



**Centro de Investigación en Alimentación y
Desarrollo, A.C.**

**OBTENCIÓN DE HARINA DE COCO (*Cocos nucifera*) Y
EVALUACIÓN DEL EFECTO EN LA SUSTITUCIÓN
PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum*) EN LA
ELABORACIÓN DE UNA TORTILLA**

Por:

Francisco Laborin Escalante

TESIS APROBADA POR LA

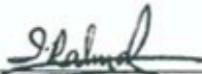
COORDINACIÓN DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS DE ORIGEN VEGETAL

Como requisito parcial para obtener el grado de:

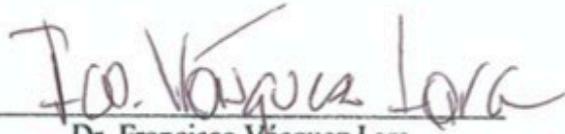
MAESTRÍA EN CIENCIAS

APROBACIÓN

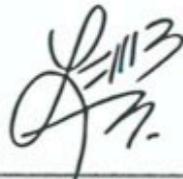
Los miembros del comité designado para la revisión de la propuesta de tesis de Francisco Laborin Escalante la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ciencias.



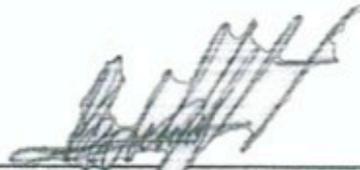
Dra. Alma Rosa Islas Rubio
Directora de tesis



Dr. Francisco Vásquez Lara
Integrante del comité de tesis



Dra. Luz del Carmen Montoya Ballesteros
Integrante del comité de tesis



Dra. Gabriela Ramos Clamont Montfort
Integrante del comité de tesis

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

La información generada en la tesis “Obtención de Harina de Coco (*Cocos nucifera*) y Evaluación del Efecto en la Sustitución Parcial de Harina de Trigo (*Triticum aestivum*) en la Elaboración de una Tortilla” es propiedad intelectual del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor Francisco Laborin Escalante, siempre y cuando se dé crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita de quien ocupe la titularidad de la Dirección General del CIAD.

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del manuscrito en cuestión del director(a) de tesis.



AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento otorgado durante estos 2 años que me permitió continuar con mi formación profesional.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., en especial a la Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal por aceptarme como estudiante y abrirme las puertas desde mi llegada como estudiante de licenciatura.

A mi directora de tesis, Dra. Alma Rosa Islas Rubio por recibirme hace más de 4 años en CIAD y por su confianza, ánimos, conocimiento y enseñanzas brindadas en cada momento, desde mis prácticas profesionales hasta la conclusión de tesis de maestría, muchas gracias doctora.

A la Q.B María del Carmen Granados Nevárez, pame, por abrirme las puertas del laboratorio de cereales y recibirme como parte de esa familia, por cada enseñanza, aprendizaje, risa y regaño brindado en cada momento dentro y fuera del laboratorio.

Al Dr. Francisco Vásquez Lara, por su enseñanza, apoyo y entusiasmo en las distintas etapas de mi formación y su compromiso con el proyecto, de igual manera a las doctoras, Luz del Carmen Montoya Ballesteros y Gabriela Ramos Clamont Montfort, por brindarme conocimientos y asesorías en los nuevos temas y problemas surgientes a través del desarrollo de esta tesis.

A la Dra. Nina Heredia Sandoval por su amistad, apoyo, risas y conocimientos compartidos en el laboratorio de cereales, así como toda la ayuda otorgada durante la realización de las técnicas y ensayos tanto presencial como virtualmente.

Al personal de CIAD que colaboró para que este proyecto pudiera salir adelante, a los M.C., Rosa Amparo Nieblas Almada, Luis Enrique González Siqueiros y Orlando Tortoledo por facilitarme el uso de los equipos para las distintas técnicas y experimentos y por sus consejos durante la realización de éstas.

A mis padres, Mario y Blanca, por su eterno ánimo, apoyo y confianza depositada en mí para

siempre lograr todas las metas que nos proponemos, por su amor, consejos y enseñanzas en los momentos difíciles y siempre estar a mi lado cuando más los necesito. A mi hermana, Blanca por llenar mi vida de ocurrencias, risas y conocimiento, te amo. A mis tíos y tías, por ser parte fundamental de mi vida y siempre brindarme su apoyo incondicional en todo momento.

A mis compañeros de laboratorio, Azael, Daniel, Glenda y Marisol, por cada ayuda, risa, ocurrencia y aprendizaje otorgado por cada uno de ustedes hacia mi persona, por hacer que estos 2 años pasaran de manera rápida y por convertirse en parte especial de mi vida. A Dafne y Katya, por su ayuda y amistad a lo largo de este proceso.

A mis mejores amigos, Ricardo, Francisco, Gerardo, Iván, Fernando, Jesús, Jorge, José Alberto, Diego, Noé, Alán y Martín, por ser parte fundamental de mi vida y estar conmigo en las buenas y en las malas en todo momento, los quiero mucho. A mis amigas, Rebeca, Alejandra, Ximena, Margott, Melanie, Fabiola, Paula, Renee, Karindy y Angélica, por sus consejos, risas y amistad a lo largo de estos años.

Por último pero más importante, a Dios, por brindarme salud, fuerza, ánimos y motivación día a día para llevar a cabo mis metas y sueños.

DEDICATORIA

A toda mi familia especialmente a mis padres, Mario Laborin y Blanca Escalante, gracias por darme el apoyo y ser mi principal motivación para cumplir todas mis metas.

CONTENIDO

APROBACIÓN	2
DECLARACIÓN INSTITUCIONAL	3
AGRADECIMIENTOS	4
DEDICATORIA	6
CONTENIDO	7
LISTA DE CUADROS	9
LISTA DE FIGURAS	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
1. INTRODUCCIÓN	13
2. ANTECEDENTES	15
2.1. El Cultivo, Producción y Composición del Grano de Trigo.....	15
2.2. Harina como Materia Prima	17
2.2.1. Harina de Trigo	17
2.2.2. Evaluación de la Calidad de la Harina de Trigo.....	18
2.2.3. Mixogramas.....	18
2.3. Tortilla de Harina de Trigo y la Importancia de su Consumo	19
2.4. El Cocotero y su Fruto.....	21
2.4.1. Importancia del Coco a Nivel Mundial	22
2.4.2. La Copra como Principal Producto del Coco.....	22
2.4.3. Obtención y Utilización de la Harina de Coco.....	23
2.4.4. Adición de Harina de Coco en la Elaboración de Tortillas.....	23
2.5. Harinas Compuestas	24
2.6. Efecto en las Propiedades Funcionales y Características Sensoriales de Alimentos Elaborados a Partir de Harinas Distintas a la Harina de Trigo	24
3. HIPÓTESIS	26
4. OBJETIVOS	27
4.1. Objetivo General.....	27
4.2. Objetivos Específicos	27
5. MATERIALES Y MÉTODOS	28
5.1. Caracterización y Secado del Coco	28
5.1.1. Determinación de Grados Brix.....	28
5.1.2. Determinación de Actividad de Agua (Aw).....	28
5.1.3. Dureza	29
5.1.4. Color.....	29
5.1.5. Contenido de Proteína	29
5.1.6. Contenido de Humedad.....	30
5.1.7. Contenido de Grasa	30
5.1.8. Contenido de Ceniza	30
5.2. Extracción de Aceite.....	31

CONTENIDO (continuación)

5.3. Obtención de Harina de Coco.....	31
5.4. Análisis Proximal en Harina de Coco	31
5.5. Determinación de Vitamina E	31
5.6. Contenido de Fibra Dietaria Insoluble (FDI), Soluble (FDS) y Total (FDT)	32
5.7. Elaboración de Mezclas de Harina de Trigo y Harina de Coco	33
5.7.1. Mixogramas de la Harina de Trigo y sus Mezclas con Harina de Coco	33
5.7.2. Análisis de Color en la Harina de Trigo y sus Mezclas con Harina de Coco	34
5.8. Elaboración de Tortillas	34
5.9. Evaluación de las Tortillas Obtenidas de las Mezclas de Harina de Trigo y Harina de Coco	34
5.9.1. Análisis Proximal	35
5.9.2. Análisis de Textura.....	35
5.9.3. Análisis de Color en las Tortillas	36
5.9.4. Contenido de Fibra Dietaria Insoluble, Soluble y Total.....	36
5.10. Diseño Experimental y Análisis Estadístico.....	36
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
6.1. Rendimiento del Fruto	38
6.2. Sólidos Solubles Totales de Agua de Coco (° Brix) y Dureza de Endospermo	38
6.3. Curva de Secado y Secado de Pulpa Fresca	39
6.4. Caracterización fisicoquímica y Análisis Proximal de la Pulpa de Coco	40
6.5. Extracción de Aceite.....	42
6.6. Obtención de Harina de Coco.....	42
6.7. Análisis Proximal de la Harina de Coco.....	42
6.8. Cuantificación de vitamina E en harina de coco	43
6.9. Cuantificación de Fibra en Harina de Coco	45
6.10. Elaboración y Caracterización de Mezclas de Harina de Trigo y Harina de Coco	46
6.11. Mixogramas para Harina de Trigo y sus Mezclas con Harina de Coco	47
6.12. Formulación de Tortilla de Harina de Trigo y sus Mezclas con Harina de Coco.....	49
6.13. Análisis Físicos de Tortilla de Harina de Trigo y sus Mezclas con Harina de Coco.....	50
6.14. Análisis Proximal de Tortilla de Harina de Trigo y sus Mezclas con Harina de Coco.....	53
6.15. Cuantificación de FDT, FDI y FDS en Tortilla de Harina de Trigo y en la Mezcla M2.....	55
7. CONCLUSIONES.....	57
8. RECOMENDACIONES.....	58
9. REFERENCIAS	59

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Composición química del grano de trigo.....	16
2. Aporte calórico y nutrimental de las tortillas de harina de trigo.	20
3. Mezclas de harina de trigo y harina de coco.	33
4. Sólidos solubles totales de agua y dureza de endospermo de coco.	39
5. Análisis proximal endospermo seco	41
6. Análisis proximal de la harina de coco variedad Alto Saladita y la harina de coco comercial.	43
7. Elaboración de mezclas harina de trigo:harina de coco	46
8. Caracterización de harina de trigo (control) y sus mezclas con harina de coco.....	47
9. Tiempos óptimos de amasado de la harina de trigo (control) y sus mezclas con harina de coco.	47
10. Formulación para la elaboración de tortillas de harina de trigo (control) sus mezclas con harina de coco.....	49
11. Propiedades físicas de tortillas de harina de trigo (Control) y sus mezclas con harina de coco.	51
12. Composición química de tortilla de harina de trigo (Control) y sus mezclas con harina de coco.	53
13. Fibra insoluble, soluble y total en tortillas de harina de trigo (control) y de la mezcla M2.....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Estructura del grano de trigo. Fuente: Casa Ruiz, https://casaruizgranel.com/portfolio-posts/cereales-y-otros-granos/	16
2. Descripción del coco. Fuente: Armstrong, W.P. 2005.....	21
3. Medición de firmeza y extensibilidad de la tortilla.....	36
4. Contenido de humedad de coco rallado vs tiempo de secado a 50°C.....	40
5. Estándares α , β y γ Tocoferol.....	44
6. Cromatograma vitamina E de harina de coco comercial.	45
7. Cromatograma vitamina E de harina de coco variedad Alto Saladita.	45
8. Mixogramas obtenidos de harina control y sus mezclas con harina de coco. A) Harina control, B) Mezcla M1, C) Mezcla M2.....	48
9. Tortillas de harina de trigo y sus mezclas con harina de coco. A) Tortilla de harina de trigo, B) Tortilla de mezcla M1, C) Tortilla de mezcla M2.	50

RESUMEN

La sustitución parcial de harina de trigo por harina de coco (*Cocos nucifera*) en la formulación de alimentos aumenta su valor nutricional, sin embargo, afecta sus cualidades organolépticas al aumentar los niveles de reemplazo. El procesamiento de cocos en la industria se enfoca principalmente en la extracción de aceite, sin tomar en cuenta el residuo generado una vez realizado este proceso. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue el obtener harina de coco (*Cocos nucifera*), evaluar sus propiedades funcionales y el efecto de su incorporación en la elaboración de tortillas de harina de trigo. El endospermo (pulpa) seco tuvo una humedad de 6.42 % y se caracterizó fisicoquímicamente; se pasó a un desgrasado manual y una molienda en un procesador de alimentos y en un molino Pulvex 200 con una malla de 1 mm. Se realizó el análisis proximal, fibra dietaria y vitamina E en la harina de coco variedad Alto Saladita (HCVAS). Para el análisis proximal se obtuvo un 20.4±0.1, 13.7±0.2, 3.2±0.1, 9.3±0.2 y 50.6 % para proteína, grasa, ceniza, humedad y carbohidratos, respectivamente; los valores de fibra dietaria total (FDT), fibra soluble (FDS) e insoluble (FDI) fueron de 47.53, 1.02 y 46.51 % respectivamente y para vitamina E de 0.16 mg/100 g. Se obtuvieron mezclas con el 10 (M1) y 20 (M2) % de harina de coco para la elaboración de tortillas y se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) en la firmeza respecto a la tortilla de harina de trigo (control) (10.55±1.62 N) y M2 (7.97±1.22 N), sin observar diferencia significativa en M1 (9.99±2.03 N) respecto al control. En extensibilidad, se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las tortillas control (24.9 mm) y las mezclas M1 (21.9 mm) y M2 (20.1 mm), pero no hubo diferencia entre las tortillas de la mezcla M1 y M2. Para color, en a^* y b^* no se encontró diferencia significativa ($p > 0.05$), sin embargo, el valor de L^* incrementó significativamente ($p < 0.05$) al incrementar el nivel de sustitución de la harina de coco. Las tortillas elaboradas con la mezcla M2 presentaron un incremento ($p < 0.05$) en proteína, grasa y ceniza. Por otra parte, los contenidos de FDT, FDI y FDS de estas tortillas fueron 6.46, 5.60 y 0.86 %, valores significativamente superiores ($p < 0.05$) al control. Con un 20 % de sustitución de harina de coco, se logró obtener una tortilla tecnológicamente aceptable con un aporte nutricional significativo catalogándose como un alimento alto en fibra dietaria.

Palabras claves: Mezcla, Fibra, Firmeza

ABSTRACT

The partial substitution of wheat flour for coconut flour (*Cocos nucifera*) in the food formulation increases its nutritional value, however, it affects its organoleptic qualities by increasing the replacement levels. The processing of coconuts in the industry is mainly focused on the extraction of oil without taking into account the residue generated once this process has been carried out, therefore, the objective of this work is to obtain coconut flour (*Cocos nucifera*), evaluate its functional properties and the effect of its incorporation in the elaboration of wheat flour tortillas. The dry endosperm (pulp) had a humidity of 6.42 % and was characterized physicochemically. It was passed to manual defatting and grinding in a food processor and in a pulvex 200 mill with a 1 mm mesh. The proximal analysis, dietary fiber and vitamin E was performed in Alto Saladita variety coconut flour (HCVAS). For the proximal analysis, 20.4±0.1, 13.7±0.2, 3.2±0.1, 9.3±0.2, and 50.6 % were obtained for protein, fat, ash, moisture and carbohydrates, respectively. The values of total dietary fiber (TDF), soluble fiber (FDS) and insoluble fiber (FDI) were 47.53, 1.02 and 46.51 % respectively and for vitamin E 0.16 mg/100 g. Mixtures with 10 (M1) and 20 (M2) % of coconut flour were obtained for the preparation of tortillas and a significant difference ($p<0.05$) was found in the firmness with respect to the wheat flour tortilla (control) (10.55 ± 1.62 N) and M2 (7.97 ± 1.22 N), without observing a significant difference in M1 (9.99 ± 2.03 N) with respect to the control. For extensibility, a significant difference ($p<0.05$) was found between the control tortillas (24.9 mm) and the mixtures M1 (21.9 mm) and M2 (20.1 mm), but there was no difference between the tortillas of the mixture M1 and M2. For color, in a^* and b^* no significant difference were found ($p>0.05$), however, the value of L^* increased significantly ($p<0.05$) when increasing the level of substitution of coconut flour. The tortillas made with the M2 mixture showed an increase ($p<0.05$) in protein, fat and ash. The contents of FDT, FDI and FDS of these tortillas were 6.46, 5.60 and 0.86 %, values significantly higher ($p<0.05$) than the control. With a 20 % substitution of coconut flour, we were able to obtain a technologically acceptable tortilla with a significant nutritional contribution, classifying it as a food high in dietary fiber.

