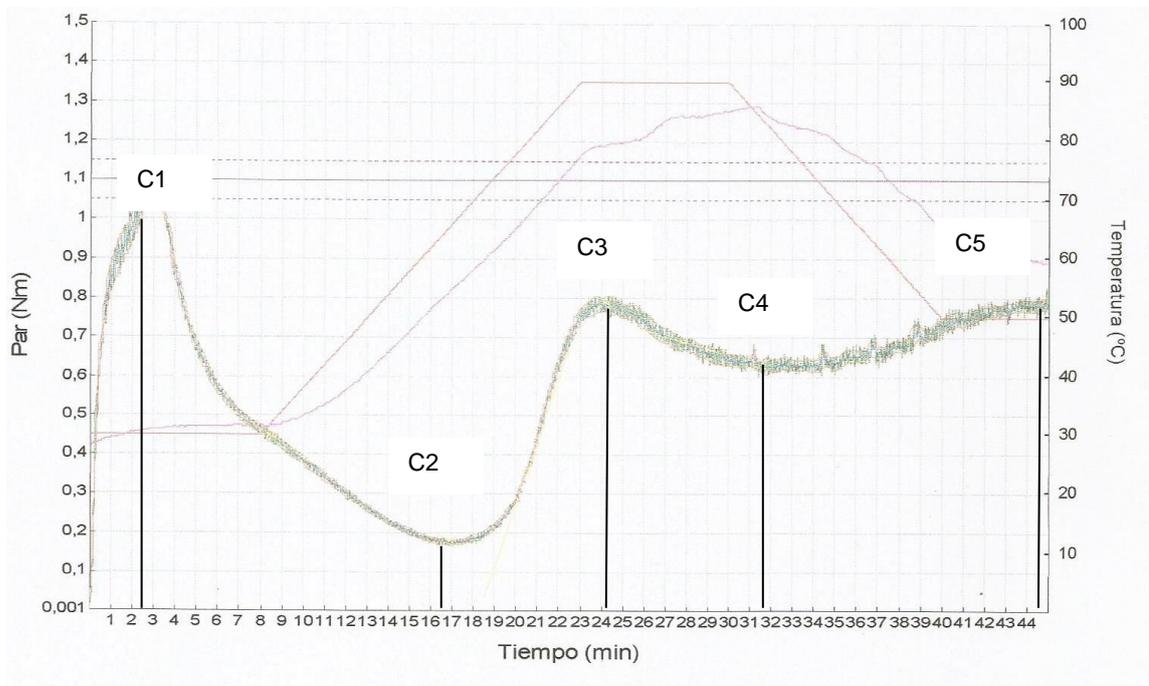


**Figura 7.** Comportamiento reológico de A) harina de trigo 100% y B) harina de trigo 95% - harina de chontaduro 5% en Mixolab

### C) Harina de trigo 90% - Harina de chontaduro 10%



### D) Harina de trigo 80% - Harina de chontaduro 20%



**Figura 8.** Comportamiento reológico de C) harina de trigo 90%-harina de chontaduro 10% y D) harina de trigo 80%-harina de chontaduro 20% en Mixolab

## 4.2 ANÁLISIS DEL PAN DE TRIGO

### 4.2.1 DETERMINACIÓN DEL COLOR DEL PAN

Con los resultados obtenidos mediante el colorímetro se tomaron en cuenta los valores de L\* Chroma y Hue como se observa en la Tabla 11.

**Tabla 10.** Valores obtenidos de las pruebas de color del pan

MUESTRAS	L* <sup>1</sup>	CHROMA <sup>1</sup>	HUE <sup>1</sup>
100% Harina de trigo	56.59 <sup>b</sup> ± 2.49	36.88 <sup>a</sup> ± 0.78	70.49 <sup>b</sup> ± 2.04
5% Harina de chontaduro	61.86 <sup>ab</sup> ± 1.06	38.23 <sup>a</sup> ± 0.68	76.20 <sup>a</sup> ± 0.86
10% Harina de chontaduro	62.77 <sup>a</sup> ± 1.35	38.23 <sup>a</sup> ± 0.95	76.74 <sup>a</sup> ± 1.73
20% Harina de chontaduro	58.85 <sup>ab</sup> ± 2.70	35.56 <sup>a</sup> ± 1.92	78.33 <sup>a</sup> ± 1.58

