



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

TÍTULO:
OBTENCIÓN DE HARINA BAJA EN GLUTEN A PARTIR DE LA CASCARILLA DE
CACAO DE LAS VARIETADES CCN-51 Y NACIONAL

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN ALIMENTOS

AUTOR:
CARRASCO ANGEL OSCAR HOMERO

TUTOR:
MARTINEZ MORA EDISON OMAR

MACHALA - EL ORO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, CARRASCO ANGEL OSCAR HOMERO, con C.I. 0703883934, estudiante de la carrera de INGENIERÍA EN ALIMENTOS de la UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA, en calidad de Autor del siguiente trabajo de titulación OBTENCIÓN DE HARINA BAJA EN GLUTEN A PARTIR DE LA CASCARILLA DE CACAO DE LAS VARIETADES CCN-51 Y NACIONAL

- Declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional. En consecuencia, asumo la responsabilidad de la originalidad del mismo y el cuidado al remitirme a las fuentes bibliográficas respectivas para fundamentar el contenido expuesto, asumiendo la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera EXCLUSIVA.

- Cedo a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA de forma NO EXCLUSIVA con referencia a la obra en formato digital los derechos de:
 - a. Incorporar la mencionada obra al repositorio digital institucional para su democratización a nivel mundial, respetando lo establecido por la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0), la Ley de Propiedad Intelectual del Estado Ecuatoriano y el Reglamento Institucional.

 - b. Adecuarla a cualquier formato o tecnología de uso en internet, así como incorporar cualquier sistema de seguridad para documentos electrónicos, correspondiéndome como Autor(a) la responsabilidad de velar por dichas adaptaciones con la finalidad de que no se desnaturalice el contenido o sentido de la misma.

Machala, 09 de noviembre de 2015


CARRASCO ANGEL OSCAR HOMERO
C.I. 0703883934

OBTENCIÓN DE HARINA BAJA EN GLUTEN A PARTIR DE LA CASCARILLA DE
CACAO DE LAS VARIETADES CCN-51 Y NACIONAL



CARRASCO ANGEL OSCAR HOMERO
AUTOR(A)
C.I. 0703883934
oscarcarrasco.oca@gmail.com



MARTINEZ MORA EDISON OMAR
TUTOR
C.I. 0702585381
emartinez@utmachala.edu.ec

Machala, 09 de noviembre de 2015

CERTIFICAMOS

Declaramos que, el presente trabajo de titulación **OBTENCIÓN DE HARINA BAJA EN GLUTEN A PARTIR DE LA CASCARILLA DE CACAO DE LAS VARIEDADES CCN-51 Y NACIONAL** elaborado por el estudiante **CARRASCO ANGEL OSCAR HOMERO**, con C.I. 0703883934, ha sido leído minuciosamente cumpliendo con los requisitos estipulados por la Univerdad Técnica de Machala con fines de titulación. En consecuencia damos la calidad de **APROBADO** al presente trabajo, con la finalidad de que el Autor continúe con los respectivos tramites.

Especialistas principales



AYALA ARMIJOS JOSE HUMBERTO
C.I. 0704018803



GONZALEZ CARRASCO VICTOR HUGO
C.I. 0702323809



CEDEÑO SARES LUIS ALBERTO
C.I. 0703171314

Especialistas suplentes

ROMERO HIDALGO OSCAR MAURICIO
C.I. 0702603747

SIGUENZA TOLEDO JOAQUIN DARWIN
C.I. 0703447854

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen María, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por darme la salud para cumplir cada uno de mis objetivos, además de su infinita bondad y amor, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio y la vida.

Mis padres Sr. Homero Carrasco y Lic. Tanya Angel, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo. Todo este trabajo ha sido posible gracias a ustedes.

Mis abuelitos: Papito Oscar allá en el cielo y Mamita Gecci, por ser mis segundos padres de quienes aprendí valores, por quererme y apoyarme siempre, esto también se lo debo a ustedes. Mami Rosa por siempre inculcar la enseñanza del apego a la creencia y fé en Dios, siempre en mi corazón.

Mis hermanos, Psic. Rosa Noemí, Ing. Marcos Luis e Ing. Sonia Loreley, por estar conmigo, enseñarme y apoyarme siempre, los quiero mucho. A mi tía querida Rosa Lourdes por siempre estar pendiente de cada paso que damos, por disfrutar nuestros triunfos y hacernos fuertes en las derrotas.

Mis sobrinos, Cristopher Jesús y Dayanna Gabriela, por darme muchas alegrías y las fuerzas para continuar cuando las cosas se ponían cuesta arriba y también para que vean en mí un ejemplo a seguir.

Oscar Homero Carrasco Angel

AGRADECIMIENTO

Mi total gratitud a Dios y la Virgen por darme la salud y la perseverancia para permitirme llegar hasta este momento.

A mi Tutor Dr. Omar Martínez Mora, gracias por sus consejos, su apoyo, su paciencia, y su aporte científico para la realización de este trabajo.

A todos quienes conforman el Departamento de Nutrición, de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. Por el apoyo para la realización del presente trabajo de investigación.

A mi Directora de Carrera Ing. Lisbeth Matute Castro, un agradecimiento especial por la paciencia y apoyo incondicional.

A mis maestros, por compartir sus conocimientos y experiencias, de todos ellos aprendí lecciones para enfrentar la vida profesional.

A mi familia por su apoyo, sus consejos y ánimos para seguir luchando. Gracias a ustedes.

A mis amigos, por su apoyo incondicional dentro y fuera de la Universidad en especial a la Ing. Daniella Loayza e Ing. David Villaseñor por ser siempre incondicionales en las aulas, por darnos la mano cuando la necesitamos. Los quiero.