Key words: Mixture, Fiber, Firmness

1. INTRODUCCIÓN

La harina de coco es un subproducto obtenido del secado y molienda de este fruto que se destaca por ser rica en fibra, proteína, grasa, vitaminas y minerales, debido a su ausencia de gluten se utiliza en la sustitución de algunos productos elaborados con harina de trigo. No obstante, este reemplazo afecta las cualidades del producto final (Hossain *et al.*, 2016). El alto contenido de fibra en la harina de coco podría ayudar a mantener un bajo índice glucémico en productos de panadería y sus derivados (Narayanankutty *et al.*, 2018). Para la industria de los alimentos ha sido un reto incorporar la harina de coco en la formulación de distintos productos con el fin de aprovechar los beneficios de este fruto. Diferentes estudios han revelado que el incremento nutricional en la formulación de distintos productos es notorio al ser sustituidos con distintos tipos de harinas, entre ellas la de coco (Zheng y Li, 2018). Gunathilake *et al.* (2009) mostraron una disminución en las características funcionales y sensoriales del pan elaborado al aumentar el nivel de sustitución con harina de coco, por lo cual, se debe encontrar la manera de utilizar la harina de este fruto en niveles adecuados para que proporcione mayores beneficios nutricionales y nos permita tener un producto de una calidad aceptable para el consumidor.

La tortilla de harina de trigo es uno de los principales alimentos consumidos en el noroeste de México; en Sonora, la tortilla de harina de trigo se estima que está presente en el 40 % de los platillos típicos de la región, aportando alrededor del 30 % del total de calorías consumidas diariamente (EMIM, 2015). Debido a la alta demanda de este producto se han elaborado tortillas de harina utilizando fuentes alternas al trigo, con el fin de suplementar las deficiencias nutricionales en cuanto a fibra, proteínas, vitaminas y minerales presentes en estos productos. Silva-Flores (2016) utilizó harina de quinoa para elaborar tortilla libre de gluten donde se logró un incremento del 15 % en el contenido de proteína y una mejora en el perfil de aminoácidos de esta tortilla. Anton *et al.* (2008) utilizaron frijol para sustituir la harina de trigo logrando un aumento del 2 % en el contenido de proteína; sin embargo, en ambos productos se observó una disminución significativa en la firmeza la cual se considera un importante parámetro de calidad (Hossain *et al.*, 2016).

La harina de coco respecto a la de trigo contiene una mayor proporción de proteína, grasa, ceniza y fibra (Ruiz-Mendoza, 2016); la proteína de harina de coco carece de gliadinas y gluteninas por lo que es incapaz de formar la red tridimensional conocida como gluten, aspecto

primordial durante la hidratación y fermentación en el proceso de panificación. Gunathilake *et al.* (2009) demostraron que al sustituir un 20 % de harina de coco en la formulación de un pan con harina de trigo se alteraron las propiedades organolépticas del producto, sin embargo, se observó un cambio aceptable en las propiedades reológicas de la masa y organolépticas del producto final.

2. ANTECEDENTES

2.1 El Cultivo, Producción y Composición del Grano de Trigo

El cereal con mayor producción a nivel mundial es el trigo, consumido por un 37 % de la población a nivel mundial. De éste, se obtienen alrededor del 20 % del total de calorías consumidas por el hombre (Robles-Sosa *et al.*, 2005); es además, el cereal más utilizado en la industria panadera y se divide en dos grupos: *Triticum aestivum*, utilizado en panadería y el *Triticum durum*, utilizado en la elaboración de pastas. La propiedad destacable del trigo para la utilización en productos fermentados se debe al contenido y calidad de proteína; dentro de esta última entran las gliadinas y gluteninas formadoras de la red tridimensional conocida como gluten, la cual brinda estabilidad durante la fermentación (Barak *et al.*, 2013).

El trigo representa un gran valor de consumo y de producción tanto a nivel nacional como a nivel mundial. Según la FAO, se estima que en los próximos años la producción mundial de trigo aumentará a 725.1 millones de toneladas, lo cual lo sitúa como uno de los principales cereales en producción a nivel mundial. En México la superficie sembrada del trigo en el año 2017 representó el segundo en importancia con un promedio de 620 mil hectáreas, de la misma manera en cuanto a valor de producción, el trigo ocupó el segundo lugar con 12,953 millones de pesos (SIAP, 2018).

El grano de trigo se compone por tres principales partes (Fig. 1): el endospermo, el salvado y el germen. El endospermo se caracteriza por ser la principal fuente de harina, en esta sección se encuentra la mayor cantidad de carbohidratos presentes en el grano al igual que las principales proteínas formadoras de gluten. El salvado contiene la mayor cantidad de fibra, pero éste es eliminado durante la molienda del grano; y el germen, además de ser el encargado de dar origen a una planta nueva es el principal almacenador de ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales (Robles-Sosa *et al.*, 2005). En el cuadro 1, se muestra la composición química del grano de trigo, la cual puede presentar variaciones según diversos factores, por ejemplo, la variedad, la región y condiciones de cultivo, y el año de cosecha (León y Rosell, 2007).

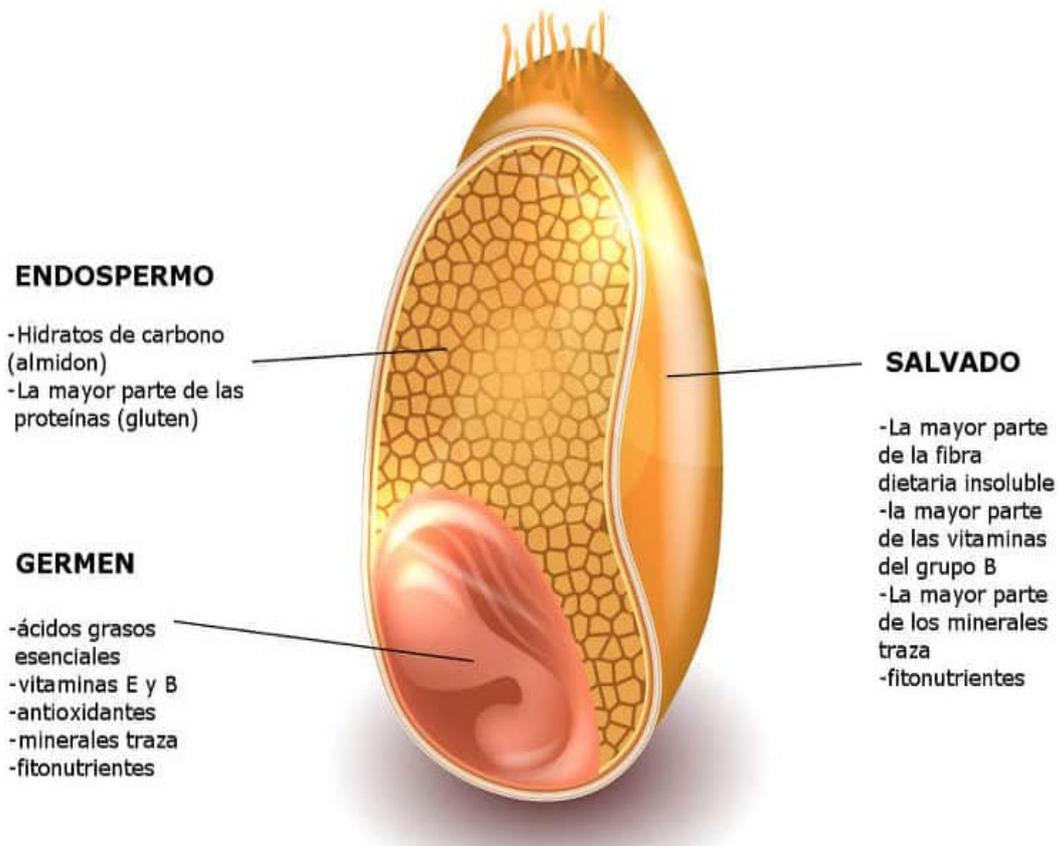


Figura 1. Estructura del grano de trigo. Fuente: Casa Ruiz, <https://casaruizgranel.com/portfolio-posts/cereales-y-otros-granos/>

Cuadro 1. Composición química del grano de trigo.

Componente	Contenido (%)
Humedad	11.9 ± 0.2
Proteína	12.3 ± 0.4
Grasa	1.2 ± 0.1
Ceniza	1.6 ± 0.1
Carbohidratos*	60-68
Fibra dietaria total	3.5 ± 0.3
Fibra insoluble	2.9 ± 0.3
Fibra soluble	0.5 ± 0.6

*Calculado por diferencia,
Fuente: León y Rosell, 2007.

2.2 Harina como Materia Prima

La harina se define como la materia prima resultante de la molienda de granos de cereales, leguminosas y tubérculos (NMX-F-007, 1982). Las proteínas de la harina de trigo dependen principalmente de la forma del cultivo del grano, regiones agrícolas y su molienda (González *et al.*, 2014). Se puede obtener harina de distintos cereales, aunque la más utilizada es la harina de trigo (*Triticum*), también se fabrican harinas de otros cereales como el centeno, cebada, avena, maíz y arroz. El común denominador de las harinas vegetales es el almidón compuesto por dos polisacáridos: amilosa y amilopectina (Calvo, 2010). La amilosa se compone de moléculas de glucosas unidas de manera lineal en enlaces α 1-4 y constituye aproximadamente del 20-25 % del almidón, mientras que la amilopectina está constituida de moléculas de amilosa presentando ramificaciones cada 20-35 unidades en enlaces α 1-6 y constituye del 75-80 % del almidón total.

2.2.1 Harina de Trigo

La característica principal que presenta la harina de trigo es su habilidad de formar una masa que presenta una adecuada retención de gas, cohesividad y tenacidad (León y Rosell, 2007). El principal componente funcional para la industria de los alimentos de esta harina son las proteínas que debido a su conformación química permiten la integración y formación del gluten; característica que ayuda a la harina a mantener sus propiedades organolépticas durante el amasado y la fermentación en el producto final (Vega, 2009); con base a los dos grupos mayoritarios de trigo mencionados anteriormente, las proteínas van a proveer la funcionalidad adecuada para la elaboración ya sea de un producto fermentado o no. Las proteínas de la harina de trigo se clasifican en dos principales grupos, basados en su solubilidad y funcionalidad, dentro de ésta última, se dividen en pertenecientes al gluten y no pertenecientes; las primeras son principalmente proteínas de almacenamiento y son responsables del 75-80 % de la constitución proteica, mientras que las segundas representan un 20-25 % y son principalmente enzimas (Bedolla *et al.*, 2004).

2.2.2 Evaluación de la Calidad de la Harina de Trigo

Existen principalmente dos géneros de granos de trigo utilizados en la industria de los alimentos: *Triticum aestivum* y *Triticum durum*; el primero se utiliza en la industria panadera y el segundo primordialmente en la elaboración de pastas (Robles-Sosa *et al.*, 2005). El contenido de humedad de las harinas es muy importante, según la FAO, los valores máximos de humedad que deben presentar las harinas de trigo es del 15.5 %, sin embargo, en términos industriales se manejan valores menores al 14 % ya que, contenidos menores de humedad, impiden la proliferación de hongos y mohos durante el almacenamiento. En cuanto al contenido de proteína, grasa y ceniza conforman en conjunto el análisis proximal de las harinas, el cual es de gran ayuda para determinar de manera global el estado de la harina y tener una idea de la funcionalidad que se espera de ésta.

2.2.3 Mixogramas

Con el fin de evaluar la calidad de las harinas y su funcionalidad la industria alimentaria emplea distintas pruebas que proporcionan información acerca de la absorción de agua, fuerza y extensibilidad que presentarán las harinas al ser amasadas (Rodríguez *et al.*, 2005), dentro de éstas están los mixogramas. En los programas de fitomejoramiento del trigo se emplea el mixógrafo, ya que este equipo utiliza una menor cantidad de muestra y presentan un amasado más vigoroso lo cual ayuda a detectar de manera rápida la funcionalidad de la harina (Reiko, *et al.*, 2016). La gráfica que describe el comportamiento de la harina durante el amasado se conoce como mixograma y se utiliza principalmente para determinar la cantidad de agua necesaria para lograr una consistencia adecuada de la masa y determinar el tiempo óptimo de amasado.

Los parámetros más utilizados del mixograma son el tiempo óptimo de amasado (TOA) o tiempo de desarrollo (Td) y la altura máxima del mixograma; otros parámetros a tomar en cuenta son la resistencia en el pico (Rp) y caída en la resistencia (Cr). El TOA es el principal parámetro a tomar en cuenta, ya que éste, medido en minutos habla del tiempo en el cual la masa alcanza una máxima resistencia al amasado (Vázquez, 2009); cuanto mayor es el TOA

implica una mayor fuerza de la masa y una mejor calidad de la harina que se está utilizando (Goesaert *et al.*, 2005). Otro parámetro a tomar en cuenta es el Cr, que se determina 3 min después de la Rp, y éste se refiere a que, al ser menor la pendiente de la curva (caída) mayor es la estabilidad de la masa y es mejor la calidad panadera.

2.3 Tortilla de Harina de Trigo y la Importancia de su Consumo

El término tortilla proviene de la palabra española “torta” la cual significa preparación aplanada con forma redonda. La tortilla se consume desde los tiempos de los aztecas constituida principalmente del maíz, aproximadamente 10,000 años a.c. (Serna-Saldívar, 2003). La formulación clásica de una tortilla de harina de trigo incluye harina, sal, azúcar, agua, bicarbonato de sodio y manteca (Liu *et al.*, 2016), se cree que las primeras tortillas eran elaboradas únicamente de agua, harina y un poco de sal. El desarrollo principal en la industria tortillera se produjo con la innovación de las primeras industrias de harina de masa seca, ya que ésta permitió el control del tamaño de partícula, pH, color de la harina y la suplementación con aditivos y nutrientes que prolongaron la vida útil microbiana y textural (García y Vázquez, 2016).

Borah y Cook (1960) estimaron que en 1519 los aztecas diariamente consumían alrededor de 700 g de tortilla de harina de trigo, lo que proporcionaba alrededor de 2,450 kcal. En el cuadro 2 se muestra el aporte nutrimental y calórico que aportan las tortillas de harina de trigo. Waniska *et al.* (2004) reportaron valores nutricionales para distintas tortillas comerciales, entre los cuales destacan el 9.3 % de proteína, 3.0 y 4.2 % de fibra soluble e insoluble respectivamente y en las tortillas de trigo refinados presentan valores de 0.7 % y 1.1 % de fibra soluble e insoluble. Un problema de las tortillas con el 100 % de harina de trigo integral es su baja aceptabilidad por parte del consumidor, en cambio, la tortilla de harina de trigo se encuentra en los hábitos de consumo de la población lo cual, proporciona un beneficio debido a su aporte nutricional.

Cuadro 2. Aporte calórico y nutrimental de las tortillas de harina de trigo.

Kcal/Nutriente	Tortilla de harina de trigo/100 g
Energía	120-325 Kcal
Proteína	3.8-9.0 g
Grasa	1-7.5 g
Carbohidratos	25-52 g
Fibra	1.5-3.5 g
Sodio	0.5-2.0 g

Fuente: Waniska *et al.*, (2004)

La tortilla de harina de trigo ha tenido un aumento exponencial en el mercado en las últimas décadas (IBISWorld, 2013). El mercado de la tortilla de harina de trigo es el mercado de mayor expansión, superando a la industria panadera. En 2013, en Estados Unidos de América, la venta de tortilla, ya sea de maíz o trigo, superaron los 11 millones de dólares, donde la harina de trigo ocupó más del 50 % de este mercado. El consumo de la tortilla de harina de trigo en México, se concentra en cuatro estados principalmente, Sonora, Nuevo León, Baja California y Chihuahua, quienes cubren el 46 % del consumo total del país. En Sonora, la tortilla de harina de trigo acompaña al 40 % de los platillos típicos de esta región y es el séptimo alimento de mayor consumo en Nuevo León. De acuerdo con los datos de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM) en el 2019, la producción nacional de tortilla de harina de trigo alcanzó las 126 mil toneladas, cifra que se puede expresar en 4 mil 129 millones de pesos en ventas. En Sonora las tortillas de harina se han fabricadas por cientos de años, las cuales son destacadas por su tamaño el cual ronda los 50-60 cm de diámetro y un pequeño espesor de 1 mm, sin embargo, en México solamente 1 de cada 10 tortillas consumidas son de trigo. Diferentes autores (Anton *et al.*, 2008; Liu *et al.*, 2016; Silva-Flores, 2016) han sugerido la sustitución parcial de harina de trigo para la formulación de una tortilla utilizando ingredientes que principalmente aumenten la proporción de fibra y proteína en la harina, sin embargo, el porcentaje de reemplazo utilizado debe aportar las cualidades nutrimentales sin reducir significativamente las propiedades sensoriales del producto final.

2.4 El Cocotero y su Fruto

La palma de coco (*Cocos nucifera*) pertenece al orden Arcales de la familia Arecaceae o Palmae, el fruto (Fig. 2) se caracteriza por ser una drupa de tres caras de 20 a 30 cm de diámetro con un peso que ronda entre 1-2 kg, posee un epicarpio brillante, un mesocarpio fibroso de color castaño a rojizo y endocarpio lignificado que encierra una única semilla (SIAP, 2018). El endospermo está formado por una porción carnosa o albuminosa y un jugo lechoso dulce, los cuales se conocen como carne y agua de coco, respectivamente. El endospermo, una vez secado se utiliza para la producción de copra de la cual se extrae el aceite de coco; los frutos requieren de 9 a 10 meses para madurar (Quero, 1994).