<sup>1</sup>media ± desviación estándar (n=2)

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa

Los panes obtenidos con las diferentes formulaciones fueron elaborados bajo los mismos parámetros. Se puede observar que la presencia de harina de chontaduro influye en el color del pan. En la sustitución del 20% harina de chontaduro – 80% harina de trigo el pan presentó un color amarillo-anaranjado, este resultado se lo puede atribuir a la cantidad de carotenoides presentes en la harina de chontaduro, la cual se concentra en el momento de someter a cocción según Vázquez et al. (2005).

En la Tabla 12 se observan diferencias significativas en los valores de L\* entre todas las formulaciones, demostrando que mientras más se añade harina de chontaduro va cambiando la luminosidad dando como resultado una corteza más oscura.

En cuanto a los valores de chroma no se obtuvieron diferencias significativas entre los panes obtenidos de las distintas formulaciones teniendo un mismo nivel de saturación de color entre las muestras.

En los valores de Hue se observó diferencia significativa en los panes de 5%, 10% y 20% de harina de chontaduro en comparación con el pan de 100% harina de trigo siendo menor que las demás formulaciones. El mayor valor de Hue registrado fue el de 20% de sustitución de harina de chontaduro (78.33°), esto quiere decir que mientras se aumenta el porcentaje de sustitución de harina de chontaduro aumenta el tono en el color.

#### **4.2.2 VOLUMEN ESPECÍFICO DEL PAN**

Al realizar las distintas sustituciones de harina de chontaduro en la formulación para pan de molde se obtuvieron varios cambios en el volumen específico del producto final.

Con los resultados obtenidos en la Tabla 10 se puede observar que el pan que tuvo menor volumen fue el de sustitución del 20% de harina de chontaduro, esto es debido a que la cantidad de proteína disminuyó al aumentar la cantidad de harina de chontaduro y como consecuencia al tener menor cantidad de proteína la red de gluten es menor disminuyendo la retención de CO<sub>2</sub> producido en el proceso de fermentación. Al no retener suficiente CO<sub>2</sub> no se genera un aumento de volumen en el producto final resultando un pan plano.

Por otro lado entre los panes con sustitución 5% y 10% de harina de chontaduro no se encuentran diferencias significativas, pero los resultados demuestran igualmente que los panes obtenidos con las sustituciones mencionadas son de volumen menor al de la muestra de 100% de harina de

trigo, esto quiere decir que la presencia de la harina de chontaduro afecta al volumen final del pan.

**Tabla 11.** Volumen específico del pan elaborado a base de harina de trigo y chontaduro en diferentes porcentajes de sustitución

MUESTRAS	VOLUMEN ESPECÍFICO <sup>1</sup> (g/cm <sup>3</sup> )
100% Harina de trigo	4.11 ± 0.21 <sup>a</sup>
5% Harina de chontaduro	2.87 ± 0.22 <sup>b</sup>
10% Harina de chontaduro	2.92 ± 0.17 <sup>b</sup>
20% Harina de chontaduro	2.26 ± 0.01 <sup>c</sup>

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas  
<sup>1</sup>media ± desviación estándar (n=3)

#### 4.2.3 ANÁLISIS SENSORIAL

Se pueden observar los resultados obtenidos del análisis sensorial en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Análisis sensorial de los diferentes tipos de panes elaborados

	ACEPTABILIDAD GLOBAL	SABOR <sup>1</sup>	COLOR <sup>1</sup>	TEXTURA <sup>1</sup>
<b>0%</b>	5.49 ± 1.06 <sup>a</sup>	5.23 ± 1.22 <sup>a</sup>	5.40 ± 1.23 <sup>a</sup>	5.21 ± 1.40 <sup>a</sup>
<b>5%</b>	5.04 ± 1.25 <sup>ab</sup>	4.90 ± 1.26 <sup>ab</sup>	5.06 ± 1.24 <sup>ab</sup>	5.02 ± 1.33 <sup>a</sup>
<b>10%</b>	4,59 ± 1.27 <sup>bc</sup>	4.61 ± 1.25 <sup>bc</sup>	5.03 ± 1.19 <sup>ab</sup>	4.43 ± 1.47 <sup>b</sup>
<b>20%</b>	4.51 ± 1.37 <sup>c</sup>	4.28 ± 1.42 <sup>c</sup>	4.79 ± 1.34 <sup>b</sup>	4.18 ± 1.50 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>media ± desviación estándar (n=97)