A todas las personas que han participado en mi formación, por sus enseñanzas, he podido dar un paso más en mi desarrollo profesional.

Oscar Homero Carrasco Angel

OBTENCIÓN DE HARINA BAJA EN GLUTEN A PARTIR DE LA CÁSCARILLA DE CACAO DE LAS VARIEDADES CCN-51 Y NACIONAL

Oscar Homero Carrasco Angel
Autor

Ph.D. Edison Omar Martínez Mora
Tutor

RESUMEN

A nivel mundial, la industria del cacao (*Theobroma cacao* L.) anualmente presenta grandes volúmenes de desperdicios, entre ellos se encuentra la cascarilla de cacao, la cual representa el 12 % del peso de la semilla de cacao. La presente investigación tuvo como objetivo: obtener y evaluar física, química y nutricionalmente la cascarilla de cacao proporcionada por la finca “La Negra Azucena” ubicada en el Sitio Chaguana, parroquia El Progreso, cantón Pasaje, seguidamente transformada en harina. Investigaciones previas atribuyen a la cascarilla de cacao capacidad antioxidante, formación de pectinas y gomas entre otras. La determinación de gluten en la cascarilla del cacao fue el principal objetivo. Sin embargo, luego de realizar el método NTE INEN 0529, los resultados indicaron la no presencia de esta proteína insoluble en las muestras estudiadas, de lo cual se podría inferir, su empleo en la dieta del sector vulnerable celiaco. Además, se cuantificaron fibra dietaria total (FDT), almidones digestibles y almidones no digestibles, con valores de 41,06; 99,47 y 0,53 %, respectivamente. Así mismo, resalta su bajo contenido de humedad y cenizas, empero un alto contenido de proteínas solubles. El proceso de obtención de la cascarilla y posteriormente en harina, fue a escala de laboratorio. Las muestras fueron analizadas en los laboratorios del Departamento de Nutrición de la Universidad del Estado de Hidalgo - México.

Palabras Claves: *Theobroma cacao* L., harina de cascarilla, gluten, almidones y fibra.

OBTAINING LOW IN GLUTEN FLOUR FROM THE HUSK OF THE VARIETIES OF COCOA CCN-51 AND NATIONAL

Oscar Homero Carrasco Angel
Author

Ph.D. Edison Omar Martínez Mora
Tutor

ABSTRACT

Globally, the cocoa (*Theobroma cacao* L.) annually presents large volumes of waste; including the husk is cocoa, which represents 12% of the weight of the cocoa seed. The present study aimed to: obtain and evaluate physical, chemical and nutritionally the husks of cocoa provided by the farm "La Negra Azucena" located on the Site Chaguana, parish El Progreso, Pasaje Canton, then transformed into flour. Previous research has attributed to cocoa husk antioxidant capacity, formation of pectins and gums among others. The determination of gluten in the cocoa husk was the main objective. However, after making the NTE INEN 0529 method, the results indicated no presence of insoluble protein in the samples studied, from which one might infer, their use in the diet of celiac vulnerable sector. In addition, total dietary fiber (TDF), digestible starch and non-starch digestible with values quantified 41.06; 99.47 and 0.53%, respectively. It also highlights the low moisture and ash content, yet but a high content of soluble proteins. The process of obtaining the husk and then flour was laboratory scale. Samples were analyzed in the laboratories of the Department of Nutrition at the University of the State of Hidalgo - Mexico.

Key words: *Theobroma cacao* L., husk flour, gluten, starch and fiber.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
ÍNDICE	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
INTRODUCCION	1
PROBLEMA CIENTÍFICO	2
HIPÓTESIS.....	3
OBJETIVOS.....	4
CAPÍTULO I	
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
1.1 El cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	5
1.1.1 Variedades de cacao en Ecuador	5
1.2 Producción de cacao a nivel Mundial.....	6
1.3 Producción de cacao en Ecuador	7
1.4 Cascarilla de cacao	8
1.5 La enfermedad celiaca	8
1.6 El gluten.....	9
1.7 Fibra dietaria	9
1.7.1 Fibra insoluble.....	10
1.7.2 Fibra soluble.....	10
1.8 Los almidones	10
1.8.1 Composición química de los almidones.....	11
1.8.2 Almidón digestible.....	12
1.8.3 Almidón no digestible	12
1.9 β -glucanos	13
CAPÍTULO II	
MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
2.1 Metodología.....	14