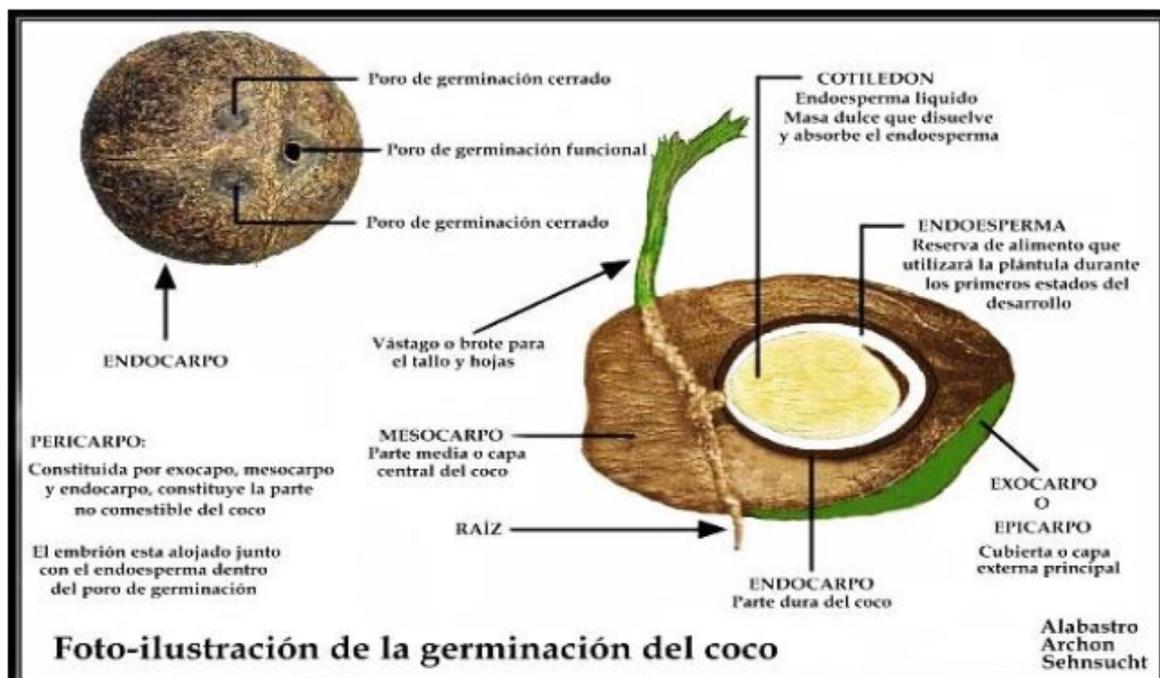


Figura 2. Descripción del coco. Fuente: Armstrong, W.P. 2005.

En México, el coco se encuentra en regiones costeras del Pacífico, en los estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, mientras en el Atlántico, se le cultiva en los estados de Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco y Veracruz (Zizumbo *et al.*, 1993). De acuerdo con cifras del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP 2018) la producción de copra en México se obtuvo en nueve entidades, entre

las cuales destacan Guerrero, Colima y Oaxaca. En 2017 el volumen nacional fue de 232.7 mil toneladas; 4.4 % más que el año previo. El estado de Guerrero cuenta con características ideales para este cultivo. En 2017, esta entidad contribuyó con 188 mil toneladas, que representaron 80.8 % del total nacional.

2.4.1 Importancia del Coco a Nivel Mundial

El coco posee un alto valor nutritivo y medicinal el cual radica en su alto contenido de proteína, fibra, vitaminas y minerales. El coco es principalmente destinado a la alimentación humana ya que el desarrollo de la harina obtenida de la pulpa se clasifica como un alimento libre de gluten, lo que la hace ideal para su consumo por personas celíacas (Roopan, 2016). Existen más de 100 productos que se elaboran a partir de la palma de coco los cuales van desde simples utensilios de uso local, hasta productos de alto valor agregado (Granados y López, 2002). Uno de los principales productos del coco consumidos mundialmente es su agua, misma que se considera un rehidratante oral y un diurético natural debido a que esta presenta un excelente balance natural de vitaminas y minerales (Jean *et al.*, 2009; Zavaleta *et al.*, 2010).

2.4.2 La Copra como Principal Producto del Coco

El objetivo primordial de la industria de la palma de coco es el del manejo y producción de la copra, la cual está constituida principalmente por aceite en un 63 %; lo demás lo constituye la harina, el contenido de humedad y los distintos desperdicios que se puedan generar (Granados y López, 2002). En cuanto al contenido de humedad, para la producción de copra es primordial reducir el porcentaje de un 50 a un 5 % con el fin de lograr una alta concentración de aceite y prevenir el deterioro microbiológico; se estima que se necesitan cinco cocos maduros para la producción de un kilo de copra y alrededor de 14 cocos maduros para la obtención de un kilo de harina de coco (Persley, 1992).

2.4.3 Obtención y Utilización de la Harina de Coco

La harina de coco se obtiene una vez que la pulpa pasa por un proceso de secado, extracción de aceite y molienda; contiene aproximadamente 20 % de proteína, 45 % de carbohidratos, 11 % de fibra y el resto de grasa, minerales y humedad. Su uso es ideal para cocinar sin gluten, cuando se utiliza de manera individual presenta una consistencia densa y grumosa por lo cual es ideal mezclar la harina de coco con otras harinas para obtener un producto que presente una textura más fina y agradable para el consumidor (William, 2015). La harina de coco puede proporcionar un ingreso de valor agregado a la industria, además de una fuente nutritiva y saludable de fibra dietética (Trinidad *et al.*, 2003). La harina de coco puede desempeñar un papel en el control de los niveles de colesterol y azúcar en la sangre, así como en la prevención del cáncer de colon. Diferentes estudios revelaron que el consumo de harina de coco con alto contenido de fibra disminuye los niveles de índice glucémico (Arancon, 1999; Trinidad *et al.*, 2003).

2.4.4 Adición de Harina de Coco en la Elaboración de Tortillas

La razón primordial por la cual se busca la inclusión de la harina de coco en la formulación de tortillas es debido al bajo índice glucémico que este aporta, así como el bajo contenido de azúcares y el alto porcentaje de proteínas presentes en esta harina (Ramaswamy, 2014). Algunos autores han estudiado la inclusión de harinas de frijol o harina de quinoa, en los cuales observaron un aumento en las características nutricionales de las tortillas, principalmente en proteína, grasa, vitaminas y minerales (Anton *et al.*, 2008; Liu *et al.*, 2016). Las formulaciones evaluadas normalmente no rebasan el 30 % de reemplazo, debido a que al sobrepasar los niveles de sustitución del 20 % las características nutricionales aumentan, sin embargo, los parámetros de calidad del producto final se ven disminuidos significativamente (Eboh *et al.*, 2019). Por lo cual sería interesante encontrar la manera de sustituir la harina de coco en el mayor porcentaje de adición posible sin afectar negativamente los parámetros de calidad de la tortilla.

En los trabajos elaborados por distintos autores, no existe una modificación notable en los ingredientes utilizados para la elaboración de tortillas de harina de trigo y en sus respectivos tratamientos con harina de coco para la elaboración de un producto, el único parámetro que se

ve modificado es el de los porcentajes harina de trigo: harina de coco. Debido al alto porcentaje de grasa (12-16 %) presente en la harina de coco (Ruiz-Mendoza, 2016), comparado al 1.6 % de la harina de trigo (Laborin *et al.*, 2018), es interesante observar el efecto que provoca la disminución de manteca utilizada en la formulación de una tortilla de harina de trigo, sustituyendo estos porcentajes por el nivel de grasa aportada por la harina de coco en el producto final.

2.5 Harinas Compuestas

Los términos conocidos como mezclas de harinas o harinas compuestas se refieren a harina de trigo y otras procedentes de distintos granos, con el fin de elaborar productos horneados, ya sean fermentados o no fermentados (Dendy y Dobraszczuk, 2004; Vásquez *et al.*, 2016). El uso de las harinas compuestas tiene 2 grandes campos de interés, el político y el nutricional, el primero debido a las reducciones en el consumo del trigo y el segundo, enriquecer los productos con altos niveles de fibra, proteínas, vitaminas y minerales (FAO, 1995). El propósito por el cual la industria alimentaria está elaborando productos con harinas compuestas, es el de suplementar nutricionalmente a los productos a base de harina de trigo, ya que ésta presenta niveles bajos de fibra y un aminoácido limitante, el cual es la lisina (Rizzello *et al.*, 2014). Se han reportado trabajos previos elaborados a base de harinas distintas a las de trigo, la característica que prevalece en estas harinas es su alto contenido de fibra y de proteína, principales componentes que se buscan mejorar con la suplementación (Vásquez *et al.*, 2016). El alto costo de las distintas harinas compuestas puede ser un aspecto poco favorable, sin embargo, esta desventaja se compensa con el beneficio a la salud que éstas imparten. No obstante, al momento de sustituir parcialmente la harina de trigo, se pueden presentar aspectos poco favorables en el desarrollo del producto final.

2.6 Efecto en las Propiedades Funcionales y Características Sensoriales de Alimentos

Elaborados a Partir de Harinas Distintas a la Harina de Trigo

El reto que enfrenta la industria alimentaria es el de satisfacer las necesidades del consumidor con mezclas de distintos tipos de harinas, sin comprometer la calidad sensorial del producto

final. La sustitución de harina de trigo (HT) con distintos tipos de harinas, presenta en todos los casos una disminución de los parámetros sensoriales del producto final (Hossain *et al.*, 2016). Laborin *et al.* (2018) sustituyeron HT con harina de mezquite, en el cual uno de los principales parámetros evaluados fue el volumen específico del pan. La sustitución de 30 % de harina de trigo con harina de mezquite mostró una disminución del 40 % en este parámetro. En un pan elaborado por Vásquez *et al.* (2016) con harina de quinoa (HQ), observaron una disminución significativa en la textura del producto al sustituir un 7.5 % de HQ. Sustituciones de 10 a 20 % de harina de trigo han demostrado producir pan de calidad aceptable sin un impacto importante en el color, estructura de la miga, textura y vida de anaquel (Seibel, 2006; Eboh *et al.*, 2019). Por estas razones el incremento en la sustitución de distintos tipos de harinas afecta los principales parámetros de calidad del producto final, por lo cual es importante encontrar la manera de formular un alimento con la mayor cantidad de HC en sustitución de HT sin que afecte las características funcionales y sensoriales del producto final.

3. HIPÓTESIS

La sustitución parcial de harina de trigo por harina de coco en la formulación de una tortilla de harina de trigo, permitirá obtener una tortilla de calidad tecnológica aceptable con mejores características nutricionales que una tortilla de harina convencional.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Obtener harina de coco (*Cocos nucifera*), evaluar sus propiedades funcionales y el efecto de su incorporación en la elaboración de tortillas de harina de trigo.

4.2 Objetivos Específicos

1. Obtener harina de coco (*Cocos nucifera*) de la variedad Alto Saladita.
2. Caracterizar reológica y fisicoquímicamente las harinas de trigo y de coco.
3. Elaborar las mezclas de harina de trigo (*Triticum aestivum*) y harina de coco.
4. Elaborar tortillas con las distintas mezclas y evaluar su aporte nutricional.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Caracterización y Secado del Coco

Se utilizaron 10 cocos de la variedad Alto Saladita (VAS) provenientes de Tecpan de Galeana, Guerrero. Para la obtención de la pulpa se sometió al coco a un pelado en donde se removió el exocarpo, seguido de la remoción del agua, punzando el poro de germinación funcional (Abioye *et al.*, 2018). Se sanitizaron los cocos sin exocarpo sumergiéndolos en agua con cloro (200 ppm) durante 2 min, posteriormente se lavó con agua potable para remover el remanente de cloro y se dejó escurrir por 5 min (Walter *et al.*, 2009), seguido de la remoción y pelado del endocarpo. Para el secado del endospermo la pulpa se ralló manualmente, se realizó una curva de secado en bandejas de 63 x 55 cm donde durante 2 h se tomaron 5 muestreos de 0, 1, 1.15, 1.30 y 2 h. Finalmente se secó a 50 °C por 2 h, en un secador de aire Enviro-Pak (Series MP500 U.S.A) con una velocidad de aire de 3.0 m/s.

5.1.1 Determinación de Grados Brix

Se determinó el porcentaje de sólidos solubles (°Brix) en el agua de cada uno de los 10 cocos, colocando 30 mL en cada vaso, utilizando un refractómetro (ATAGO, PR-101 Palette U.S.A) a temperatura ambiente (24-28 °C). Las mediciones se llevaron a cabo por triplicado.

5.1.2 Determinación de Actividad de Agua (Aw)

La actividad de agua se determinó utilizando un equipo marca Rotronic HygroPalm. Se midió la Aw a la pulpa rallada antes y después del secado. Cada medición se llevó a cabo por triplicado.

5.1.3 Dureza

Se cortó la pulpa en trozos de 1 x 1 cm (10 cubos por coco, tomados en diferentes zonas de cada coco) y se midió la dureza con un Texturómetro TA-XT2 (Texture Analyser Stable Micro Systems, Surrey, U.K) utilizando un aditamento cilíndrico con diámetro de 1.0 mm a una velocidad de prueba de 1.0 mm/s, penetración de 7.5 mm y una fuerza de 100 g. Los umbrales de fuerza y distancia fueron 10 g y 1.0 mm, respectivamente.

5.1.4 Color

La medición de color a la pulpa fresca y seca se llevó a cabo con un Colorímetro Konica Minolta (Modelo Chroma Meter CR-400, Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japón). Se tomaron lecturas por triplicado de color registrando los valores de L* para luminosidad, a* para los valores de variación de color rojo a verde y b* para el rango de color amarillo a azul, colocando la muestra en charolas circulares con la suficiente cantidad de muestra para la medición. El principal parámetro a evaluar fue la luminosidad (L*), debido a que se quiere observar que efecto tendrá la temperatura sobre el color de la pulpa durante el secado.

5.1.5 Contenido de Proteína

A la pulpa desgrasada (7.1.7) se les determinó el contenido de proteína por el método micro-Kjeldahl (AACC, método 46-13.01). Se pesaron 200 ± 5 mg de muestra, sometidos previamente a una digestión con una mezcla de catalizadores y 5 mL de ácido sulfúrico concentrado, al concluir el tiempo de digestión se dejaron enfriar los matraces a temperatura ambiente para después pasar a la destilación utilizando un Rapid Distillation Unit LABCONCO (U.S.A) con NaOH al 40 %. Terminada la destilación, se recuperó el contenido en un matraz Erlenmeyer conteniendo 15 mL de ácido bórico al 4 % y 3 gotas de indicador rojo de metilo. Finalmente se llevó a cabo una titulación con HCl 0.1 N. Para los cálculos, se utilizó un factor de conversión de 5.75 para la muestra control y un factor de 5.3 para el endospermo y harina de coco (FAO, 1995).

5.1.6 Contenido de Humedad

El contenido de humedad se evaluó pesando 2 g de muestra en platillos a peso constante, que fueron sometidos a un secado en una estufa (VWR International Modelo 1321F U.S.A), a una temperatura de 105 °C por 16 h. Una vez transcurrido este tiempo, los platillos se dejaron enfriar en un desecador a temperatura ambiente (24-28 °C), por un tiempo aproximado de 15-20 min, pasado este tiempo, los platillos se pesaron en una balanza analítica. Los resultados fueron calculados tomando en cuenta la diferencia de pesos (AACC, método 44-16.01).

5.1.7 Contenido de Grasa

Para ambas muestras el contenido de grasa se realizó por el método Goldfish, en el cual se pesaron 1.5 g de muestra en papeles filtro (Whatman No. 1), cada papel con muestra se colocó en dedales para ser colocados en un equipo Goldfish, donde se utilizó éter de petróleo por un lapso de 5-6 h, al concluir este tiempo los vasos se colocaron en una estufa (VWR International Modelo 1321F U.S.A) a 50 °C durante toda la noche, al pasar este tiempo los vasos se dejaron enfriar en un desecador, finalmente los vasos fueron pesados en una balanza analítica y el contenido de grasa se obtuvo por diferencia de peso (AACC, método 30-20.01).

5.1.8 Contenido de Ceniza

La determinación de ceniza (se realizó pesando 2.0-2.5 g de muestra en crisoles a peso constante. Posteriormente, la muestra se incineró en placas de calentamiento para después pasarla a una mufla (Modelo 6000 Furnace U.S.A), a una temperatura de 550 °C durante 5 h asegurando la incineración completa. Transcurrido este tiempo se dejó enfriar por 24 h, se pesó y se obtuvo el contenido de ceniza por diferencia de peso (AACC, método 08-01.01).

5.2 Extracción de Aceite

La extracción de aceite se llevó a cabo en la pulpa seca utilizando una prensa de aceite manual Oil Press (Cgoldenwall, U.S.A), donde el equipo no se sometió a ningún tipo de calentamiento previo, esto con el fin de tratar de mantener la calidad de la pulpa de coco seca, para su posterior molienda.

5.3 Obtención de Harina de Coco

La pulpa de coco seca y desgrasada pasó por una premolienda en un procesador de alimentos marca Moulinex (Modelo AE6838, CN) con el fin de disminuir su tamaño de partícula, para después continuar con la molienda en un molino Pulvex 200 (Cd. México) con una malla de 1 mm.