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas

**Aceptabilidad global:**

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante el análisis sensorial se observan diferencias significativas entre la formulación de 5% de sustitución en comparación con las sustituciones de 10% y 20%. Es decir el pan con mayor aceptabilidad fue el de 5% de sustitución ya que su valoración fue mayor.

**Sabor:**

De la misma manera en el atributo de sabor se observan diferencias significativas entre el pan de 5% en comparación con los panes de 10% y 20% de sustitución con harina de chontaduro, dando como resultado un mejor sabor al pan de 5% de sustitución.

**Color:**

En cuanto al color se puede observar que el pan con 20% de sustitución de harina de chontaduro tuvo diferencia significativa debido a que contiene mayor cantidad de harina de chontaduro es decir presentó el color más concentrado entre todas las muestras.

En comparación ente los panes obtenidos de la sustitución de 5% y 10% con el pan 100% harina de trigo no se encontraron diferencias significativas, lo que quiere decir que se obtuvo una coloración similar entre ellos.

**Textura:**

Se observan diferencias significativas en la textura en el pan de 5% en comparación con el pan de 20% de sustitución.

Comparando el pan 100% de harina de trigo con el pan de 5% de sustitución de harina de chontaduro no se observan diferencias significativas, indicando que ambos panes tuvieron una textura similar. Los panes obtenidos de los porcentajes de 10% y 20% resultaron con una miga dura debido a que el índice de absorción de agua de la harina de chontaduro es mayor a la absorción de harina de trigo.

Los resultados del análisis sensorial indican que el pan con mejores características fue el de sustitución 95% harina de trigo – 5% harina de chontaduro, por esto se procedió a analizarlo físico-químicamente para conocer sus propiedades nutricionales.

#### 4.2.4 ANÁLISIS PROXIMAL

En la Tabla 13 se presentan los valores obtenidos del análisis proximal al pan de harina de trigo y al pan con sustitución de 5% de harina de chontaduro.

**Tabla 13.** Análisis proximal realizado al pan de harina de trigo 100% y harina de chontaduro 5% - harina de trigo 95%

PARÁMETRO	PAN DE HARINA DE TRIGO 100% <sup>1</sup>	PAN DE HARINA DE TRIGO 95% - HARINA DE CHONTADURO 5% <sup>1</sup>
Humedad (%)	25.75 ± 0.16 <sup>b</sup>	30.26 ± 0.03 <sup>a</sup>
Proteína (%)	10.71 ± 0.01 <sup>a</sup>	9.28 ± 0.30 <sup>b</sup>
Grasa (%)	2.08 ± 0.04 <sup>b</sup>	2.94 ± 0.05 <sup>a</sup>
Ceniza (%)	1.88 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.81 ± 0.01 <sup>b</sup>
Carbohidratos totales (%)	57.25 ± 0.06 <sup>a</sup>	55.43 ± 0.38 <sup>b</sup>
Energía (Kcal/100 g)	298.22 ± 0.78	277.52 ± 0.02

<sup>1</sup> media ± desviación estándar (n=2)

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas

En los datos obtenidos se puede observar un aumento de la humedad en el pan con 5% de sustitución de harina de chontaduro, esto va ligado con el índice de absorción de agua y la cantidad de carbohidratos presentes en la harina de chontaduro, en consecuencia la harina de chontaduro absorbe una mayor cantidad de agua durante la formación de la masa y tiende a perder menos cantidad de agua en el momento del horneado. En cuanto al valor de proteína se observa que el porcentaje disminuyó en el pan con sustitución de harina de chontaduro, esto se debe a que la harina inicial de harina de chontaduro contiene una menor cantidad de proteína en comparación con la harina de trigo. Por otro lado el valor de grasa en el pan de chontaduro aumentó, debido a su alto contenido en la harina de chontaduro utilizada en la sustitución como se observa en la tabla 6. Estos resultados coinciden con la aplicación de harina de chontaduro en la elaboración de pan en el estudio de Wickens, Haq y Day (1989).