2.2 Caracterización físico-química.....	14
2.2.1 Humedad	14
2.2.2 Cenizas	14
2.2.3 Proteínas	15
2.2.4 Grasas	15
2.2.5 Contenido de fibra dietaria	15
2.2.6 Determinación de carbohidratos.....	15
2.2.7 Determinación de gluten	15
2.2.8 Contenido de β -glucano	15
2.2.9 Determinación del contenido de almidones digestibles y no digestibles	16
2.2.9.1 Forma microscópica del granulo de almidón.....	17
2.3 Materiales y equipos.....	18
2.3.1 Reactivos	18
CAPÍTULO III	
RESULTADOS Y DISCUSION	19
3.1 Diagrama de flujo tecnológico para la obtención de harina de cascarilla de cacao	19
3.1.2 Descripción de flujo tecnológico para la obtención de harina de cascarilla de cacao.	19
3.2 Composición físico-química de la harina de cascarilla de cacao	20
3.3 Determinación del contenido de gluten.....	20
3.4 Determinación del contenido de β -glucano	21
3.5 Determinación del contenido de almidones digestibles, no digestibles y totales.....	21
3.5.1 Forma microscópica del granulo de almidón.....	22
CAPÍTULO IV	
CONCLUSIONES	24
CAPITULO V	
RECOMENDACIONES	25
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
BIBLIOGRAFÍA	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de la composición proximal de la cascarilla de cacao	8
Tabla 2. Componentes de la fibra dietaria	10
Tabla 3. Composición proximal físico-química	20
Tabla 4. Contenido de gluten.....	20
Tabla 5. Contenido de β -glucano en harina de cascarilla de cacao	21
Tabla 6. Contenido de almidones digeribles y no digeribles.....	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de la semilla de cacao.....	5
Figura 2. Producción de cacao a nivel Mundial	7
Figura 3. Producción de cacao a nivel Nacional	7
Figura 4. Estructura química de la amilosa.....	11
Figura 5. Estructura química de la amilopectina	12
Figura 6. Estructura de β -glucanos de cereal y levadura	13
Figura 7. Microscopía electrónica de barrido (550 aproximaciones)	22
Figura 8. Microscopía electrónica de barrido (1000 aproximaciones)	22
Figura 9. Microscopía electrónica de barrido (2000 aproximaciones)	23

INTRODUCCION

□El *Theobroma cacao* L., es una sola especie, pero tiene variedades, con frutos y semillas diferentes. En la región mesoamericana se reconoce la existencia de tres variedades autóctonas: el cacao criollo, que ha sido cultivado en el sur de México, Centroamérica y norte de Suramérica desde hace más de 2000 años, el forastero silvestre, cultivado desde 1750 en la cuenca amazónica, y el cacao nacional de Ecuador que se cultiva desde 1600 □ (1).

□El comercio mundial de cacao en grano, es significativo ya que constituyen parte fundamental en la base de la economía nacional de la mayoría de los países productores □ (2). □El 95 % de la producción mundial anual es cacao al granel, el cual se produce en su mayor parte en el África, Asia y Brasil. El restante 5 %, corresponde a cacao fino o de aroma, cuyas características distintivas de aroma y sabor son buscadas principalmente por los fabricantes de chocolates de alta calidad □ (3).

□En el Ecuador existe un tipo de cacao único en el mundo conocido con el nombre de “Nacional”, el cacao nacional se caracteriza por tener una fermentación muy corta y dar un chocolate suave de buen sabor y aroma, por lo que es reconocido internacionalmente con la clasificación de “Cacao Fino de Aroma”. Según datos de la Organización Internacional de Cacao, en Ecuador la variedad de cacao nacional, “fino de aroma”, representa el 75 % de la producción, la diferencia corresponde a los ordinarios □ (1).

□En Ecuador se da lugar a una variedad conocida comúnmente como CCN-51 (Colección Castro Naranjal - 51), por el agrónomo Homero Castro Zurita quien después de varias investigaciones logró obtener en 1965 el tipo 51, tolerante a las enfermedades, y con una alta productividad y calidad, aunque es considerado como cacao ordinario □ (4).

□Expertos en la fabricación de productos a base de cacao, determinan que el rendimiento de 100kg de semillas de cacao es alrededor del 85 %, su valor restante es considerado desechos (cáscara, granza, triturado, maguey). De estos desechos solo la cascarilla de cacao corresponde al 12 % que se convierte en grandes volúmenes de desperdicios □ (5).

□La enfermedad Celiaca es una intolerancia permanente al gluten, proteína que podemos encontrar en cereales como la avena, la cebada, el trigo, el centeno y el *triticale*. Su consumo en personas con esta intolerancia produce una atrofia de la vellosidad intestinal impidiendo la correcta absorción de los nutrientes □ (6).

Ante esta situación y frente a los nuevos lineamientos de la Política Pública Nacional enfocada al Cambio de la Matriz Productiva se ha motivado el desarrollo de este estudio para aprovechar desechos agroindustriales a través de la reincorporación de la cascarilla de cacao a procesos industriales como la obtención de harina baja en gluten y rica en fibra dietaria, de este modo contribuir al aprovechamiento integral de la materia prima y atender a un sector vulnerable de la población ofreciéndoles alimentos para regímenes especiales en este caso productos bajos en gluten apto para celíacos.

PROBLEMA CIENTÍFICO

Desconocimiento del contenido de gluten, almidón digestible y no digestible; presentes en la harina de cascarilla de cacao, obtenida a partir de la mezcla de las variedades CCN-51 y Nacional.

HIPÓTESIS

Hipótesis Nula

H_0 La harina de cascarilla de cacao obtenida a partir de la mezcla de las variedades CCN-51 y Nacional NO contiene niveles altos de gluten.

Hipótesis Alternativa

H_1 La harina de cascarilla de cacao obtenida a partir de la mezcla de las variedades CCN-51 y Nacional SI contiene niveles altos de gluten.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Obtener harina baja en gluten a partir de las cascarilla de cacao de las variedades CCN-51 y Nacional.

Objetivos Específicos

1. Determinar el proceso tecnológico para la obtención de harina de cascarilla de cacao a escala de laboratorio.
2. Evaluar el contenido de gluten de la harina de la cascarilla de cacao obtenida de las variedades CCN-51 y Nacional.
3. Determinar el contenido de almidón digestible y no digestible; presentes en la harina de cascarilla de cacao, obtenida a partir de la mezcla de las variedades CCN-51 y Nacional.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 El cacao (*Theobroma cacao* L.)

□ El cacao (*Theobroma cacao* L.), es un pequeño árbol cuyos frutos crecen en el tronco y las ramas. Los frutos se derivan de la polinización de las flores agrupados en cojines florales □ (1).