5.4 Análisis Proximal en Harina de Coco

Se utilizó la misma metodología mencionada anteriormente (5.1.5-5.1.8) para el análisis proximal de la harina de coco variedad Alto Saladita (HCVAS).

5.5 Determinación de Vitamina E

A la harina de coco variedad Alto Saladita (HCVAS) y a harina de coco comercial (HCC), ambas previamente desgrasadas (5.1.7), se les determinó el contenido de vitamina E (Hess *et al.*, 1991; Onibi *et al.*, 1998), pesando aproximadamente 0.2 g de muestra en un tubo de ensayo con tapón de rosca, después se agregaron, a cada tubo 1 mL de etanol y 1 mL de KOH 10 M. Las muestras se precalentaron en un baño con agua a 70 °C durante 10 min, para después homogenizarlas en vortex por 10 s y regresar inmediatamente al baño, continuando la

saponificación durante 20 min. Una vez transcurrido el tiempo, se enfriaron los tubos con agua fría, se agregaron 5 mL de hexano y se homogenizaron en un vortex durante 15 s. Se centrifugó a 1500 rpm a 10 °C durante 7 min, se retiró la capa superior de hexano con una pipeta Pasteur de cristal, colocándola en tubos y evaporando el hexano con nitrógeno. Posteriormente la muestra se reconstituyó con 0.2 mL de etanol absoluto, girando el tubo para recolectar la muestra que pudiera quedar adherida en las paredes, homogenizando en vortex durante 30 s. Finalmente, se colocó la muestra en viales ámbar. El contenido de vitamina E se determinó utilizando un HPLC (1260 Infinity, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) con detector UV- Visible, con una columna C18 Agilent Microsorb (100-3 C18, 100 x 4.6 mm). Se utilizó una fase móvil isocrática de metanol:agua (98:2, v/v). La detección se realizó a una longitud de onda de 290 nm por duplicado. Se prepararon soluciones de α , β y γ tocoferol como estándares.

5.6 Contenido de Fibra Dietaria Insoluble (FDI), Soluble (FDS) y Total (FDT)

A la HCVAS se le determinó el contenido de fibra dietaria por el método 32-07 (AACC, 2000) con el kit de Megazyme (International Ireland), la cual permite conocer el contenido de fibra dietaria total, soluble e insoluble. La prueba se realizó por duplicado utilizando 1 g de muestra seca y desgrasada colocándola en matraces Erlenmeyer. Para cada ensayo se colocaron un blanco y un control (bran) en agitación constante, a cada vaso se agregaron 40 mL de buffer MES/TRIS a pH de 8.2 a 24 °C. Con agitación constante a baja velocidad; se añadieron 50 μ L de α -amilasa termoestable, y se incubó a 95 °C por 35 min. Una vez transcurrido el tiempo se retiraron las muestras del baño y se enfriaron, se ajustó la temperatura del baño a 60 °C. Posteriormente, se adicionaron 100 μ L de proteasa a las muestras, los vasos se incubaron a 60 °C, con agitación continua durante 30 min. Después se ajustó el pH en un rango de 3-4, con NaOH o HCl al 5 % (v/v), se agregaron 200 μ L de solución de amiloglucosidasa y se incubaron con agitación a 60 °C durante 30 min. Transcurrido el tiempo se filtró la suspensión utilizando un FiberTech con crisoles tipo Gooch de poro grueso No. 4. A los crisoles se añadió 1 g de celita como agente filtrante y se filtró el precipitado de cada digestión enzimática. Para la FDI y FDS, las muestras se colocaron en cuatro crisoles con celita registrando su peso, antes y después. Con ayuda de un FibroTech, se filtró y se guardó cada filtrado en un matraz para determinar FDS. Para la FDI, cada residuo se lavó dos veces con 10 mL de agua destilada precalentada a 70 °C, y dos veces con 10 mL de etanol al 95 % (v/v). Se colectaron los filtrados

correspondientes para cada muestra, se transfirió la solución a un vaso previamente tarado, y se secó por 100 °C toda la noche. En cuanto a la FDS, cada solución combinada de filtrado y baños de agua se pesaron en su respectivo vaso previamente tarado. Además, se ajustó el peso de cada solución a 80 g y se añadieron 320 mL de etanol al 95 % precalentado a 60 °C, y se dejó reposar toda la noche a temperatura ambiente. Antes de filtrar se dispuso de 4 crisoles con celita de la misma manera que para FDT, con dos lavados de 15 mL de etanol al 78 % (v/v), registrando el peso de cada uno, antes y después. El precipitado se filtró utilizando una bomba de vacío. Una vez terminado, se secó a 103 °C por toda la noche, finalmente se analizó el contenido de ceniza y proteína para cada residuo.

5.7 Elaboración de Mezclas de Harina de Trigo y Harina de Coco

Para la elaboración de las mezclas como se observa en el cuadro 3, se consideraron los niveles de sustitución de harina de trigo con harina de coco reportados por Hossain *et al.* (2016) y Ruiz-Mendoza (2016) para la elaboración de panes, solo que las pruebas preliminares indicaron que cuando se sustituyó con 30 % de harina de coco la consistencia de la masa para elaborar tortillas no era adecuada. Por ello, solo se utilizaron los niveles de sustitución de 10 y 20 %.

Cuadro 3. Mezclas de harina de trigo y harina de coco.

Muestra	% Harina de Trigo	% Harina de Coco
Control	100	0
M1	90	10
M2	80	20

5.7.1 Mixogramas de la Harina de Trigo y sus Mezclas con Harina de Coco

Se realizaron pruebas reológicas de las harinas de trigo y sus mezclas con harina de coco, utilizando un mixógrafo (National Manufacturing Co, Lincoln, NE) utilizando 30 gramos de muestra (con ajuste del 14%), para conocer el tiempo óptimo de amasado y la cantidad de agua

calculada a partir del porcentaje de proteína de la muestra (AACC, método 54-40.02). Esta prueba considera el contenido de humedad y de proteína de la harina o mezcla para calcular la cantidad de harina o mezcla a pesar, así como la cantidad de agua a agregar.

5.7.2 Análisis de Color en la Harina de Trigo y sus Mezclas con Harina de Coco

Se siguió la metodología sugerida para los parámetros L^* , a^* y b^* descrita en el punto 5.1.4 con la harina de trigo, la harina de coco y las mezclas tomando en cuenta los mismos parámetros previamente descritos, tomando mediciones por triplicado colocando el equipo sobre el empaque (bolsa de plástico) el cual contiene las harinas y sus distintas mezclas previamente homogenizadas.

5.8 Elaboración de Tortillas

Se utilizaron 100 g de harina (ajustado al 14 %), con 10 g de manteca y 1.5 g de sal, para posteriormente ser amasados en una amasadora Hobart (National Manufacturing, Co. 68503 U.S.A) con el tiempo y cantidad de agua calculados en el mixograma. Una vez hecho lo anterior se formaron bolas de masa de 30 g, después de un reposo de 30 min se paso al planchado en una aplanadora eléctrica durante 1 s por cada lado, para después pasar a una placa de cocción por un tiempo aproximado de 40 s por cada lado. Para las tortillas a partir de las mezclas de harina de trigo y harina de coco, los ingredientes utilizados fueron las mezclas de harinas, sal, agua y manteca, la cual se calculó tomando en cuenta la cantidad de grasa aportada por la harina de coco en cada mezcla.

5.9 Evaluación de las Tortillas Obtenidas de las Mezclas de Harina de Trigo y Harina de Coco

A las tortillas elaboradas (control y las mezclas) se les realizó el análisis proximal y se midieron los atributos de intensidad de color, rollabilidad, flexibilidad y textura (fuerza de ruptura y extensibilidad).

5.9.1 Análisis Proximal

Se utilizó la misma metodología mencionada anteriormente para el análisis proximal de las tortillas obtenidas de las mezclas harina de trigo: harina de coco, la única técnica distinta fue la determinación de humedad, donde se utilizó el método de la AACC (44-15.02), el cual se basa en un pre-secado de la tortilla por un tiempo de 14-16 h (AACC, 2000).

5.9.2 Análisis de Textura

La textura de las tortillas (Fig. 3) se midió utilizando un texturómetro TA-XT2, donde los parámetros evaluados fueron fuerza de ruptura (firmeza), área (trabajo) y distancia que se estira la tortilla antes del rompimiento (extensibilidad). La velocidad de prueba fue de 2.0 mm/s a una distancia de 35 mm, utilizando una fuerza de 0.98 N, con un aditamento cilíndrico (TA 108, 18 mm de diámetro). Además, se aplicó una prueba de rollabilidad en la cual se evaluó de manera subjetiva la calidad de enrollado de la tortilla de harina. La prueba consistió en cortar 3 tiras de 2 cm de ancho tomando la longitud del diámetro de la tortilla, seguido de esto se envolvió la tortilla en un rodillo de madera (una pulgada de diámetro) durante 3 a 5 s para observar el daño generado, el cual se basó en una escala de 1 (daño importante) a 5 (sin daño alguno) (Anton *et al.*, 2008).

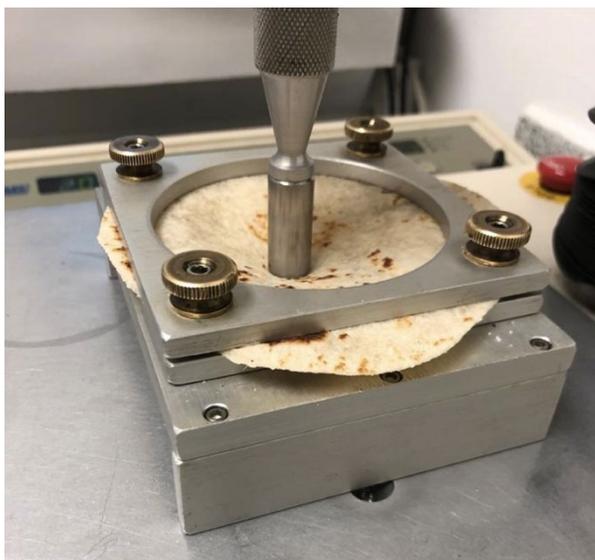


Figura 3. Medición de firmeza y extensibilidad de la tortilla.

5.9.3 Análisis de Color en las Tortillas

Una vez elaboradas las tortillas de harina de trigo y de sus mezclas con harina de coco, se midieron los mismos parámetros para L^* , a^* y b^* descritos en el punto 5.1.4.

5.9.4 Contenido de Fibra Dietaria Insoluble, Soluble y Total

Se determinó el contenido de fibra dietaria insoluble (FDI), soluble (FDS) y total (FDT) a la tortilla de harina de trigo y a la tortilla elaborada con la mezcla 80:20, siguiendo la metodología mencionada en el punto 5.5.

5.10 Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se utilizó estadística descriptiva para el análisis proximal del endospermo seco. Se realizó un diseño completo al azar (DCA) con un ANOVA de una vía para la caracterización, análisis proximal, análisis de textura y fibra dietaria, donde las variables respuesta fueron dureza, color,

SST, Aw, humedad, proteína, grasa, ceniza, firmeza, área, extensibilidad, FDI, FDS y FDT. De existir diferencias significativas entre medias, se realizó la comparación de medias utilizando Tukey-Kramer a un nivel de confianza de 95 %. Se utilizó el paquete estadístico NCSS 2012 para todas las pruebas estadísticas.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Rendimiento del Fruto

Se obtuvieron rendimientos del procesamiento de 10 cocos VAS (variedad Alto Saladita) el cual constó de la remoción del exocarpo, mesocarpo y endocarpo, hasta obtener el endospermo, los cuales fueron de 1276.44 ± 357.69 , 1130.30 ± 240.9 , 695.76 ± 106.8 y 450.22 ± 77.08 g, que corresponden a un 100, 65.47, 40.30 y 26.07 % respectivamente. El porcentaje obtenido del endospermo es semejante al reportado por Guarte *et al.* (1996), el cual reporta un rendimiento del 22 % de endospermo.

6.2 Sólidos Solubles Totales de Agua de Coco (° Brix) y Dureza de Endospermo

Se midió el porcentaje de sólidos solubles (SST) expresados como % de grados Brix al agua de coco y la dureza del endospermo fresco (Cuadro 4). Se obtuvieron valores promedio de 7.26 ± 0.93 % de grados Brix y un 36.59 ± 8.31 N para la dureza. Según la FAO (1995) el agua de coco de buena calidad debe presentar un % SST de 5-6.5 %, de los 10 cocos procesados únicamente obtuvimos ese valor en 3 aguas de distintos cocos. Assa *et al.* (2010) evaluaron el % SST en aguas de cocos con maduración entre 9-11 meses, obteniendo valores de 5.12-5.56 %, al comparar los resultados obtenidos para VAS, el reportado por Assa *et al.* (2010) se encuentra dentro de los rangos de calidad, por lo que podemos deducir que nuestros cocos presentan un estado de madurez avanzado (>9-11 meses). En cuanto a la dureza del endospermo, el valor reportado por Siriwongwilaichat *et al.* (2014) fue de 3.92 ± 1.09 N para cocos con 6 meses de maduración y % SST de 6-7 %, lo cual contrasta con lo encontrado en los cocos VAS, cuyos valores resultaron muy superiores a estos, donde tanto la maduración como las variedades utilizadas (West African Tall (WAT), Malasia Yellow Dwarf (MYD), Ecuatorial Guinea Green Dwarf (EGD) e híbrido PB121 mejorado) fueron distintas al de este trabajo. En un coco inmaduro el endospermo del coco es delgado y contiene mucha agua, así que al aumentar la maduración el endospermo se engruesa y como resultado aumenta su dureza, esto independiente de la variedad de coco con la cual se este trabajando (Anonyme, 2006).

Cuadro 4. Sólidos solubles totales de agua y dureza de endospermo de coco.

Coco	Sólidos solubles totales (% °Brix)	Dureza (N)
1	5.86 ± 0.11 ^a	22.93 ± 2.12 ^a
2	6.16 ± 0.21 ^a	2.85 ± 2.41 ^b
3	6.56 ± 0.05 ^b	N/D
4	7.00 ± 0.1 ^c	36.94 ± 1.33 ^{cde}
5	7.83 ± 0.05 ^d	35.41 ± 4.58 ^{cde}
6	8.33 ± 0.05 ^e	33.90 ± 1.85 ^{cd}
7	6.77 ± 0.11 ^{bc}	44.70 ± 3.87 ^f
8	7.43 ± 0.11 ^f	51.39 ± 5.73 ^g
9	8.63 ± 0.15 ^e	33.90 ± 1.85 ^{ce}
10	8.03 ± 0.15 ^e	36.02 ± 2.57 ^{cde}

Los resultados muestran medias de triplicados ± desviación estándar para sólidos solubles totales. Los resultados muestran medias de 10 repeticiones ± desviación estándar para dureza. Diferentes literales en las columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$). N/D= no determinada

6.3 Curva de Secado y Secado de Pulpa Fresca

Se obtuvo la curva de secado (Fig. 4) en bandejas de 63 x 55 cm, ocupando un área con coco rallado de 45.8 x 32 cm a una temperatura de 50 °C y una velocidad de aire de 3 m/s. La masa inicial fue de 520.03 g y la final de 302.24 con una $R^2 = 0.9941$. Durante 2 h se tomaron 5 muestreos de 0, 1, 1.15, 1.30 y 2 h, obteniendo un % de humedad de 46.64±0.39, 6.42±0.28, 3.76±0.32, 3.27±0.13, 2.65±0.11 %, respectivamente. Udana y Amarisinghe (2016), secaron coco rallado con una humedad inicial de 49.81 %, obteniendo un porcentaje de 7 % de humedad final, para este secado se requirió un tiempo de 37 h utilizando temperaturas de 55-60 °C, valor que sobrepasa al presentado en este trabajo, ya que después de 1 h de secado a 50 °C se obtuvo un 6.42±0.28 % de humedad, sin embargo, el propósito de aplicar un tiempo más largo de secado al coco es para facilitar la extracción de aceite, sin importar las cualidades físicas del endospermo una vez que pase por estos procesos (Pestaño, 2016) .