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- La harina de chontaduro es una rica fuente nutricional por lo tanto se la puede aplicar en la obtención de distintos productos como galletería o pastas como una opción de enriquecimiento de harinas.
- Se obtuvieron valores mayores en los índices de absorción y solubilidad de agua en la harina de chontaduro en comparación con la harina de trigo, lo cual influye en el resultado final al obtener un pan plano de poco volumen al aumentar el porcentaje de sustitución de harina de chontaduro.
- El color del producto final cambia mientras se añade mayor cantidad de harina de chontaduro debido a la presencia de carotenoides del fruto.
- En el análisis de mixolab se observa que a partir de la sustitución del 10% de harina de chontaduro las propiedades reológicas de la masa cambian disminuyendo la calidad del gluten, volumen y textura del producto final.
- El pan que obtuvo mayor aceptabilidad global es el pan con sustitución de 5% de harina de chontaduro debido a que mantiene sus características óptimas y similares a las del pan 100% de harina de trigo.
- Al realizar un análisis proximal de la harina de chontaduro se pudo observar que contiene un valor bajo de proteínas, lo cual no favorece a la elaboración de pan.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis proximal a los panes elaborados con las diferentes sustituciones para encontrar las diferencias en su composición nutricional.
- Se recomienda realizar un análisis de la cantidad de vitaminas que contiene la harina de chontaduro.
- Deshidratar la materia prima sin una previa cocción para conocer su efecto en la obtención de harina y su aplicación en la elaboración de pan.
- Se recomienda la utilización de la harina de chontaduro en diferentes productos de panificación como galletas, pasta, pasteles y realizar estudios de los efectos de la harina de chontaduro en dichos productos.
- Estudiar la variación del contenido de agua y el tiempo de amasado permitiría establecer la cantidad necesaria para obtener un producto final óptimo ya que los parámetros aplicados no favorecieron a la obtención del pan de molde.



## **BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, R. (1982). *Water absorption and solubility and amyloograph characteristics of roll-cooked small grain products*. Obtenido de [http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1982/Documents/c hem59\\_265.pdf](http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1982/Documents/c hem59_265.pdf)
- Artigas, J., Capilla, P., & Pujol, J. (2002). *Tecnología del color*. Universidad de Valencia.
- Bernabé, C. (2009). *Influencia de los componentes en la harina de panificación*. Recuperado el 15 de septiembre de 2013, de <http://www.indespan.com/userfiles/file/ARTICULO%20MEJORANTES.pdf>
- Blanco, A., & Muñoz, L. (1992). Content and bioavailability of carotenoids from peach palm fruit (*Bactris gasipaes*) as a source of vitamin A.
- Bledzki, A., Mamun, A., Erdmann, K., & Volk, J. (2009). *Characterization of grain by-products and properties of its biodegrade composites*. Recuperado el 10 de Agosto de 2013, de <http://www.escm.eu.org/docs/eccm13/2615.pdf>
- Bushuk, W., & Rasper, F. (1994). *Wheat production, properties and quality*. Gran Bretaña: Chapman & Hall.
- Calaveras, J. (2004). *Nuevo tratado de panificación y bollería*. Mundi Prensa Libros.
- Carver, B. (2009). *Wheat: science and trade*. Recuperado el 11 de Agosto de 2013, de [http://books.google.com.ec/books?id=8ir3COTD348C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=8ir3COTD348C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