□ El fruto es una baya denominada maraca o mazorca, pesa aproximadamente 450 g cuando madura (de 15 a 30 cm de largo por 7 a 12 cm de ancho). A pesar de que sus frutos maduran durante todo el año, normalmente se realizan dos cosechas: la principal (que empieza hacia el final de la estación lluviosa y continúa hasta el inicio de la estación seca) y la intermedia (al principio del siguiente periodo de lluvias), son necesarios de cinco a seis meses entre su fertilización y su recolección □ (7).

□ La mazorca tiene una corteza rugosa de casi 4 cm de espesor. Está rellena de una pulpa rosada viscosa, dulce y comestible, que encierra de 30 a 50 granos largos (blancos y carnosos) acomodados en filas en el enrejado que forma esa pulpa. Los granos o habas del cacao tienen la forma de las judías: dos partes y un germen rodeados de una envoltura rica en tanino □ (7).

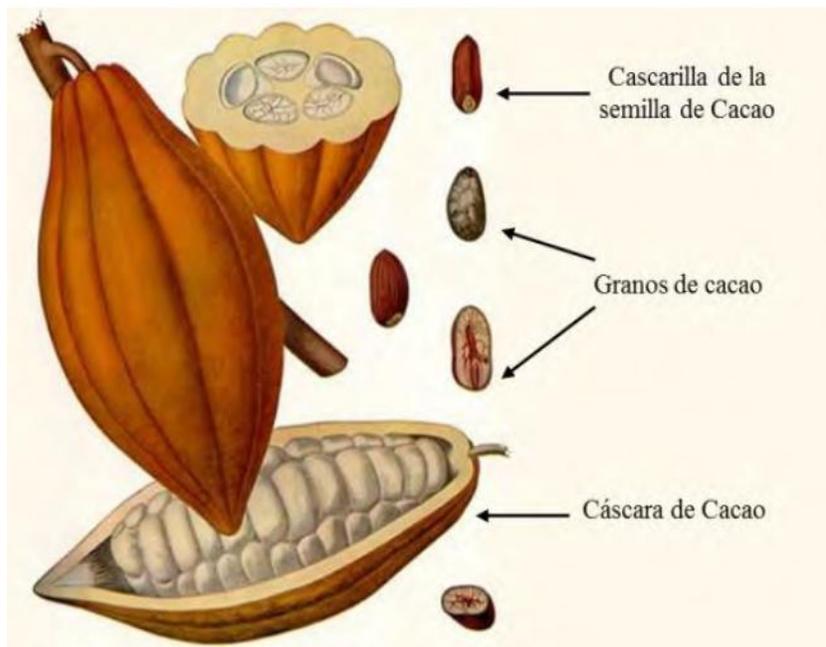


Figura 1. Partes del fruto de cacao
Fuente: Beckett, 2008

1.1.1 Variedades de cacao en Ecuador

El *Theobroma cacao* L., se clasifica por variedad genética, a nivel mundial se producen 3 especies originarias, pero sólo en Ecuador se produce una cuarta especie con características particulares.

- a. **El Criollo:** □Corresponde a una planta de poco vigor y bajo rendimiento, destacándose la alta calidad de sus semillas. Tienen mazorcas de tamaño mediano, alargadas con la punta aguda recta o curvada, con cáscara poca rugosa con 10 surcos. Se caracterizan por tener semillas grandes blancas o ligeramente pigmentadas, cilíndricas u ovals y aromáticas □ (1,7).
- b. **El Forastero:** □Se trata de un cacao normal, se caracterizan por tener mazorcas pequeñas, la punta es redondeada, la cáscara de la mazorca es lisa o ligeramente rugosa, delgadas, tienen 10 surcos superficiales, las semillas son pequeñas moradas, triangulares encorte transversal, aplastadas o achatadas. Se caracteriza por tener mayor tolerancia a las enfermedades con relación al criollo □ (7,1).
- c. **El Trinitario:** □Es un grupo complejo, una población híbrida que se origina en Trinidad, es más resistente y productivo que el cacao Criollo, producto de una mezcla de criollo con forastero, sus características son intermedias. Es posible encontrar mazorcas con la cáscara gruesa algo rugosa, 5 surcos marcados, la punta redondeada. Dentro de éste grupo se incluye el clon CCN-51 que es el resultado de un programa de cruzamiento entre materiales Forasteros Amazónicos con Trinitarios, llegando a obtener el CCN (Colección Castro Naranjal) un clon altamente productivo, con resistencia a enfermedades y con características físicas codiciadas □ (7,1).
- d. **El Nacional:** □Es una variedad producida exclusivamente en Ecuador. Las características morfológicas que presenta en el fruto son: color amarillo intenso, cáscara rugosa, surcos bien pronunciados, almendras de forma elíptica terminadas en punta pigmentaciones intensas color rosado en las flores, hojas lanceoladas. Para confirmar la hipótesis del cacao Nacional como un grupo diferente se realizaron estudios utilizando marcadores moleculares, con esto indican que en realidad son materiales diferentes de los cacaos Criollos y Forasteros, a pesar de su aparente similitud. Esta variedad, conocida también como cacao “arriba” es reconocida mundialmente por su aroma floral y por ser un cacao fino y de aroma. □ (8).