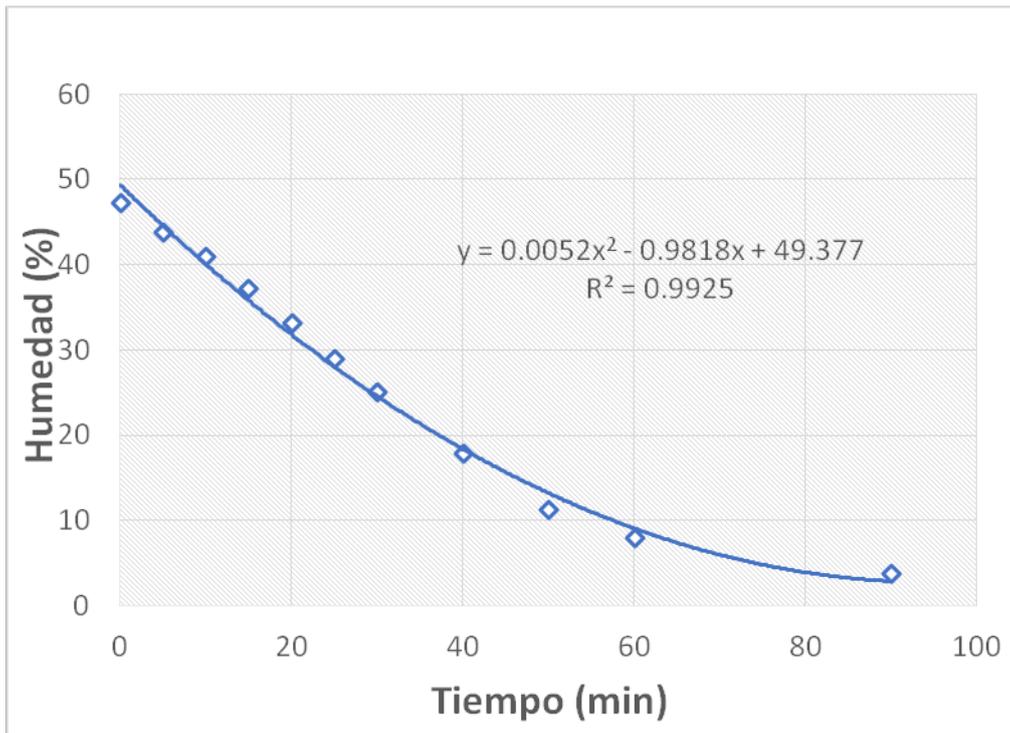


Figura 4. Contenido de humedad de coco rallado vs tiempo de secado a 50 °C

Una vez determinada la curva de secado, se secaron 2454.53 g de pulpa fresca con un 50.90 % H inicial por 2 h a 50 °C, llegando a una masa seca de 1222.62 g y un 6.42 % de humedad. Pestaño (2016), realizó un secado a 80 °C/3 h a una velocidad de aire de 0.80 m/s, para obtener un 7 % de humedad, que se encuentra dentro de los valores óptimos de humedad (4-8 %) para el manejo de la copra. La amplia diferencia entre los tiempos se puede deber a la cantidad de masa a secar, los tipos de secadores utilizados y al propósito de la masa seca, debido a que ambos trabajos están destinados para la obtención de aceite, mientras que el nuestro está enfocado en la obtención de harina de coco (Makinde y Eytayo, 2019; Udana y Amarisinghe, 2016).

6.4 Caracterización fisicoquímica y Análisis Proximal de la Pulpa de Coco

A la pulpa de coco tanto fresca como seca se les determinó la actividad de agua (A_w) y el color. La A_w para pulpa fresca y seca fue de 0.93 ± 0.001 y 0.74 ± 0.004 , respectivamente. Prieto *et al.* (2011) secaron pulpa de coco por un tiempo de 8 h a 60 °C y reportaron valores para A_w de

0.99±0.001 y 0.38±0.001 para la pulpa fresca y seca, respectivamente. Los valores idóneos de A_w para una harina comercial oscilan entre 0.60-0.85 (Fennema, 2010), por lo que la pulpa seca obtenida en este trabajo se encuentra dentro de esos valores. Los parámetros de L^* , a^* y b^* para la pulpa fresca fueron de 44.23±0.47, -0.55±1.10 y 1.17±0.22, respectivamente. Para la pulpa seca fueron de 36.57±0.39, -0.65±0.02 y 3.27±0.14, respectivamente. Se observaron cambios significativos ($p < 0.05$) en los valores L^* y b^* , lo que indica una disminución en el color blanco (L^*) y un aumento en el color amarillo (b^*) después del secado. Luengwaili *et al.* (2014) reportaron para pulpa fresca valores de L^* , a^* y b^* , de 67, -0.65 y 1.05, respectivamente, similares a los valores obtenidos en este estudio. También observaron una relación entre el efecto del secado y los valores de L^* y b^* , donde una disminución en estos parámetros una vez transcurrido el tiempo de secado se puede adjuicar a la oxidación lipídica, decoloración, incremento de acidez, entre otros (Lucas-Aguirre, 2018).

En el cuadro 5 se muestra el análisis proximal de endospermo seco. Assa *et al.* (2010) reportan un valor de 6-12 % de proteína, mientras que Prakruthi *et al.* (2014) reportan un rango de 6.2-10.2 %, valores semejantes al obtenido en este estudio. Para ceniza, donde en el endospermo se encuentra mayoritariamente conformada por potasio, sodio y calcio, Guarte *et al.* (1996) reportan valores de 2.2 % y Solagni *et al.* (2011) valores entre 0.85-1.26 %, valores que coinciden con los encontrados en este trabajo. Se presentó una mayor variación en el porcentaje de grasa, valor que se ve afectado por el estado de madurez del coco tal y como lo reporta Prakruthi *et al.* (2014). El contenido de grasa puede variar entre 34 y 63 %, rango que coincide con el obtenido en este trabajo. En cuanto al contenido de carbohidratos, el resultado obtenido supera el reportado por Prakruthi *et al.* (2014), el cual fue de 24.6-26.3 %, ambos calculados por diferencia. Este aumento se puede calificar como favorable, ya que dentro del contenido de carbohidratos se encuentra la fibra.

Cuadro 5. Análisis proximal endospermo seco

Muestra	Proteína (%)	Ceniza (%)	Humedad (%)	Grasa (%)	Carbohidratos (%)
Pulpa Seca	10.79±0.09	1.20±0.00	6.42±0.18	48.21±0.39	33.38

Los resultados muestran medias de triplicados ± desviación estándar.

6.5 Extracción de Aceite

El endospermo deshidratado se sometió a la extracción de aceite en una prensa de aceite manual. El peso inicial de pulpa seca fue de 1222.62 g. Después de la extracción se obtuvieron 662.44 g de pulpa desgrasada, que representa un 54.77 %. Este valor es similar al obtenido por Udana y Amarishinghe (2016), quienes a partir de pulpa seca de coco con 6.7 % de humedad realizaron la extracción de aceite en un Expeller industrial precalentado a 60 °C, obteniendo un rendimiento de 58-60 % de aceite. Por otro lado, Deepa *et al.* (2015), obtuvieron un rendimiento de 63.1 % de aceite utilizando pulpa seca con 6.1 %, de humedad, en una prensa mecánica precalentada. Los valores anteriores superan al rendimiento obtenido en este trabajo (54.77 %). Sin embargo, estos trabajos se enfocaron a la obtención de aceite de coco, sin importar la calidad de la pulpa seca, a diferencia del enfoque en este estudio, donde la calidad y el color de la pulpa de coco seca y desgrasada es fundamental para la obtención de la harina de coco.

6.6 Obtención de Harina de Coco

Una vez obtenida la pulpa seca y desgrasada (662.44 g), se molió primero en un procesador de alimentos (Moulinex), obteniéndose 662.12 g de harina de coco; después se procesó en un molino Pulvex 200 con una malla de 1 mm, con el fin de obtener un tamaño de partícula homogéneo en el producto final. Después de este proceso, finalmente se obtuvieron 358.67 g de harina de coco. Sin embargo, debido al contenido de grasa, una gran cantidad de muestra se desperdició durante el procesamiento en el molino Pulvex 200.

6.7 Análisis Proximal de la Harina de Coco

Se realizó el análisis proximal de la harina de coco variedad Alto Saladita (HCVAS) y de la harina de coco comercial (HCC), los cuales se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6. Análisis proximal de la harina de coco variedad Alto Saladita y la harina de coco comercial.

Componente (%)	Harina de coco variedad Alto Saladita	Harina de coco comercial
Proteína	20.4±0.1 ^b	18.1±0.1 ^a
Grasa	13.7±0.2 ^a	17.4±0.3 ^b
Ceniza	3.2±0.1 ^a	4.9±0.1 ^b
Humedad	7.3±0.1 ^b	3.9±0.1 ^a
Carbohidratos*	53.4	55.7

Los valores muestran medias de triplicados ± desviación estándar, diferentes literales indican diferencias significativas ($p < 0.05$). *Calculados por diferencia.

Para el valor de proteína, se obtuvo un valor de 20.4±0.1 y 18.1±0.1 % en la HCVAS y en la HCC, respectivamente, mayor al reportado por Abioye *et al.* (2018) donde obtuvieron un valor de 6.3-8.3 %, esta diferencia se puede adjudicar tanto a la variedad utilizada como al procesamiento empleado en la obtención de harina de coco. En cuanto al porcentaje de grasa, el reportado por la USDA (2017) es del 14.2 % semejante al obtenido en la HCVAS (13.7 %) sin embargo difiere del obtenido en la HCC (17.4 %), dichos valores pueden diferir debido al estado de madurez que presentaban los cocos utilizados para el procesamiento de su harina. El contenido de ceniza para la HCVAS fue de 3.18 % y para la HCC fue de 4.98 %, valores que superan el reportado por Lai Quoc y Vothi (2017) el cual fue de 1.2 %. Donde se encontró mayor variación fue en el porcentaje de humedad, obteniendo un valor de 6.2 % para la HCVAS y un 3.9 % para la HC, lo cual se puede atribuir al tratamiento de secado empleado en la pulpa fresca y al tipo de molienda empleada para obtener la harina, sin embargo, son comparables con el porcentaje reportado por Abioye *et al.* (2018) del 4.6 %.

6.8 Cuantificación de vitamina E en harina de coco

La vitamina E en su forma natural se encuentra principalmente como α , β y γ -tocoferol, siendo α -tocoferol la utilizada preferentemente por el cuerpo, además de ser el único tocoferol asociado a revertir la deficiencia de vitamina E en el organismo (Rigotti, 2007). Se determinó vitamina E en la HCVAS y en la HCC, comparando los picos obtenidos con los estándares de α , β y γ -tocoferol (Fig. 5). Para α -tocoferol se obtuvo un tiempo de retención de 5.6 a 6.2 min (Renzi *et*

al., 2010), mientras que para β y γ -*tocoferol*, el tiempo de retención obtenido fue de 4.7 a 5.3 min (Shimadzu, 2019).

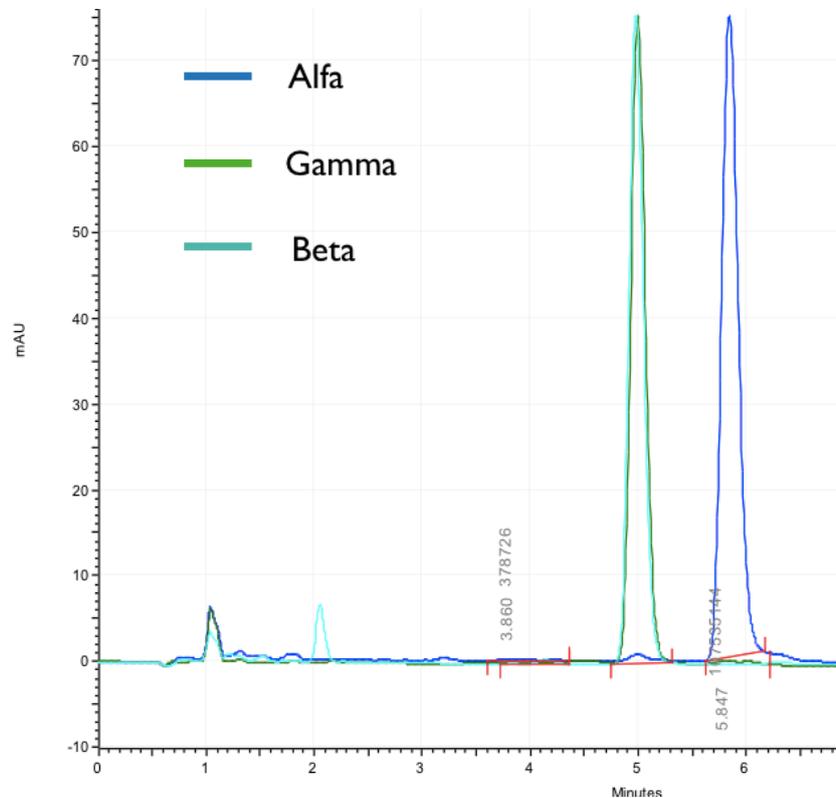


Figura 5. Estándares α , β y γ Tocoferol.

En la HCC (Fig. 6) no se detectó ningún tipo de tocoferol, mientras que en la HCVAS (Fig. 7) se detectó un pico en el tiempo de retención de 5.9 a 6.3, valor que entra en el rango determinado para α -*tocoferol*, obteniéndose una concentración de 0.16 mg/100 g de Vitamina E. Para pulpa de coco fresca, el contenido de vitamina E reportado por EFSA (2010) es de 0.73 mg/100 g. Al ser una vitamina liposoluble, es probable que la mayor proporción de ésta, se encuentre en el aceite de coco. Cabe destacar que no se encontró un valor reportado para vitamina E en harina de coco en las distintas bibliografías consultadas. Se esperaría que al presentarse una mayor cantidad de grasa en la HCC que en la HCVAS pudiéramos encontrar vitamina E en la primera. Sin embargo, en la HCC no se observó la presencia de algún tipo de tocoferol. Esta diferencia se le pudiera adjudicar al método de extracción de aceite y a la molienda utilizada en la obtención de la HCC, o a su manejo durante el almacenamiento o distribución (Udana y Amarisinghe, 2016; Mitjans *et al.*, 2016).

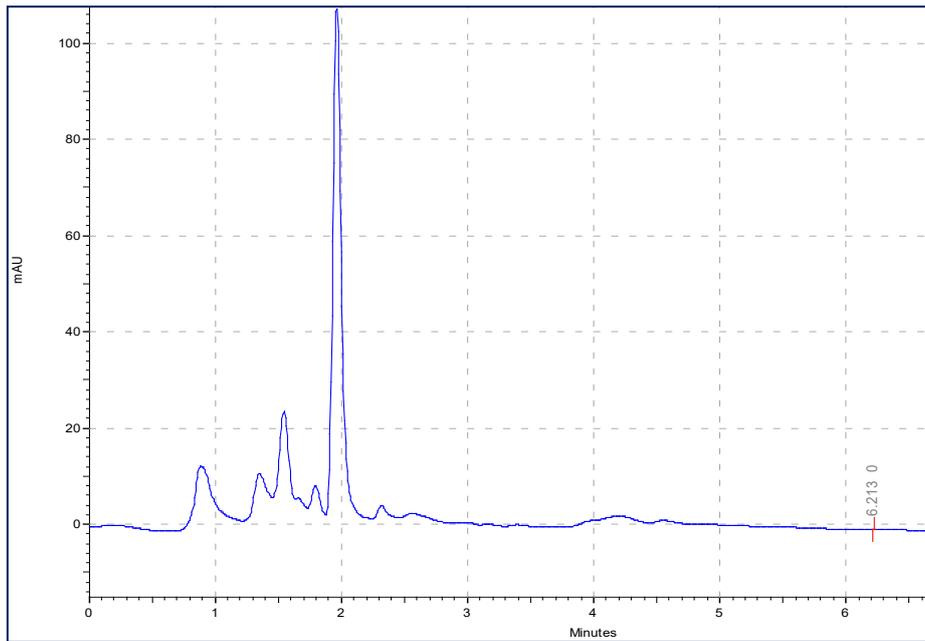


Figura 6. Cromatograma vitamina E de harina de coco comercial.

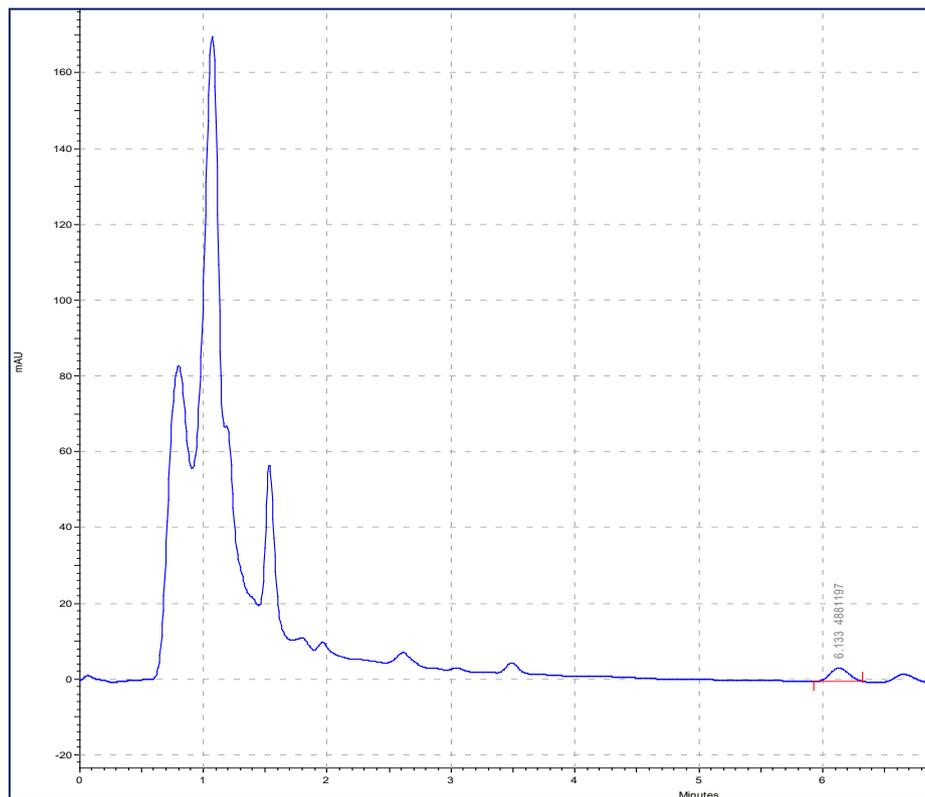


Figura 7. Cromatograma vitamina E de harina de coco variedad Alto Saladita.