- Cauvain, S. (2003). *Bread making: improving quality*. Boca Raton: Cambridge.
- Chopin, T. (2008). Mixolab: Dominio de la calidad de los cereales, harinas y productos de molienda.
- Concereal. (s.f.). *Concereal: Consultores cerealistas*. Obtenido de Alveógrafo: <http://www.concereal.es/alveografo>
- De la Vega, G. (2009). *Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2013, de [http://www.utm.mx/edi\\_antteriores/Temas38/2NOTAS%2038-1.pdf](http://www.utm.mx/edi_antteriores/Temas38/2NOTAS%2038-1.pdf)
- Escobar, J., & Jairo, Z. (2002). *El cultivo de chontaduro para palmito (Bactris gasipaes H.B.K)*. Florencia: Corpoica.
- FAO. (2006). *Pejibaye (bactris gasipaes)*. Recuperado el 21 de Julio de 2013, de [http://www.fao.org/inpho\\_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/p\\_frescos/pejibaye.htm](http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/p_frescos/pejibaye.htm)
- Fernández, M., & Bárcenas, M. (2011). *Envejecimiento del pan: causas y soluciones*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2013, de [http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No5-Vol-2/TSIA-5\(2\)-Luna-Fernandez-et-al-2011.pdf](http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No5-Vol-2/TSIA-5(2)-Luna-Fernandez-et-al-2011.pdf)
- Garbanzo, C., Pérez, A., Pineda, A., & Vaillant, F. (2012). *Major physicochemical and antioxidant changes during peach-palm (Bactris gasipaes H.B.K) flour processing*. Recuperado el 15 de Enero de 2014, de [http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FFRU%2FFRU67\\_06%2FS0248129412000357a.pdf&code=b54728e7fccb39bfd990e75cf703ee45](http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FFRU%2FFRU67_06%2FS0248129412000357a.pdf&code=b54728e7fccb39bfd990e75cf703ee45)
- Gil, A. (2010). *Tratado de nutrición: Composición y calidad nutritiva de los alimentos*. Madrid: Panamericana.

- Godoy, S., Motta, E., Forero, C., Diaz, D., & Luna, G. (2006). *Estandarización de harina de chontaduro para fortalecer su cadena productiva en el departamento del Cauca*. Recuperado el 1 de Abril de 2013, de <http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol4/12.pdf>
- Graefe, S., Dufour, D., Van Zooneveld, M., Rodriguez, F., & Gonzalez, A. (2012). *Peach palm (Bactris gasipaes) in tropical Latin America: implications for biodiversity conservation, natural resource management and human nutrition*. Recuperado el 21 de Julio de 2013, de <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10531-012-0402-3/fulltext.html>
- Hernández, L. (Julio de 2009). *AUPEC*. Recuperado el 15 de Abril de 2013, de <http://aupec.univalle.edu.co/informes/2009/julio/chontaduro.html>
- INEN. (2006). NTE INEN 616. *Harina de trigo*. Instituto de Ecuatoriano de Normalización .
- Kahraman, K; Sakiyan, O; Ozturk, S; Koksel, H; Sumnu, G; Dubat, A. (2008). Recuperado el 1 de Octubre de 2013, de <http://link.springer.com/article/10.1007/s00217-007-0757-y#page-1>
- Kumar, P., Yadava, R., Gollen, B., Kumar, S., Verma, R., & Yadav, S. (2011). *Nutritional contents and medicinal properties of wheat: a review*. Recuperado el 10 de Agosto de 2013, de [http://astonjournals.com/manuscripts/Vol2011/LSMR-22\\_Vol2011.pdf](http://astonjournals.com/manuscripts/Vol2011/LSMR-22_Vol2011.pdf)
- Lascano, A. (2010). Estudio reológico de mezclas de harinas de cereales: Cebada (*Hordeum vulgare*), Maíz (*Zea mays*), Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Trigo (*Triticum vulgare*) y Tubérculo: Papa (*Solanum tuberosum*) nacionales con trigo (*Triticum vulgare*) importado. Ambato, Ecuador: Univesidad Técnica de Ambato.
- Minolta, K. (2007). *Comunicación precisa del color*.