1.2 Producción de cacao a nivel Mundial

□Los tres mayores países productores representan, en conjunto, aproximadamente el 70,7 % de la producción mundial de cacao, compuesto por Costa de Marfil 39,8 %, Ghana 21,1 % e Indonesia 9,8 %. Indonesia sin embargo es ahora un importador neto de granos de África occidental debido a la creciente demanda de chocolate en el país. Otro 20 % es producido por los siguientes cuatro mayores productores: Brasil 4,8 %, Nigeria 5,5%, Camerún 4,6 % y Ecuador 4,7 %. Brasil, sin embargo, es ahora también un importador neto de granos de África occidental debido a su creciente demanda de chocolate en el país. Los otros contribuyentes relativamente poco significativos en el mercado mundial, a este momento son Perú, Colombia, México, República Dominicana y Papúa Nueva Guinea □ (9).

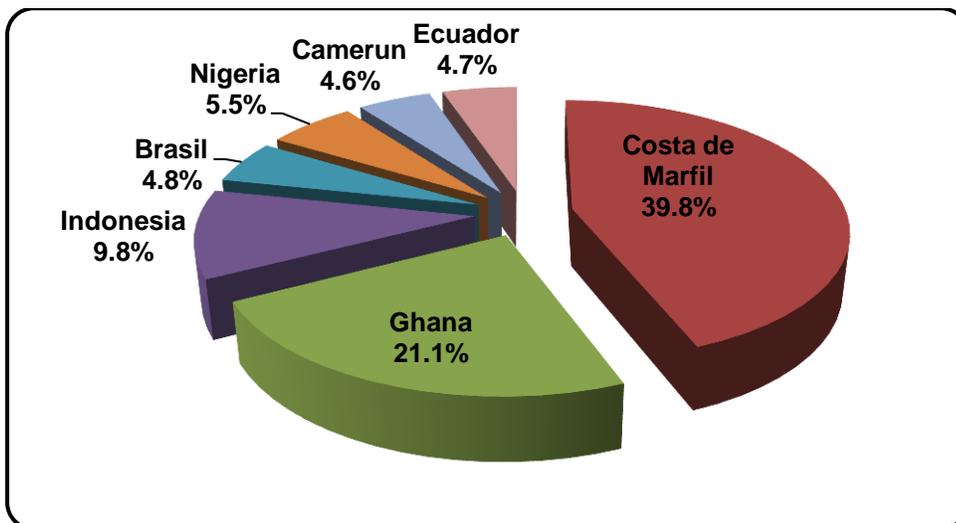


Figura 2. Producción de cacao a nivel Mundial
Fuente: PROECUADOR 2013

1.3 Producción de cacao en Ecuador

□ En Ecuador la producción de cacao es liderada por la región Costa, que representa aproximadamente el 84 %, mientras que la región Sierra el 8 % y el otro 8% por la región Oriental □ (1).

□ Hoy en día la mayor parte del cacao ecuatoriano corresponde a una mezcla del cacao Nacional y Trinitario y Forastero, la cantidad de cacao tipo Nacional puro es cada día menor y puede desaparecer poco a poco debido a que las plantaciones existentes son muy viejas, poco productivas y los agricultores podrían preferir producir otros cultivos más remunerativos. El cacao es conocido en el Ecuador como la “pepa de oro”, que dominó por varios siglos la generación de divisas para el país, antes del boom petróleo, dando lugar al apareamiento de los primeros capitales y desarrollando sectores importantes como la banca industria, el comercio □ (3).

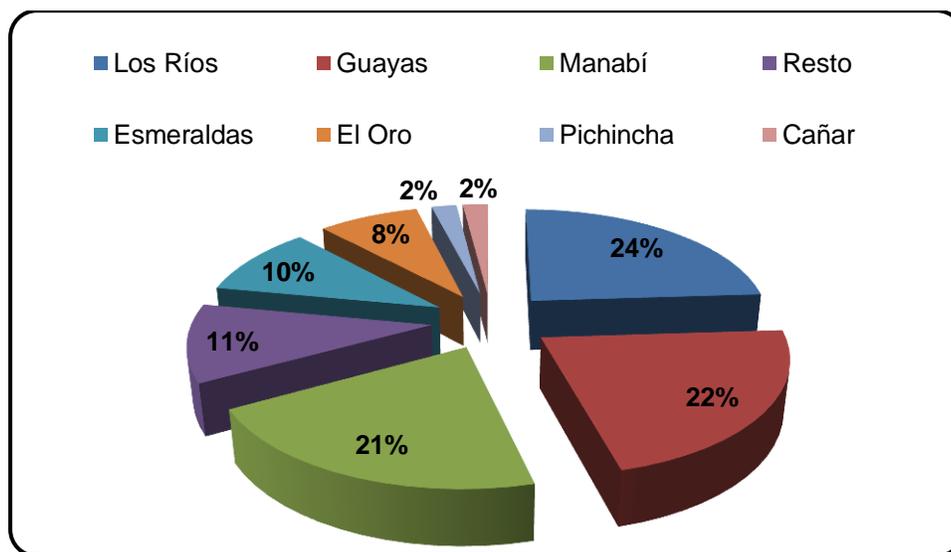


Figura 3. Producción de cacao a nivel Nacional
Fuente: III Censo Nacional Agropecuario

1.4 Cascarilla de cacao

□ El cacao en grano se obtiene a partir de las mazorcas de cacao. Para llegar a obtener productos intermedios (licor, manteca, torta y polvo de cacao) así como también el producto final (chocolate), el grano de cacao es secado, fermentado y sometido al proceso de tostado, obteniendo como residuo de este proceso la cascarilla de cacao □ (10).

□ Luego del descascarillado de la semilla de cacao se obtiene la cascarilla, la cual representa un 12 % en peso de la semilla. Esta cascarilla tiene características de un material fibroso, seco, crujiente, de color marrón y con un olor similar al del chocolate □ (11).