6.9 Cuantificación de Fibra en Harina de Coco

La fibra se define como los polímeros de carbohidratos con un grado de polimerización inferior a 3, que no son digeridos y/o absorbidos en el intestino delgado, se clasifica en fibra soluble e insoluble (Codex Alimentarius, 2010). La fibra soluble incluye pectinas, gomas y algunas hemicelulosas, las cuales forman geles de alta viscosidad en el tracto digestivo, que al llegar al colon son fermentadas por las bacterias que se encuentran en este mismo, produciendo ácidos grasos de cadena corta, mientras que la fibra insoluble, dentro de la cual se encuentra la celulosa, hemicelulosa y lignina, es poco fermentable en el colon, sin embargo, presenta un papel importante en la formación y tránsito del bolo fecal (Sánchez *et al.*, 2015). En este trabajo, se cuantificó el contenido de FDT, FDS y FDI en la HCVAS teniendo como resultado un 47.53, 1.02 y 46.51 % respectivamente, valores comparables con los reportados por Trinidad *et al.* (2006), el cual reporta un valor de 60.6, 3.8 y 56.8 %, donde el componente mayoritario de la fibra total de coco es la fibra insoluble, mientras que la USDA (2017) reporta un valor de fibra dietaria total de 35.7 % para harina de coco. La Asociación Americana Dietética (ADA) (Babio, 2010), establece un consumo recomendado de fibra en adultos de 25-30 g/día, además la proporción insoluble/soluble recomendada es de 3/1 (Slavin, J. 2008).

6.10 Elaboración y Caracterización de Mezclas de Harina de Trigo y Harina de Coco

Se elaboraron dos mezclas de harina de trigo:harina de coco (Cuadro 7), en las proporciones de 10 y 20 %, tomando en cuenta que varios autores (Hossain *et al.*, 2016; Abioye *et al.*, 2018; Laborin *et al.*, 2018) reportaron que una sustitución de 20 % en la formulación de un producto con base en harina de trigo, tiene un efecto positivo en las cualidades nutrimentales sin afectar significativamente ($p > 0.05$) las propiedades físicas y sensoriales del alimento. Las mezclas se elaboraron tomando en cuenta el ajuste del 14 % de humedad.

Cuadro 7. Elaboración de mezclas harina de trigo:harina de coco

Mezcla (100 g)	Harina de trigo (g)	Harina de coco (g)
M1	89.27	9.77
M2	79.35	18.55

Los datos de humedad, proteína, grasa y color de las mezclas (Cuadro 8) se calcularon a partir de los porcentajes obtenidos tanto en la harina de trigo y en la harina de coco, ajustándolos a la proporción de mezcla correspondiente. En cuanto a color (Cuadro 8) no se encontró ninguna diferencia significativa ($p>0.05$) entre las muestras.

Cuadro 8. Caracterización de harina de trigo (control) y sus mezclas con harina de coco.

Muestra	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	L*	a*	b*
Control*	13.3±0.1	12.7±0.3	1.3±0.2	93.4±0.4 ^a	-4.6±0.0 ^a	13.4±0.0 ^a
M1	12.5	13.1	2.6	93.6±0.3 ^a	-4.5±0.0 ^a	14.3±0.1 ^a
M2	11.9	13.8	3.8	93.6±0.3 ^a	-4.4±0.0 ^a	13.9±0.2 ^a

Valores muestran medias de triplicados \pm desviación estándar, excepto valores de humedad, proteína y grasa de las mezclas M1 y M2, calculados en base a los contenidos y proporción de cada harina. Diferentes literales indican diferencias significativas ($p<0.05$). *Calculados por diferencia

6.11 Mixogramas para Harina de Trigo y sus Mezclas con Harina de Coco

Se obtuvieron los mixogramas de la harina de trigo (control) y sus mezclas con harina de trigo (Cuadro 9). Si bien estos se utilizan principalmente para productos destinados a la industria panadera, en este trabajo decidimos utilizarlo debido a que la cantidad de muestra a manipular es aproximadamente 90 % menor, sin embargo, en distintos trabajos ha sido utilizado para evaluar el efecto del desarrollo de la masa por la relación que existe entre el TOA y el desarrollo del gluten. En un trabajo realizado por Barros *et al.* (2010), compararon la utilización del mixograma vs. Farinograma, en el cual se concluye que el TOA se correlaciona con la fuerza del gluten, el cual fue un mejor predictor para el diámetro y el desarrollo de la masa en la elaboración de una tortilla.

Cuadro 9. Tiempos óptimos de amasado de la harina de trigo (control) y sus mezclas con harina de coco.

Muestra	TOA (min)
Control	5.5
M1	5.5
M2	6

En cuanto al tiempo óptimo de amasado (TOA), no se encontró diferencia entre el control y M1, sin embargo se encontró un aumento de 0.5 min para M2, lo cual se puede adjudicar a una mayor cantidad de proteína presente en esta mezcla (13.8 %) ya que la harina de coco se encuentra en una mayor proporción en comparación a M1 y control, lo cual ocasionará que M2 absorba una mayor cantidad de agua y le tome a sus ingredientes una mayor cantidad de tiempo en mezclarse de forma óptima. Otro factor es la fibra, ya que la fibra presente en la harina de coco se encargará de atrapar agua e interferir en el amasado. Acorde a lo que indica Wani *et al.* (2016), la presencia de polisacáridos y fibra deriva en un incremento de absorción de agua y así, incrementan el TOA. En la figura 8, se presentan los mixogramas obtenidos de la harina control y sus respectivas mezclas con harina de coco, en la imagen A se muestra la harina de trigo control la cual presentó un TOA de 5.5 min, al momento de compararlo con las mezclas, la imagen B, con una sustitución del 10 % de HCVAS, no existió diferencia entre el tiempo óptimo de amasado, y los parámetros gráficos que representan el tiempo de desarrollo (Td) y la altura del mixograma (Vázquez, 2009) son similares, así como el grosor de la gráfica.

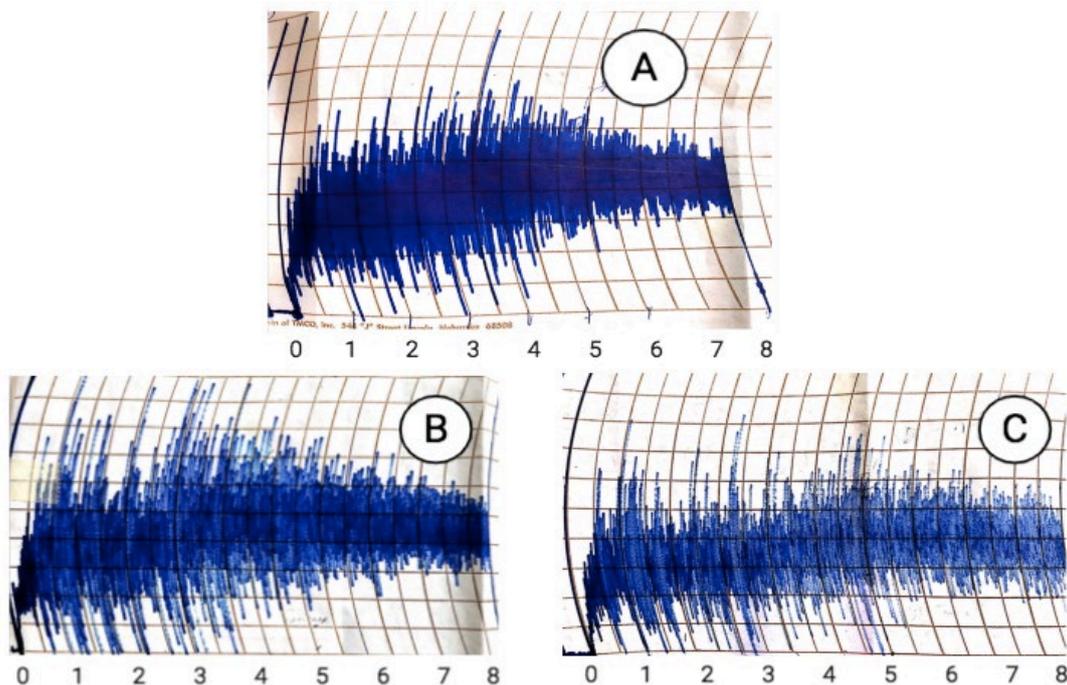


Figura 8. Mixogramas obtenidos de harina control y sus mezclas con harina de coco. A) Harina control, B) Mezcla M1, C) Mezcla M2.

La mezcla M2 (Fig. 8 C), mostró un mayor tiempo de desarrollo y una altura menor del mixograma, esto debido a que el porcentaje de proteína y de fibra en la mezcla es mayor, este

último componente ejerce un efecto de dilución del gluten (Barros *et al.*, 2010), lo cual se observa en la menor altura y grosor de la curva que describe el mixograma. Los porcentajes de absorción de agua (Cuadro 9) fueron distintos en la harina control y sus mezclas. La harina control tuvo un % de absorción de agua del 63.01 %, conforme se fue aumentando el nivel de sustitución de harina de coco, la absorción de agua incrementó (1-2 %), esto debido a que las harinas altas en fibra necesitan una mayor cantidad de agua y tiempo para llevar a cabo la hidratación y desarrollo del gluten, esto se adjudica a que la proteína compite por el agua con la fibra y la harina de coco es rica en proteína (20.4 %) y en fibra (47.5 %) (Friend *et al.*, 1992; Shakhawat *et al.*, 2016).

6.12 Formulación de Tortilla de Harina de Trigo y sus Mezclas con Harina de Coco

Se utilizó la formulación mencionada en el punto 7.8, donde el valor que se manipuló fueron los gramos de harina y los gramos de manteca vegetal, sustituyendo estos gramos con el total de grasa que aporta la harina de coco en cada mezcla (cuadro 10).

Cuadro 10. Formulación para la elaboración de tortillas de harina de trigo (control) y sus mezclas con harina de coco.

Formulación (100 g)	Harina (g)	Agua (%)	Manteca (%)	Sal (%)
Control	99.19	63.01	10	1.5
M1	98.54	63.82	7.44	1.5
M2	97.90	64.85	6.21	1.5

Al aumentar la cantidad de harina de coco en la formulación de igual manera lo hace el % de agua, comportamiento similar observado en una formulación de un chapatti (Abioye, 2018) donde el porcentaje de agua añadido, en su caso para el farinógrafo, fue en aumento conforme la sustitución de harina de coco se presentó en mayor proporción, el cual fue el único ingrediente a manipular. En cuanto a la manteca, podemos observar que en cada mezcla hay una disminución de la manteca utilizada, esto debido a que se sustituyó con la grasa que aporta la harina de coco (Cuadro 10). En la figura 9, se muestran las tortillas de harina elaboradas a partir de la harina control y de sus distintas mezclas con harina de coco, donde la imagen A representa a la tortilla de harina de trigo, sin ninguna modificación en su formulación, mientras que la imagen B y C, representan a las formulaciones M1 y M2, respectivamente.

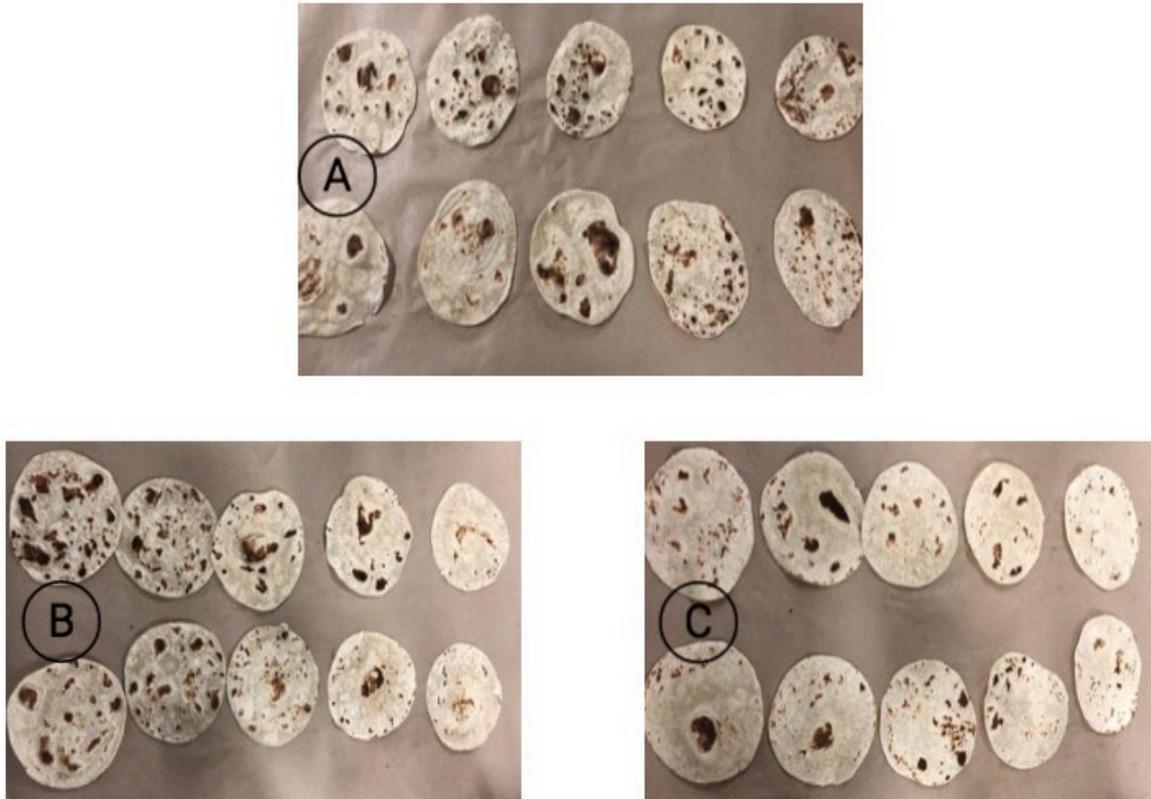


Figura 9. Tortillas de harina de trigo y sus mezclas con harina de coco. A) Tortilla de harina de trigo, B) Tortilla de mezcla M1, C) Tortilla de mezcla M2.

6.13 Análisis Físicos de Tortilla de Harina de Trigo y sus Mezclas con Harina de Coco

Para la medición de las propiedades físicas se elaboraron dos lotes de cada mezcla (Cuadro 11). No hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la firmeza (N) de la tortilla y la tortilla M1, sin embargo al incrementar el nivel de sustitución de harina de coco en la formulación, la firmeza aumentó significativamente ($p < 0.05$) con respecto al control y a M1. Esto puede deberse a que la manteca comercial en M2 es aproximadamente 4 % menor en comparación a la manteca utilizada para el control, debido a que la manteca principalmente está conformada por ácidos grasos de cadena larga (AGCL) esto le brinda una mayor maquinabilidad a la tortilla (Lallemand, 2015). Por otro lado, mientras que al disminuir la cantidad de manteca utilizada y sustituirla con el porcentaje de grasa de la harina de coco, conformada principalmente por ácidos grasos de cadena corta (AGCC) y ácidos grasos de cadena media (AGCM) (Assa *et al.*, 2010; Manikandan *et al.*, 2015), podemos ver como la firmeza en M2 es mayor ($p < 0.05$) respecto al control y a M1, por lo que se necesita una menor fuerza para lograr la ruptura de la tortilla.

Abioye, (2018) evaluó la fuerza en un chapatti donde contrario de este trabajo, la fuerza (N) fue aumentando conforme la cantidad de harina de coco añadida fue mayor (10-20 %), comportamiento el cual se puede adjudicar a que no existió alguna manipulación en cuanto a los gramos de grasa utilizada en la formulación, contrario a lo realizado en este trabajo, ya que al sumar el alto contenido de grasa y fibra en la harina de coco, más el añadido de manteca vegetal da como resultado una menor firmeza al producto conforme la sustitución va en aumento lo cual se contrapone a nuestro caso, donde la fuerza fue menor debido a lo mencionado anteriormente. Dar *et al.* (2013) indicaron que las diferencias de ruptura en un chapatti usualmente se ven influenciadas por el porcentaje de proteína o el nivel de reemplazo de harina de trigo por distintas harinas. Anton *et al.* (2008) sustituyendo con harina de frijol para una tortilla con base en harina de trigo, notó una disminución significativa en la firmeza al observar la sustitución del 35 %. La rollabilidad en los tratamientos fue igual con un score de 5, lo cual indica que no se observó algún tipo de daño físico o ruptura a la tortilla al momento del experimento.