- Mora, J., & Gainza, J. (1999). *Palmito de Pejibaye (Bactris gasipaes kunth): Su cultivo e industrialización*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Morton, J. (1987). *Fruits of warm climates*. (J. F. Morton, Editor) Recuperado el 15 de Mayo de 2013, de <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/pejibaye.html>
- Orduz, R., & Rangel, M. (2002). *Frutales tropicales potenciales para el piedemonte llanero*. Villavicencio, Meta, Colombia: Produmedios.
- Pineda, S. (2013). Utilización de la harina de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) en la obtención de productos de panificación. Quito, Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Ramírez, J. (2006). *Fundamentos de Reología de Alimentos*. Cali.
- Rodriguez, J., Rivadeneira, J., Ramírez, E., Herrera, E., Navarro, O., & Hernández, B. (2011). Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga (*Colocasia esculenta*) cultivada en la región Tuxtepec, Oaxaca, México. México: Ciencia y Mar.
- Sandoval, G., Álvarez, M., Paredes, M., & Lascano, A. (2012). *Estudio reológico de las mezclas de harinas: trigo (Triticum vulgare), cebada (Hordeum vulgare) y papas (Solanum tuberosum) para la utilización en la elaboración de pan*. Recuperado el 12 de Agosto de 2013, de [https://sites.google.com/a/unitru.edu.pe/sci-agropecu/publicacion/scagropv3n2/scagrop03\\_123-131](https://sites.google.com/a/unitru.edu.pe/sci-agropecu/publicacion/scagropv3n2/scagrop03_123-131)
- Serrano, M., Umaña, G., & Marco, V. (2011). *Fisiología poscosecha, composición química y capacidad antioxidante de frutas de pejibaye (Bactris gasipaes kunth) cv. Tuirá Darlén cosechadas a tres diferentes edades*. (A. Costarricense, Editor) Recuperado el 11 de Julio de 2013, de <http://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=43622356006>

- Šramková, Z., Gregová, E., & Šturdíka, E. (2009). Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. *Acta Chimica Slovaca*, 115-138.
- Tejero, F. (2011). *Las enzimas en la panificación*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2013, de <http://www.franciscotejero.com/tecnica/mejorantes/las%20encimas.htm>
- Tomasik, P. (2003). *Chemical and Functional Properties of Food Saccharides*.
- Vázquez, C., De Cos, A., & López, C. (2005). *Alimentación y nutrición*. España.
- Villachica, H. (1996). *Cultivo del pijuayo (Bactris gasipaes kunth) para palmito en la amazonia*. Lima: Tratado de Cooperación Amazónica.
- Vindas, M. (Lunes 23 de Abril de 2012). *Investigadores desarrollan nuevos alimentos a base de pejibaye*. Recuperado el 8 de Julio de 2013, de Portal de la Investigación: [http://www.vinv.ucr.ac.cr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1232:investigadores-desarrollan-nuevos-alimentos-a-base-de-pejibaye&catid=1&Itemid=68](http://www.vinv.ucr.ac.cr/index.php?option=com_content&view=article&id=1232:investigadores-desarrollan-nuevos-alimentos-a-base-de-pejibaye&catid=1&Itemid=68)
- Wickens, G., Haq, N., & Day, P. (1989). *New crops for food industry*. Londres: Chapman and Hall.

**ANEXOS**

# ANEXO I

## Resultado del análisis fisicoquímico de la harina de chontaduro



### INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 131384  
Hoja 2 de 2

**NOMBRE DEL CLIENTE:** ESTEFANIA TAPIA  
**DIRECCIÓN:** Wanderberg E 6 200 y Batodano  
**FECHA DE RECEPCION:** 10 de mayo del 2013  
**MUESTRA:** Harina de Chontaduro #2  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Polvo color amarillo fuerte  
**ENVASE:** Funda de polietileno  
**FECHA DE ELABORACIÓN:** 26 de abril del 2013  
**FECHA VENCIMIENTO:** -----  
**LOTE:** -----  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:** 10 - 15 de mayo del 2013  
**REFERENCIA:** 131384  
**MUESTREADO:** Por cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** 25° C 50%HR

### ANÁLISIS QUÍMICO:

PARÁMETRO	MÉTODO	RESULTADO	RESULTADO
Humedad (%)	PEE/LA/02 INEN 540	5.82	5.65
Proteína (%)	PEE/LA/01 INEN 543	5.10	5.14
Grasa (%)	PEE/LA/05 INEN 541	10.71	10.47
Ceniza (%)	PEE/LA/03 INEN 544	1.58	1.56
Fibra (%)*	INEN 522	3.22	3.36
Carbohidratos totales (%)*	Cálculo	73.57	73.82
Energía (Kcal/100g)*	Cálculo	411.07	410.07

\* "Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"

Dr. Oscar Luzuriaga  
ANÁLISIS PRESIDENTE

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.  
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.

### INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA REGISTRO SANITARIO

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros.  
Av. Pérez Guerrero Oe 21-11 y Versalles - Of. 12 B - 2do. Piso - Telefax.: 2563-225 / 2235-404 / 3214-333 / 3214-353 Cel.: 0999590-412  
e-mails: [olg@ecnet.ec](mailto:olg@ecnet.ec) / [drfuzuriaga@labolab.com.ec](mailto:drfuzuriaga@labolab.com.ec) / [servicioalcliente@labolab.com.ec](mailto:servicioalcliente@labolab.com.ec)

[www.labolab.com.ec](http://www.labolab.com.ec)

Quito - Ecuador

MC

Edición: 2 / Noviembre 2012

# ANEXO II

## Evaluación sensorial

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

### Aceptabilidad del consumidor

Usted está recibiendo 4 muestras de pan, deguste y por favor anote su aceptación en una escala del 1 al 7, donde:

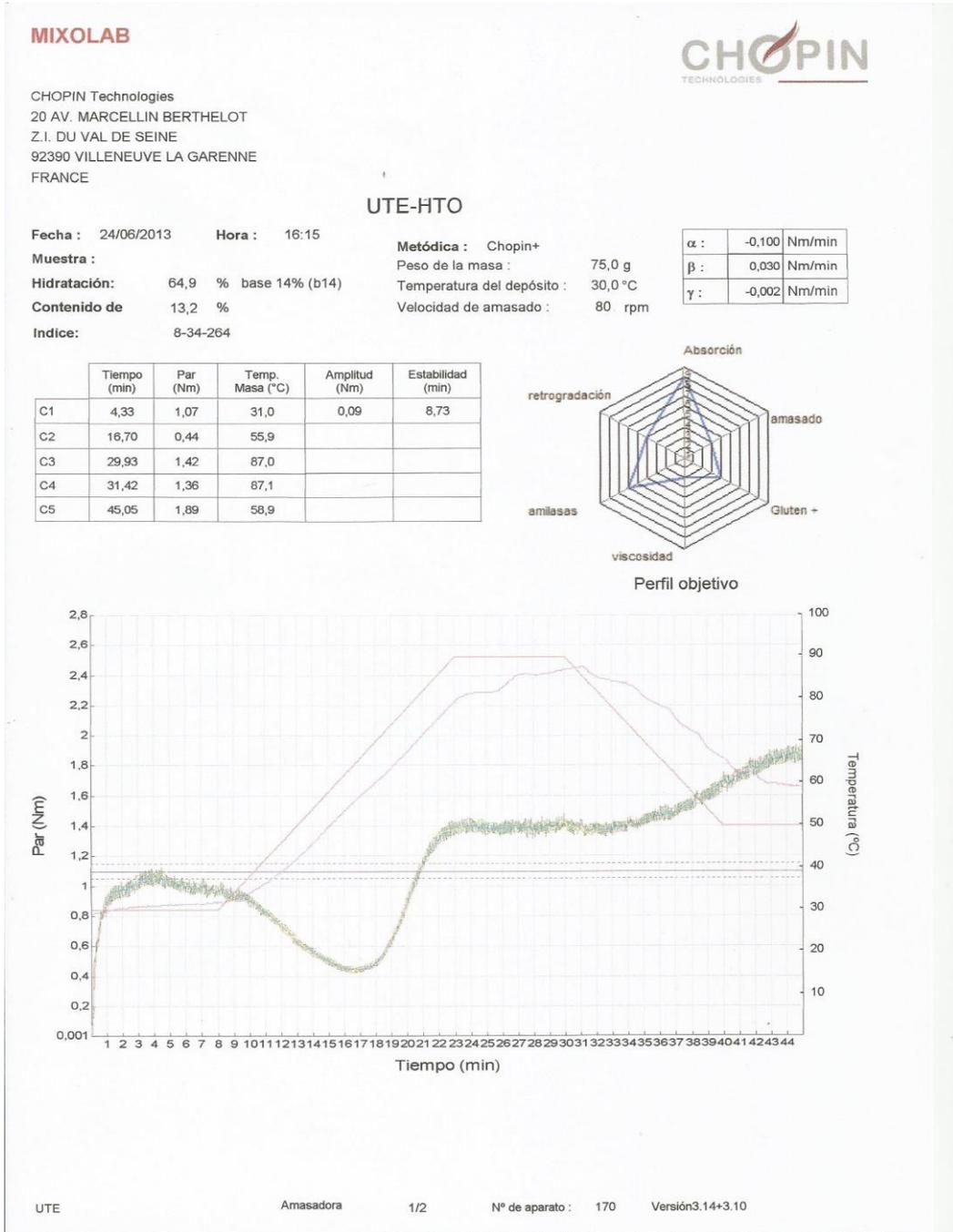
1	Me disgusta extremadamente	5	Me gusta un poco
2	Me disgusta mucho	6	Me gusta mucho
3	Me disgusta ligeramente	7	Me gusta extremadamente
4	Ni me gusta ni me disgusta		