□ Este desecho agroindustrial nutricionalmente aporta como todo alimento con macronutrientes (proteínas, carbohidratos, lípidos) y micronutrientes (vitaminas y minerales), se considera como una fuente baja de energía debido a que presenta niveles de energía bajos □ (10). Los valores de la composición proximal de la cascarilla se detallan a continuación se encuentran expresados en base seca:

Tabla 1. Valores de la composición proximal de la cascarilla de cacao

COMPOSICIÓN PROXIMAL	VALOR %
HUMEDAD	5,4 - 15,3
PROTEINA CRUDA*	6,3 - 10,4
FIBRA CRUDA*	23,4 36,2
COMPONENTES DEL EXTRACTO DE ETER*	0,5 - 2,4
EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO*	31,8 - 61,4
CENIZAS*	6,0 - 10,8

Fuente: EFSA, 2008

□ Los vegetales están compuestos por células vegetales, a diferencia de las células animales, están rodeadas por pared celular fina mecánicamente fuerte, también contienen proteínas estructurales, enzimas, polímeros fenólicos y otros materiales que modifican las características físicas y químicas de la pared. Las paredes celulares, se clasifican habitualmente en dos tipos: Paredes primarias son formadas por las células en crecimiento, y secundarias no la presentan todas las células vegetales y, en la que existe, aparece siempre después de la pared celular primaria proporcionándole sostén, rigidez, y fuerza a la planta □ (12).

1.5 La enfermedad celiaca

□ La enfermedad celiaca (EC) es la causa más común de intolerancia alimentaria, es una patología crónica del intestino delgado de tipo autoinmune, que se desarrolla en personas genéticamente susceptibles, desencadenada por la ingesta de proteínas de gluten. Puede generar síntomas de mal absorción debido al aplanamiento de las vellosidades en el intestino delgado, especialmente a nivel del duodeno. El diagnóstico de EC se realiza mediante la combinación de los hallazgos histológicos en la biopsia duodenal y las pruebas serológicas en pacientes que pueden presentar o no síntomas gastrointestinales.

Las manifestaciones de la EC son variables e inespecíficas. Se puede presentar con síntomas clásicos como diarrea crónica, dolor abdominal o baja ponderal, los cuales son característicos de un cuadro de mal absorción. Pero también puede ser un hallazgo durante el estudio de pacientes con alteraciones de transaminasas o con problemas asociados a la mal absorción generada por la EC como son la anemia ferropénica, deficiencias vitamínicas, osteoporosis o síntomas neurológicos □ (13).

□La EC no tiene ningún tratamiento farmacológico, el único tratamiento disponible es la dieta libre de gluten (DLG), con la cual la mayoría de pacientes presenta mejoría de los síntomas, negativización de las pruebas serológicas y normalización del epitelio duodenal. Sin embargo, es difícil lograr una DLG permanente, habiendo además EC refractaria a la DLG □ (13).

1.6 El gluten

□El gluten es una proteína de bajo valor nutritivo, el gluten de trigo está formado por las proteínas llamadas gluteninas y gliadinas (90 %), lípidos (8 %) y carbohidratos (2 %), cuyo uso se masificó debido a su capacidad de retener aire en la matriz proteica facilitando que la masa se adhiera mejor. Las gluteninas le aportan elasticidad a la masa de pan, de modo que cuando se estira tiende a recuperar su forma original. Las gliadinas se estabilizan por enlaces disulfurointramoleculares y le proporcionan pegajosidad a la masa, al mismo tiempo que son responsables de su extensibilidad, es decir, que se extiende sin llegar a romperse, la introducción de granos que contenían gluten se dio hace más de 10 000 años representó un desafío evolutivo que creó las condiciones necesarias para el desarrollo de las enfermedades relacionadas con la exposición al gluten, dentro de ellas la enfermedad celíaca. La fracción soluble en alcohol del gluten denominada gliadina, contiene la mayor parte de los componentes tóxicos para los celíacos; son ricas en glutamina y prolina, cuya digestión en el tracto gastrointestinal es más difícil que el de otros péptidos, se ha demostrado que después de digerir gliadina *in vitro* existen regiones sin digerir, produciéndose un péptido de α -gliadina compuesto por 33 aminoácidos (33-mer), resistente a proteasas gástricas, pancreáticas y del borde en cepillos del intestino humano. La vida media del péptido 33-mer es mayor a 20 horas, por lo que se especula que tendría amplia oportunidad para actuar como antígeno y estimular la proliferación de células T, induciendo fenómenos de toxicidad en los individuos genéticamente susceptibles □ (14,15,16).

1.7 Fibra dietaria

□La fibra dietaria se reconoce hoy, como un elemento importante para la nutrición sana, este término se usó especialmente en nutrición animal y en análisis de alimentos para humanos. Es la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso. El principal componente de la fibra es la celulosa (90 %), hemicelulosas y lignina. Estos componentes, conforman en su mayoría la fracción insoluble de la fibra, promueven efectos beneficiosos fisiológicos como el laxante, reduce los niveles de colesterol en sangre y atenúa la glucosa en sangre □ (17,18).