La extensibilidad es un parámetro importante a tomar en cuenta en una tortilla (Cuadro 11), en la tortilla control se encuentra el valor mayor de extensibilidad (24.99 mm), parámetro observado de igual manera en distintos trabajos (Abioye, 2018; Barros *et al.*, 2010), los cuales fueron de 17.9 mm y 21.69 mm respectivamente. Al momento de incorporar la harina de coco, se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) en ambos tratamientos, comportamiento similar observado con el reemplazo del 20 % por Abioye (2018), debido a que la harina de coco al tener la capacidad de absorber más agua, la superficie de contacto del agua será menor para poder interactuar con los demás ingredientes, lo cual es necesario para lograr una mayor extensibilidad en la tortilla (Yadav *et al.*, 2012).

Cuadro 11. Propiedades físicas de tortillas de harina de trigo (Control) y sus mezclas con harina de coco.

Muestra	Firmeza (N)	Área (N-mm)	Extensibilidad (mm)	Aw	L*	a*	b*
Control	10.5±1.6 ^b	52.5±13.9 ^c	24.9±2.5 ^b	0.9±0.0 ^c	61.0±2.2 ^a	-3.6±0.4 ^b	18.2±1.0 ^a
M1	9.9±2.0 ^b	42.4±13.7 ^b	21.9±3.4 ^a	0.9±0.0 ^b	65.9±2.8 ^b	-2.4±1.3 ^a	20.4±1.8 ^b
M2	7.9±1.2 ^a	33.1±6.7 ^a	20.1±2.5 ^a	0.8±0.0 ^a	70.7±0.5 ^c	-3.9±0.5 ^b	19.4±1.6 ^{ab}

Diferentes literales indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre muestras. Para Firmeza, Área, Distancia o Extensibilidad, los resultados indican la media de 15 mediciones ± desviación estándar. Para color, los resultados son la media de 4 mediciones ± desviación estándar. Para Aw los resultados indican la media de triplicados ± desviación estándar.

En cuanto al área (Cuadro 11), se explica como el trabajo realizado hasta lograr la ruptura de la tortilla, la tortilla control (52.51 N-mm) presentó un valor menor que el obtenido por Barros *et al.* (2010) de 70.89 N-mm y el más bajo correspondió al 20 % de sustitución con harina de coco (33.1). Se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el control y los tratamientos con 10 y 20 % de sustitución de harina de coco, comportamiento similar observado entre los tratamientos M1 y M2, esto debido a que al aumentar el porcentaje de harina de coco y disminuir los gramos de manteca utilizados en los tratamientos, esta sustitución le resta estabilidad o resistencia a la ruptura, debido a la disminución de AGCL y al aumento de AGCM que imparte la harina de coco, gracias a esto se necesitó una menor fuerza para romper la tortilla, y por lo tanto un menor trabajo realizado conforme el nivel de harina de coco fue en aumento.

Las tortillas de harina de trigo suelen tener una actividad de agua apenas por encima de 0.9, que es lo ideal para evitar el crecimiento de bacterias patógenas, pero no el suficiente para inhibir el crecimiento de distintos mohos (Cauvain y Young, 2011). Un descenso en la actividad de agua (< 0.9) tiene un efecto positivo en el producto ya que se reduce la cantidad de agua disponible en el alimento para reaccionar, lo cual da como resultante una mayor vida de anaquel al producto y la capacidad de mantenerse fresco por una mayor cantidad de tiempo (Nilsson, 2018). La A_w (Cuadro 11) para el control y para la M1 no fue diferente significativamente ($p < 0.05$) sin embargo, para la M2 la A_w fue menor ya que la harina de coco tiene una A_w menor a la harina de trigo y al estar presente en mayor porcentaje (20 %), la A_w de la tortilla disminuyó significativamente ($p < 0.05$).

En lo referente a color (Cuadro 11) el valor a^* , el cual representa la variación entre rojo y verde, se presentó diferencia significativa únicamente en el tratamiento M1, mismo comportamiento presente en b^* , el cual indica variación entre amarillo y azul, sin embargo el valor L^* , presentó un aumento significativo ($p < 0.05$) conforme el porcentaje de sustitución de harina de coco se presentaba en mayor proporción, esto nos indica que la harina de coco contribuye a que la tortilla tenga un color blanquizo más agradable para el consumidor, debido que éste es un atributo el cual se toma en cuenta principalmente al tratarse de una tortilla de harina (Montemayor *et al.*, 2018).

6.14 Análisis Proximal de Tortilla de Harina de Trigo y sus Mezclas con Harina de Coco

En el cuadro 12 se presenta el análisis proximal de la tortilla control y sus respectivas mezclas con harina de coco. Para una tortilla de harina de trigo el porcentaje de humedad según Mao y Flores (2001), se encuentra en el rango de 28.67–31.01 %. Se observó una diferencia significativa ($p < 0.05$) en las tres muestras, siendo menor, la humedad de las muestras adicionadas con harina de coco. Sin embargo, el control y el M1 se encontraron en el rango reportado por Mao y Flores (2001), mientras que M2, se comportó más parecido al chapatti elaborado por Abioye, (2018), donde obtuvieron un 26.6 % de humedad en su tortilla control y al momento de evaluar las tortillas con el 10 y 20 % de harina de coco notaron un descenso de humedad significativo ($p < 0.05$). La razón de estos comportamientos se puede adjudicar a la presencia de polisacáridos y sustancias fibrosas en la harina de coco, lo que lleva a un incremento en la absorción de agua y un mayor tiempo de amasado.

Cuadro 12. Composición química de tortilla de harina de trigo (Control) y sus mezclas con harina de coco.

Muestra	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Carbohidratos (%) *
Control	30.4±0.0 ^c	9.1±0.2 ^a	8.01±0.2 ^a	1.4±0.0 ^a	51.1 ^a
M1	28.9±0.0 ^b	10.4±0.2 ^b	8.1±0.2 ^a	1.6±0.0 ^b	50.9 ^a
M2	27.1±0.1 ^a	11.0±0.1 ^b	9.0±0.3 ^b	1.9±0.0 ^c	50.9 ^a

Los valores muestran medias de triplicados \pm desviación estándar. Diferentes literales indican diferencias significativas ($p < 0.05$). *Calculados por diferencia.

En cuanto al valor de proteína (Cuadro 12), se observó un incremento ($p < 0.05$) del 2 % de proteína en la muestra M2 (11.02 %) respecto al control (9.09 %) comportamiento similar observado por Shakhawat *et al.* (2016), donde se observó un aumento del 6.50 al 7.40 % llegando hasta un 30 de sustitución de harina de coco, mientras que en este trabajo se obtuvo un mayor valor con un menor porcentaje de sustitución (20 %) de harina de coco. Stoin (2016) evaluó el mismo parámetro en galletas en las cuales se presentó un incremento significativo ($p < 0.05$) conforme aumentó el nivel de sustitución de harina de coco. Sin embargo, Abioye, (2018) no notó algún cambio significativo en ningún nivel de sustitución con harina de coco en

su producto final. Al momento de hacer una sustitución de una harina de trigo es sugerible que exista un aumento en el contenido de proteína, ya que se sabe que las harinas de cereales tienen un aminoácido limitante, el cual es la lisina, por lo cual es recomendable el sustituir con harinas que puedan cubrir éste aminoácido limitante (Sujirtha y Mahendran, 2015).

Para el valor de grasa (Cuadro 12) no existió diferencia significativa ($p > 0.05$) entre el control y M1, debido a esto podemos deducir que al reducir la manteca vegetal en la formulación M1 este valor se mantuvo estable siendo sustituido por la grasa que aporta la HCVAS (2.56 %) en éste nivel de sustitución, podemos asegurarnos de este comportamiento al observar el tratamiento M2 en el cual si existió diferencia significativa ($p < 0.05$) con respecto a los demás tratamientos y presentó un mayor porcentaje de grasa (9.03 %) aun teniendo una disminución del 3.79 % de manteca vegetal, lo cual nos indica que la grasa aportada por la harina de coco si se ve reflejada en el producto final. En distintos productos elaborados tales como tortillas, pan y galletas (Abioye, 2018; Shakhawat *et al.*, 2016; Stoin, 2016), se observó un aumento de grasa a medida que se incrementó la sustitución de harina de coco en la formulación de los distintos productos, sin embargo en ningún producto de este tipo se ha evaluado el efecto de sustituir los niveles de grasa utilizados en la formulación inicial por la que aporta la harina de coco, la cual al presentar un bajo nivel de insaturaciones (Assa *et al.*, 2010) brinda una característica primordial al producto final, gracias a esto la tortilla se vuelve menos propensa a una oxidación (Moigradean *et al.*, 2012).

El contenido de cenizas (Cuadro 12) fue significativamente diferente ($p < 0.05$) en las tres muestras. El valor más elevado se presentó en M2 debido a que el contenido de ceniza en harina de coco (3.18 %) es mayor al reportado por harina de trigo (0.42 %). Esto concuerda con el estudio de Shakhawat *et al.* (2016). Afroza *et al.* (2014) reportaron un valor de ceniza de 1.2 % en su tortilla control, el cual se asemeja al obtenido en nuestro control (1.4 %). En distintas sustituciones por harina de coco elaboradas por Abioye, (2018) en un chapatti, no encontraron diferencia significativa ($p > 0.05$) en el contenido de cenizas, al momento de evaluar el producto final, valor el cual proporciona una información acerca del componente de minerales presente en el alimento.

En cuanto al contenido de carbohidratos (Cuadro 12) no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$) entre las muestras. En estudios en los que se elaboraron un chapatti y un pan, Abioye, (2018) y Shakhawat *et al.* (2016) encontraron un contenido de carbohidratos entre 42 y 53 %, similar a

los resultados encontrados en este estudio (50-51 %). Sin embargo, en los trabajos anteriores el porcentaje de carbohidratos disminuyó conforme aumentó el contenido de harina de coco, sin embargo en estos trabajos no existió una manipulación en un ingrediente distinto al de la cantidad de harina de coco utilizada, a diferencia de nuestro trabajo donde disminuimos el porcentaje de manteca a medida que se incrementó el nivel de harina de coco.

6.15 Cuantificación de FDT, FDI y FDS en Tortilla de Harina de Trigo y en la Mezcla M2

El cuadro 13 muestra los resultados del contenido de FDT, FDI y FDS, el cual se llevó a cabo en la tortilla de harina de trigo (Control) y en tortilla (M2), debido a que ésta presentó un mayor número de parámetros significativamente diferentes ($p < 0.05$) en el análisis proximal y de textura. El valor de FDT fue significativamente mayor ($p < 0.05$) entre las tortillas M2 y el control lo cual nos indica que el valor de fibra de la HCVAS (47.85 %) se refleja en la sustitución con el 20 % de harina de coco, comportamiento similar observado en un chapatti elaborado por Abioye (2018), donde reportan un incremento de FDT del 2-3 % con un reemplazo del 20 %, tendencia similar en un pan elaborado por Shakhawat *et al.* (2016), donde observaron un aumento significativo ($p < 0.05$) conforme se aumentaba el nivel de sustitución.

Cuadro 13. Fibra insoluble, soluble y total en tortillas de harina de trigo (control) y de la mezcla M2

Muestra	Fibra Insoluble (%)	Fibra Soluble (%)	Fibra Total (%)
Control	4.5±0.4 ^a	0.2±0.3 ^a	4.8±0.4 ^a
M2	5.6±0.4 ^a	1.2±0.2 ^a	6.8±0.1 ^b

Los valores muestran medias de duplicados ± desviación estándar. Diferentes literales indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Gunathilake y Abeyrathne (2007) estudiaron el efecto de la inclusión de harina de coco en unos fideos, encontrando un aumento gradual de su muestra control a la sustitución del 30 %. Cabe destacar que en ninguno de estos estudios se reporta el porcentaje de FDI y FDS a diferencia de este trabajo, donde se presentó un incremento significativo ($p < 0.05$) para M2 del 1 % para ambos parámetros. Un común denominador en estos trabajos con distintos productos (tortilla,

fideos, pan) es que los parámetros sensoriales y de calidad se vieron afectados significativamente conforme la sustitución era mayor. Sin embargo, se compensaba con las propiedades nutricionales que la harina de coco aportaba al producto final. Según la European Union Food Safety Authority (2010), alimentos que presenten un aporte mayor al 6 % de FDT, serán considerados como ricos en fibra, valor en el que entra la tortilla resultante de la mezcla M2, la cual presentó un valor de 6.79 % de FDT.

7. CONCLUSIONES

La adición de harina de coco a la formulación para elaborar una tortilla de harina tradicional aumentó significativamente los valores nutricionales de ésta, enriqueciéndose con la proteína y fibra que aportó la harina de coco. En cuanto a los aspectos físicos de la tortilla elaborada con harina de trigo y 20 % de harina de coco, el único parámetro que incrementó en relación a la tortilla control fue la firmeza, sin embargo, esto se compensa con el aporte nutricional del producto final. Concluimos que la mezcla 80 % harina de trigo y 20 % harina de coco es una opción viable para elaborar una tortilla de calidad tecnológica aceptable con mejores características nutricionales que una tortilla de harina de trigo convencional.

8. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos se sugiere profundizar en la investigación acerca de cómo incorporar mayores niveles de sustitución con harina de coco; de igual manera se sugiere realizar un análisis sensorial en un futuro con el fin de evaluar la aceptación general de las tortillas elaboradas con harina de trigo sustituidas con harina de coco.

9. REFERENCIAS

- AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, method 44-15.01 and 44-15.02 (moisture), method 08-01,01 (ash), method 46-13.01 (protein), method 30-20,01 (fat), method 54-40.02 (mixograph), method 32-07 (insoluble, soluble, and total dietary fiber). St. Paul, MN.
- Bedolla-Bernal, S. Dueñas-Gallegos, C. *Et al.* 2004. Introducción a la tecnología de alimentos. Editorial Limusa. 2da edición. México, D.F. 148p Recuperado a partir de <https://books.google.com/books?id=V2IqmVapJWkC&pgis=1>
- Abioye-Oladipupo, S., Dewettinck, K. y Van-Bockstaele, F. 2018. Valorization strategies of coconut flour. Ghent University Faculty of Bioscience Engineering. VII, 75.
- Afroza S., Ramin T. R., Moniru I., Moshir R., y Abdul A. 2014. Evaluation of quality of chapattis enriched with jackfruit seed flour and bengal gram flour. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*; 8(5): 73-78.
- Anonyme. 2006. Fruit; Encyclopédie en ligne. Website: http://encyclopedia.jrank.org/fo/FRA_GAE/FRUIT_par_le_français_du_fructus.html
- Anton, A. A., Ross, K. A., Lukow, O. M., Fulcher, R. G. y Arntfield, S. D. 2008. Influence of added bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.) on some physical and nutritional properties of wheat flour tortillas. *Food Chem.* 109:33-41.
- Arancon, R. N. 1999, Coconut flour. *Coco info International*, 6(1): 1-8.
- Armstrong, W.P. 2005. "Coconut pearls: A reevaluation of authenticity" *Ornament* 28 (2): 46-49.
- Assa, R. R., Konan, J.L., Prades, A., Nemlin, J. y Koffi E. 2010. Physicochemical characteristics of kernel during fruit maturation of four coconut cultivars (*Cocos nucifera* L.). *African Journal of Biotechnology* Vol. 9 (14), pp. 2136-2144
- Babio, N., Balanza, R., Basulto, J., Bulló, M. y Salas-Salvadó, J. 2010. Dietary fibre: Influence on body weight, glycemic control and plasma cholesterol profile. *Nutrición hospitalaria: organo oficial de la Sociedad Española de Nutrición Parenteral y Enteral.* 25. 327-40. 10.3305/nh.2010.25.3.4459.
- Barak, S., Mudgil, D. y Khatkar, B. 2013. Effect of composition of gluten proteins and dough rheological properties on the cookie-making quality. *Brit. Food J.* 115, 564-574. *British Food Journal.* 115. 564-574.
- Barros, F., Alviola, J.N., Tilley, M., Chen, Y.R., Pierucci, V.R.M. y Rooney, L.W. 2010. Predicting hot-press wheat tortilla quality using flour, dough and gluten properties. *Journal of Cereal Science.* 52. 10.1016/j.jcs.2010.06.009.
- Borah, V. y Cook, S. F. 1960. The population of central México in 1543. *Bero-Americana*: 43, Berkeley, Univ. of Calif. Press.
- Calvo, M. 2010. *Bioquímica de Los Alimentos.* Universidad de Zaragoza, España.
- Cauvain S.P. y Young L.S. The stability and shelf life of bread and other bakery products. In: Kilcast D, Subramaniam P, editors. *Food and Beverage Stability and Shelf Life* [Internet]. Woodhead Publishing; 2011. p. 657-82. Available from: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt009DRAB3/food-beveragestability/stability->

[shelf-introduction](#)