### Muestras

Característica	275	711	489	282
Sabor	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Color	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Textura	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Aceptabilidad global	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sexo	F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>			
Edad	<input type="text"/>			

# ANEXO III

## Comportamiento de la masa 100% Harina de trigo (HT)



# ANEXO IV

## Comportamiento de la masa 5% Harina de chontaduro- 95% Harina de trigo

MIXOLAB

CHOPIN  
TECHNOLOGIES

CHOPIN Technologies  
20 AV. MARCELLIN BERTHELOT  
Z.I. DU VAL DE SEINE  
92390 VILLENEUVE LA GARENNE  
FRANCE

UTE-HCH 5

Fecha : 25/06/2013 Hora : 09:20

Muestra :

Metódica : Chopin+

Hidratación: 66,6 % base 14% (b14)

Peso de la masa : 75,0 g

Contenido de 13,4 %

Temperatura del depósito : 30,0 °C

Indice: 9-24-152

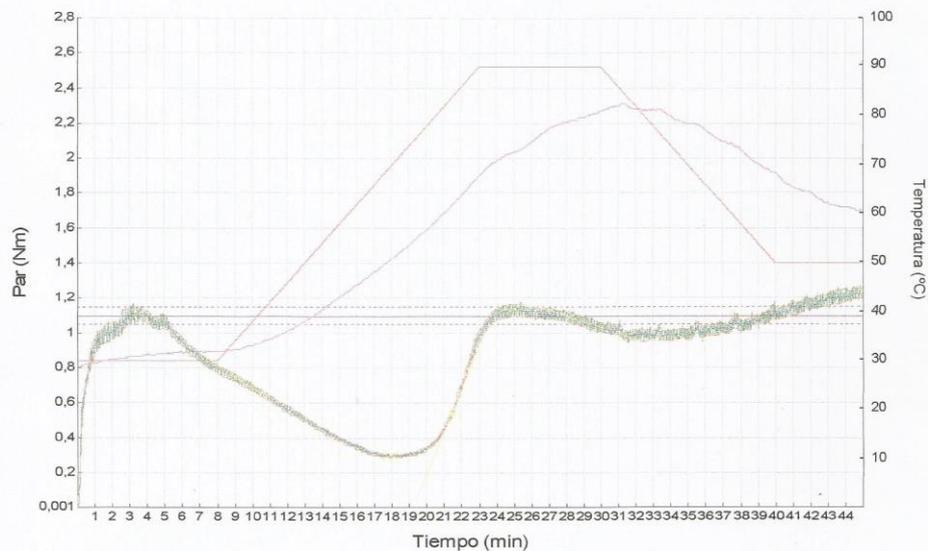
Velocidad de amasado : 80 rpm

$\alpha$ :	-0,058	Nm/min
$\beta$ :	0,240	Nm/min
$\gamma$ :	-0,034	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	3,53	1,11	30,9	0,06	4,65
C2	17,95	0,30	50,7		
C3	25,00	1,14	72,6		
C4	31,45	0,98	82,3		
C5	45,07	1,24	60,6		



Perfil objetivo



UTE

Amasadora

1/2

Nº de aparato : 170

Versión 3.14+3.10

# ANEXO V

## Comportamiento de la masa 10% Harina de chontaduro (HCH)- 90% Harina de trigo (HT)