□Las gomas y mucílagos, así como celulosa, hemicelulosa y lignina, compuestos que forman las membranas de las frutas, vegetales y granos son aquellos componentes

resistentes a la digestión. Existen fragmentos de almidón que permanecen sin digerir, son disponibles comercialmente bajo el nombre de almidones resistentes, siendo estos almidones usados en productos horneados, el contenido de fibra dietaria aumenta sin afectar su sabor y apariencia. La fibra se compone de diferentes tipos de polímeros, fundamentalmente polisacáridos, estos están constituidos por más de 10 monosacáridos, unidos por distintos enlaces glucosídicos. Se encuentran como cadenas lineales, o bien ramificadas, que pueden estar integradas por homopolisacáridos, los cuales están formados por un solo tipo de monosacáridos y los heteropolisacáridos que están formados por dos o más monosacáridos □ (19,20).

□ Los componentes de la fibra dietaria total, por sus propiedades físicas, se clasifican en insolubles y solubles □ (20).

1.7.1 Fibra insoluble: □ Se encuentra constituida por celulosa, la hemicelulosa insoluble y lignina, que se encuentran en las envolturas de los granos y proporcionan estructura a las células de la plantas; se localizan en todos los tipos de material vegetal □ (20).

1.7.2 Fibra soluble: □ Entre los componentes solubles se encuentran las pectinas, gomas (β -glucanos y pentosanos), mucílagos y algunas hemicelulosas; este tipo de fibra se halla en las paredes celulares □ (20).

□ Los múltiples beneficios para la salud asociado al consumo de alimentos ricos en fibras han llevado a recomendar un aporte diario de 25 – 30 g para el adulto, 75 % soluble y 25 % insoluble. En el niño a partir de los dos años se aconseja un aporte de 5 g/día, incrementando en 1 g cada año hasta alcanzar los aportes recomendados para el adulto □ (21).

Tabla 2. Componentes de la fibra dietaria



Fuente: Indualimentos, 2011

1.8 Los almidones

□ Los carbohidratos tienen gran relevancia nutricional, por la importancia de la fibra en la salud y porque la digestibilidad del almidón es diferente en una amplia gama de alimentos.

Aunque el contenido de almidón varía según la fuente de obtención, la más importante son los cereales (maíz, arroz, trigo) con un contenido aproximado de 30 – 80 %, en leguminosas (frijol, chícharo, haba) un 25 – 50 % y en tubérculos (papa, tapioca, yuca,) representa un 60 – 90 % de la materia seca. El almidón, es el carbohidrato dominante en la dieta humana, constituye una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos. Los almidones nativos se utilizan porque regulan y estabilizan la textura y por sus propiedades espesantes y gelificantes, la estructura puede ser menos eficiente debido a que las condiciones del proceso reducen su uso en otras aplicaciones industriales, debido a la baja resistencia a esfuerzos de corte, descomposición térmica, alto nivel de retrogradación y sinéresis. El almidón se conforma de las fracciones de amilosa y amilopectina □ (22,23,24,25).

1.8.1 Composición química de los almidones

□ El almidón es un polisacárido semicristalino compuesto por D-glucopiranosas unidas entre sí mediante enlaces glucosídicos, está formado por dos polímeros de diferente estructura (amilosa y amilopectina), los cuales se diferencian por las uniones que presentan dentro del gránulo de almidón y que además representan cerca del 98 – 99 % del peso en seco □ (23).

1.8.1.1 Amilosa

□ Es un polímero lineal formado por D-glucopiranosas que se encuentran unidas entre sí por enlaces α -(1-4) que representan un 99 % de su estructura; también se ha comprobado la presencia de ciertas ramificaciones unidas por enlaces α -(1-6). La mayoría de los almidones contienen entre el 17 – 24 %, pero por su contenido de amilosa se los puede clasificar en grupos, como por ejemplo los almidones cerosos que tienen muy poca cantidad de amilosa 1 – 2 %. Tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la que cada vuelta de hélice consta de seis moléculas de glucosa. El interior de la hélice contiene sólo átomos de hidrógeno, y es por tanto lipofílico, mientras que los grupos hidroxilo están situados en el exterior de la hélice □ (23).

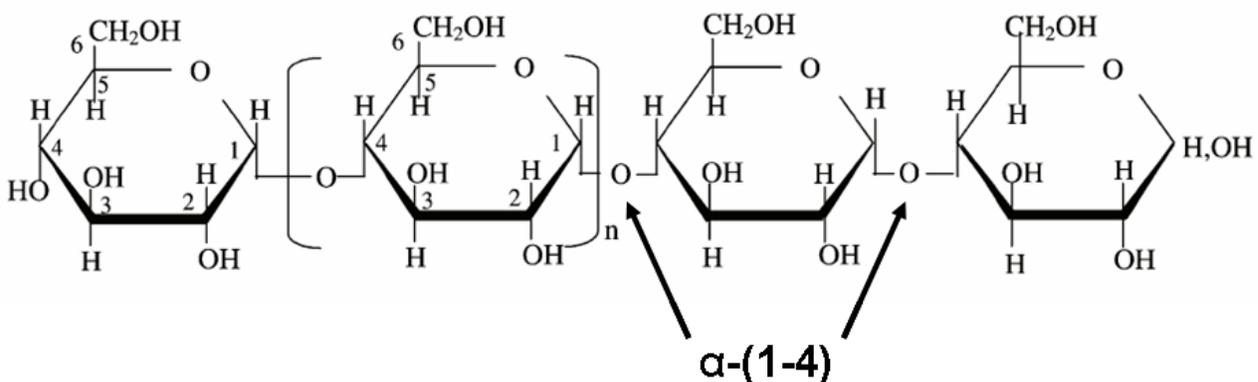


Figura 4. Estructura química de la amilosa
Fuente: Tester y Karkalas, 2002

1.8.1.2 Amilopectina

□ Es un polímero semicristalino y altamente ramificado, unidas mediante enlaces α -(1-4) que representan un 92 – 96 %; con puntos de ramificación unidos mediante enlaces α -(1-

6) que representan un 5 – 6 % de su estructura. Dependiendo de la fuente botánica, la amilopectina es el principal componente en la mayoría de los almidones (70 – 80 %), alcanzando en ciertos casos, niveles de hasta 98 – 99 % en los almidones tipo cerosos (23).