- Codex Alimentarius 2010. Guidelines on nutrition labelling CAC/GL 2-1985. Roma: FAO.
- Stoin, D. 2016. Researches regarding the influence of coconut flour addition on the nutritional value of gluten-free cookies. *Journal of Agro-alimentary Processes and Technologies*; 2, 22(4): 292-300.
- Dar, B. N., Savita, S. N., Baljit, S. y Gurkirat, K. (2013). Quality assessment and physicochemical characteristics of bran enriched chapattis. *Hindawi Publishing Corporation International Journal of Food Science*; Volume Article ID 689729, 6 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2014/689729>.
- Deepa, J., Rajkumar, P. y Arumuganathan, Thangaraj. 2015. Quality analysis of copra dried at different drying air temperatures. *International Journal of Agricultural Science and Research (IJASR)*. 5. 1-6.
- Dendy, D.A.V y Dobraszczyk, B.J. 2004. Pan: un alimento único. *Cereales y Productos Derivados: Química y Tecnología*. S.A. ACRIBA. Zaragoza: 223-278
- Dendy, D.A.V y Dobraszczyk, B.J. 2004. Harinas compuestas y alternativas. *Cereales y Productos Derivados*. S.A. ACRIBA. Zaragoza: 323-338
- Eboh L., Nwajigwa, S.U. y Mepba, H.D. 2019. Chemical Composition, Functional and Baking Properties of Wheat-plantain Composite Flours. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development* 7(1): 152-160.
- European Union Food Safety Authority (EFSA). 2010. Panel sobre Productos Dietéticos, Nutrición y Alergias (NDA); Opinión Científica sobre los Valores Dietéticos de referencia para el agua. *Revista EFSA* 2010; 8(3):1459. [48 pp.]. doi:10.2903/j.efsa.2010.1459. Disponible en internet: www.efsa.europa.eu
- Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM)-2007-2019. Base 2008. Fecha de consulta: 15/04/19, URL: <https://www.inegi.org.mx/programas/emim/2007/#>.
- FAO. 1995. Coconut post-harvest operations. <http://www.fao.org/inpho/content/compend/text/ch15.htm>
- Fenemma, O. 2010. *Química de los Alimentos*. III. Acribia. Zaragoza.España. 1166 pag
- Friend, C.P., Serna-Saldivar, S.O., Waniska, R.D., Rooney, L.W., 1992. Increasing the fiber content of wheat tortillas. *Cereal Foods World* 37, 325–328.
- García-Jiménez, A. y Vázquez, Ch. L. 2016. Masa y harina de maíz nixtamalizado. *Investigación y desarrollo en ciencia y tecnología de alimentos*. Departamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, México. Vol 1 (2) 78-82.
- Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke, W. S., Courtin, C. M., Gebruers, K., Delcour, J. A. 2005. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends Food Sci Technol*, 16(1-3):12-30.
- González, V., Rodeiro, C., Sanmartín, C. y Vila, S. 2014. Introducción al análisis sensorial y el estudio hedónico del pan en el IES Mugaros. Obtenido de SGAPEIO: <http://www.seio.es/descargas/Incubadora2014/GaliciaBachillerato.pdf>
- Granados-Sánchez, D. y López-Ríos G. F. 2002. Manejo de la palma de coco (cocos nucifera l.) en México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 8, no. 1, pp. 39--48. Editorial Universidad Autónoma Chapingo.

- Guarte, R. C., Mühlbauer, W. y Kellertm M. 1996. Drying characteristics of copra and quality of copra and coconut oil. *Postharvest Biology and Technology* 9 (1996) 361-372.
- Gunathilake, K.D.P.P., Prasanna A., Kumara, A.A.N. y Yalegama, C. 2009. Use of coconut flour as a source of protein and dietary fibre in wheat bread. *As. J. Food Ag-Ind.* 2009, 2(03), 386-395.
- Gunathilake, K.D. y Abeyrathne, Y.M.R.K. 2007. Incorporation of coconut flour into wheat flour noodles and evaluation of its rheological, nutritional and sensory characteristics. *Journal of Food Processing and Preservation* 32: 133–142.
- Hess, D., Keller, H. E., Oberlin, B., Bonfanti, R. y Schuep, W. 1991. Simultaneous determination of retinol, tocopherols, carotenes and lycopene in plasma by means of high-performance liquid chromatography on reverse phase. *Int. J. Vitam. Nutr. Res.* 61:232-238.
- Hossain, S.M; Rezaul, M., *et al.*, 2016. Incorporation of coconut flour in plain cake and investigation of the effect of sugar and baking powder on Its baking quality. *International Journal of Nutrition and Food Sciences* 5(1): 31-38.
- IBISworld. 2013. Fecha de consulta: 10/04/19. URL: <https://www.ibisworld.com/industry-trends/market-research-reports/manufacturing/food/tortilla-production.html>
- Jean, Y., Liya, G., Yan, F. y Swee, N. 2009. The chemical composition and biological properties of coconut (*Cocos nucifera* L.) water. Switzerland. *J. Mol.* 14:5144-5164.
- Laborin-Escalante, F., Heredia-Sandoval N.G., Granados-Nevárez M.C; *et al.*, 2018. Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) con harinas de vaina de Mezquite (*Prosopis* spp.) para panificación. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 19 (2).
- Lai-Quoc, D. y VO-Thi, H. P. 2017. Functional properties and influence of coconut flour on texture of dough and cookies. *Vietnam Journal of Science and Technology*, 55 (5A): 100- 107.
- Lallemand Inc. 2015. Baking update. Flour tortilla Productionl. Volumen 2, No 4. Pág 1-2.
- León, A. E. y Rosell, C. 2007. De tales harinas, tales panes. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. Ed. Hugo Báez, Primera Ed. Cap. 1 30p. Córdoba, Argentina.
- Liu, T., Hou, G., Cardin, M., Marquart, L. y Dubat, A. 2016. Quality attributes of whole-wheat flour tortillas with sprouted whole-wheat flour substitution. *LWT - Food Science and Technology*. 77. 10.1016/j.lwt.2016.11.017.
- Lucas-Aguirre, J.C. 2018. Optimización del proceso de secado por aspersión para la obtención de polvo de coco (*cocos nucifera* l.) fortificado con compuestos fisiológicamente activos. Doctorado thesis, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.
- Luengwilai, K., Beckles, D., Pluemjit, O. y Siriphanich, J. 2014. Postharvest quality and storage life of ‘Makapuno’ coconut (*Cocos nucifera* L.). *Scientia Horticulturae* 175. 105–110. 10.1016/j.scienta.2014.06.005.
- Makinde, F. y Eytayo, A. 2019. The evaluation of nutritional composition and functional and pasting properties of wheat flour-coconut flour blends. *Croatian Journal of Food Science and Technology*.
- Manikandan, A., Meera, R. y Kannan, E. 2015. Formulation and storage stability of coconut flour and dietary fiber isolate. Department of Food and Nutrition, RVS college of Arts

- and Science, Coimbatore, Tamil Nadu, India. Vol 7.
- Mao, Y. y Flores, R. 2001. Mechanical starch damage effects on wheat flour tortilla texture. *Cereal Chem.* 78. 286-293. 10.1094/CCHEM.2001.78.3.286.
- Mitjans, D., Bravo, V. y Cárdenas, B. 2016. Caracterización de aceites de las semillas de *Moringa oleífera* a partir de la extracción por diferentes métodos. *Revista Colombiana de Biotecnología.* 18. 105. 10.15446/rev.colomb.biote.v18n2.54324.
- Moigradean, D., Poianam M.A. y Gogoasa, I. 2012. Quality characteristics and oxidative stability of coconut oil during storage. *Journal of Agro-alimentary Processes and Technologies;* 18 (4): 272- 276.
- Montemayor-Mora, G., Hernández-Reyes, K., Heredia, E., Pérez-Carrillo, E., Chew-Guevara, A., y Serna-Saldivar, S. 2018. Rheology, acceptability and texture of wheat flour tortillas supplemented with soybean residue. *Journal of Food Science and Technology.* 55. 1-9. 10.1007/s13197-018-3432-3.
- Narayanankutty, A., Illam, S. P. y Raghavamenon, A. C. 2018. Health impacts of different edible oils prepared from coconut (*Cocos nucifera*): A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology* 80: 1-7.
- Nilsson, F. 2018. Accelerated shelf life tests of wheat tortillas, a study of microbial and textural deterioration in wheat tortilla. Master's Thesis in Biotechnology. Department of Biology and Biological Engineering. Chalmers University of Technology. Gothenburg, Sweden.
- NMX-F-007-1982. Alimento para humanos. Harina de trigo. Foods for humans. Wheat flour. Normas mexicanas. Dirección General de Normas.
- Onibi, G.E., Scaife, J.R., Murray, I., Fowler, V.R., 1998. Use of atocopherol acetate to improve fresh pig meat quality of full-fat rapeseed fed pigs. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 75, 189 – 197.
- Pestaño, L. D. 2016. Mathematical modeling of the drying process of coconut meat. *Philippine Journal of Coconut Studies.* Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2018.
- Persley, G. J. 1992. Replanting the tree of life. Towards an International agenda for coconut palm research. C.A.B. International. 156 pp. World Bank, Washington D.C., USA.
- Prakruthi, A., Sunil, L., Prasanth-Kumar, P. K. y Gopala-Krishna, A.G. 2014. Composition of Coconut Testa, Coconut Kernel and its Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society.* 91. 917-924. 10.1007/s11746-014-2447-9.
- Prieto, W.H., Igti, A.M. y Nitz, M. 2011. Drying evaluation of green coconut pulp for obtaining a snack-like product. *Procedia Food Science* (1) 1618–1627.
- Quero, H. J. 1994. Flora de Veracruz. Fascículo No. 81 PALMAE. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz. 118 pp.
- Ramaswamy, L. 2014. Coconut flour-A low carbohydrate, gluten free flour, A review Article. *International Journal of Ayurvedic and Herbal Medicine* 4:1, 1426-1436.
- Reiko, O., Aya, T., Hideki, O., Masaharu, S. 2016. Measurement of water absorption in wheat flour by mixograph test, *Food Science and Technology Research*, Volume 22, Issue 6, Pages 841-846.
- Renzi, M., Righi F., Quarantelli C., Quarantelli A. y Bonomi A. (2010). Simplified HPLC-UV method for the determination of α -tocopherol in plasma. *Italian Journal of Animal Science.* 4. 10.4081/ijas.2005.191.
- Rigotti, A. Absorption, transport, and tissue delivery of vitamin. E. *Mol Aspects Med.*

2007;28(5-6):423-436. doi:10.1016/j.mam.2007.01.002

- Rizzello, C.G., Calasso, M., Campanella, D., De-Angelis, M. y Gobbetti, M. 2014. Uso de la fermentación de masa fermentada y la mezcla de trigo, garbanzo, lentejas y harinas de frijoles para mejorar las características nutricionales, de textura y sensoriales del pan blanco. *Revista Internacional de Microbiología de Alimentos*: 78-87.
- Robles-Sosa, S.D., Bautista-Peña, R.J y Fuentes-Dávila, G. 2005. Efecto de la molienda de trigo harinero (*Triticum aestivum L.*) y trigo duro (*Triticum durum Desf.*) sobre la germinación de teliospores *Tilletia indica* Mitra. *Revista Mexicana de Fitopatología* 23: 119-123.
- Rodríguez-Sandoval, E., Fernández-Quintero, A., Ayala-Aponte, A. 2005. Reología y textura de masas: aplicaciones en trigo y maíz. *Ingeniería e Investigación*, vol. 25, núm. 1, abril, pp. 72-78 Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia.
- Roopan, S.M. 2016. An overview of phytoconstituents, biotechnological, application and nutritive aspects of coconut (*Cocos nucifera*). *Applied Biochemistry Biotechnology*. doi:10.1007/s12010-016-2067-y.
- Ruiz-Mendoza, K. G. 2016. Estudio de la harina de coco (*coco nucifera l.*) y su aplicación en la pastelería y panadería. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química. Tesis de Licenciatura.
- Sánchez-Almaraz, R., Martín-Fuentes M., Palma-Milla S., López-Plaza B., Bermejo-López L.M. y Gómez-Candela C. 2015. Indicaciones de diferentes tipos de fibra en distintas patologías. *Nutr. Hosp.* [Internet]. 2015 June [cited 2020 Apr 15]; 31(6):2372-2383. Available from: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112015000600005&lng=en. <http://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.31.6.9023>.
- Seibel, W. 2006. Composite flours. In *Future of Flour: A Compendium of Flour Improvement*. Popper, L (ed). Verlag AgriMedia, pp. 193-198.
- Serna-Saldívar, S. R., 2003. Manufactura y control de calidad de productos basados en cereales. México. AGT. Mundi Prensa.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2018. Fecha de consulta: 13/04/19. URL: <https://www.gob.mx/siap/articulos/copra-pulpa-y-aceite-de-coco-altamente-valorados-por-su-aportacion-nutricional?idiom=es>
- Shakhawat, H., Mohammad-Rezaul, I.S., Saifullah, S.K., Samshad, W.T., Afzal, R., Shams, U.D. Incorporation of Coconut Flour in Plain Cake and Investigation of the Effect of Sugar and Baking Powder on Its Baking Quality. 2016. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*. Vol. 5, No. 1, pp. 31-38. doi: 10.11648/j.ijnfs.20160501.15
- Shimadzu. 2019. Tocopherol (Vitamin E) analysis in vaping E-Liquid by UHPLC-PDA. 7102 Riverwood Drive, Columbia, MD 21046, USA. Recuperado de <https://www.ssi.shimadzu.com/sites/ssi.shimadzu.com/files/Industry/Literature/hplc-030-Tocopherol-Analysis-in-Vaping-E-Liquid-by-UHPLC.pdf>
- Silvia-Flores, D.L. 2016. Desarrollo de una formulación de tortilla para tacos libre de gluten para celíacos utilizando harina de quínoa (*Chenopodium quinoa Willd*). Universidad de Chile. Memoria para optar al título de Ingeniera en Alimentos. Santiago, Chile.
- Siriwongwilaichat, P., Thongart, K. y Thaisakornphan, P. 2014. The effect of blanching on texture and color of frozen young coconut meat. *Food and Applied Bioscience Journal* 2014, 2 (2): 143-151.

- Slavin, J.L. Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber. *J Am Diet Assoc.* 2008; 108(10):1716-1731.
- Sujirtha, N. y Mahendran, T. 2015. Use of Defatted Coconut Flour as a Source of Protein and Dietary Fibre in Wheat Biscuits. *International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology (IJIRSET)*. 4.
- Solangi, A.H y Iqbal, M.Z. 2011. Chemical composition of meat (kernel) and nut water of major coconut (*Cocos nucifera*) cultivars at coastal area of Pakistan. *Pak J Bot* 43(1):357–363.
- Trinidad, T., Mallillin, A., Valdez, Di., Loyola, A., Askali-Mercado, F., Castillo, J., Encabo, R., Masa, D., Maglaya, A. y Chua, M. (2006). Dietary fiber from coconut flour: A functional food. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 7. 309-317. 10.1016/j.ifset.2004.04.003.
- Trinidad, T.P., Valdez, D.H., Loyola, A.S, *et al.* 2003. Glycaemic index of different coconut (*Cocos nucifera*)-flour products in normal and diabetic subjects. *Br J Nutr.* 90(3):551-556. doi:10.1079/bjn2003944
- Udana, H.P.K y Amarasinghe, A.D.U.S. 2016. Evaluation of single bed and multi bed dried copra on the quality of extracted coconut oil. *J.Natn.Sci.Foundation Sri Lanka* 44 (4): 359 – 365.
- United States Department of Agriculture; Agricultural Research Service. 2017. USDA Branded Food Products Database coconut flour.
- Vázquez, D. 2009. Aptitud industrial del trigo. Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología de INIA Andes 1365, Piso 12.
- Vásquez, F., Verdú, S., Islas, A., Barat, J. y Grau, R. 2016. Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de quinoa (*Chenopodium quinoa*) sobre las propiedades reológicas de la masa y texturales del pan. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*,17(2), pp.307-317.
- Vega-Ruiz, G. 2009. Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales. *Ciencia y Tecnología*. Incompleta.
- Walter, E.H.M., Nasamiento, M.S. y Kaye, A.Y. 2009. Efficacy of sodium hypochlorite and peracetic acid in sanitizing green coconuts. *Pub Med*.
- Wani, I. A., Sogi D. S., Sharma P. y Gill, B. S. 2016. Physicochemical and pasting properties of unleavened wheat flat bread (Chapatti) as affected by addition of pulse flour. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1).
- Waniska, R.D., Cepeda, M., Sullins, K.B., Adams, J.L., Rooney, L.W., *et al.* 2004. Effects of flour properties on tortilla qualities. *Cereal Foods World*. 49. 237-244.
- William, D. 2015. Sin trigo, gracias. Libro de recetas. Editor: Aguilar. 368p. España: Penguin Random House.
- Yadav, D.Y., Singh, K.K. y Rehal J. 2012. Studies on fortification of wheat flour with defatted rice bran for chapatti making. *Journal of Food Science and Technology*; 49(1): 96–102 DOI 10.1007/s13197-011-0264-9
- Zavaleta, C., Oropeza, C. y Cortazar, M. 2010. Agua de coco una alternativa para la salud. Comité Editorial del CIRSE. Campo Experimental Chetumal, Quintana Roo. Desplegable Informativa Núm. 1. Serie INIFAP.
- Zizumbo, V.D., Hernández F. y Harries H. 1993. Coconut varieties in Mexico. *Econ. Bot.* 47:

65-78.

Zheng, Y. J. y Li Y. 2018. Data on the effects of cellulase hydrolysis, acid treatment and particle size distribution on physicochemical and functional properties of coconut (*cocos nucifera* L) cake dietary fibres. Data in Brief 20: 521-524.