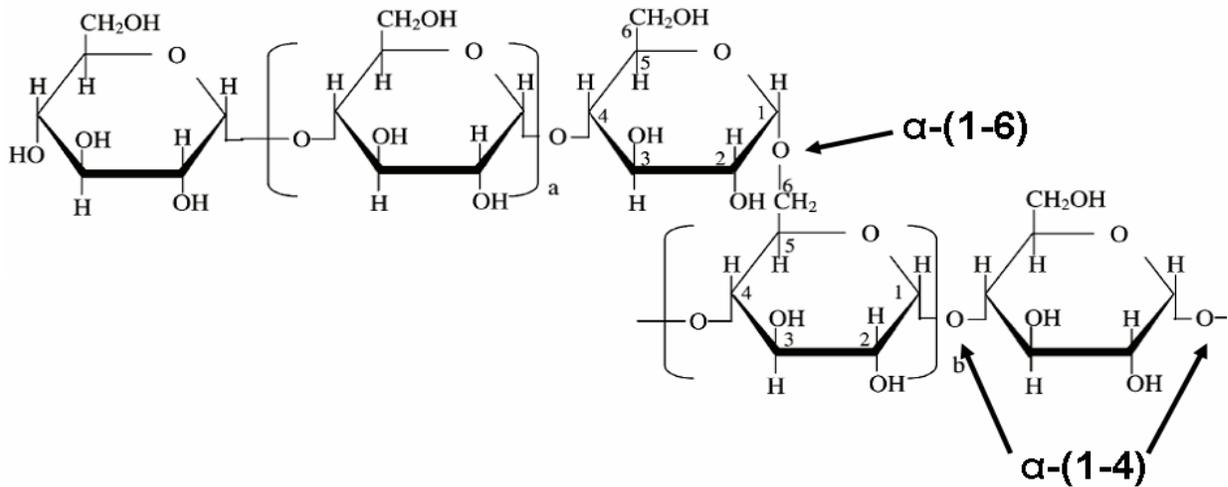


Figura 5. Estructura química de la amilopectina
Fuente: Tester y Karkalas, 2002

1.8.2 Almidón digestible

El almidón es la forma principal de la dieta de carbohidratos digestibles. El proceso de la digestión implica la ruptura de una molécula compleja en una forma más simple que el cuerpo pueda utilizar. Una vez que la molécula de almidón se descompone, el intestino delgado la transfiere hacia el torrente sanguíneo, donde es transportada a las células que la necesitan. La digestión del almidón es un proceso de múltiples pasos que comienza en la boca. Las glándulas salivales segregan una enzima conocida como "amilasa salival". Esta enzima comienza la descomposición de los almidones. La amilasa salival al llegar al estómago, es inactivada por las condiciones ácidas que éste presenta. Al pasar el almidón y sus productos de hidrólisis al intestino delgado, se inicia la actividad de la amilasa pancreática (sintetizada en el páncreas), para luego desembocar en el duodeno, continuando la hidrólisis de los enlaces α -(1-4) del almidón, por la presencia de la alfa – amilasa pancreática. Los productos de la acción de la amilasa salival y amilasas pancreáticas se difunden del lumen hacia el borde de cepillo del intestino delgado, actuando sobre ellos las enzimas di y oligosacáridos, los complejos de sacarasa – isomaltasa y las glucoamilasas. Como resultado de la hidrólisis, se obtiene glucosa, la cual es absorbida y transportada al torrente sanguíneo vía vena hacia el hígado (26).

1.8.3 Almidón no digestible

A nivel nutricional el almidón es una fuente de carbohidratos de alto valor energético, sin embargo, una parte del almidón ingerido es resistente a la digestión, por lo que se conoce como almidón no digestible (AND), se le ha relacionado con la reducción en el consumo de calorías y el índice glicémico, estimulación de la microflora intestinal benéfica y prevención de algunas enfermedades cardiovasculares. El AND se encuentra de forma natural en frutas, leguminosas y tubérculos. En su estado natural, el almidón está

organizado en partículas conocidas como gránulos cuya composición química y estructura son características de cada especie; entre las propiedades con mayor influencia en la presencia de AND: los gránulos de almidón se encuentra el tamaño, forma del gránulo y cantidad de amilosa. El almidón es una mezcla de amilosa y amilopectina, cuya proporción determina sus propiedades fisicoquímicas, como la formación de AND por retrogradación (27,28).

1.9 β -glucanos

Los β -glucanos son homopolisacáridos lineales de glucosa unidos a través de enlaces β -(1-3) y β -(1-4) y que pueden presentar ramificaciones. No son digeribles en el intestino delgado del ser humano debido a que no existen enzimas pancreáticas o intestinales capaces de degradarlas, por lo cual son clasificados como fibra dietaria soluble. Los β -glucanos son polímeros de glucosa de elevado peso molecular que se encuentran en forma natural en la pared celular de diversos organismos vivos como bacterias, levaduras, hongos y plantas (cereales como avena y cebada). Antecedentes científicos sugieren que, dependiendo de su estructura fisicoquímica y de su origen, su consumo se asociaría a efectos beneficiosos para la salud del ser humano como la disminución de la concentración plasmática de colesterol total y la reducción del índice glicémico de los alimentos que lo incluyen (29).

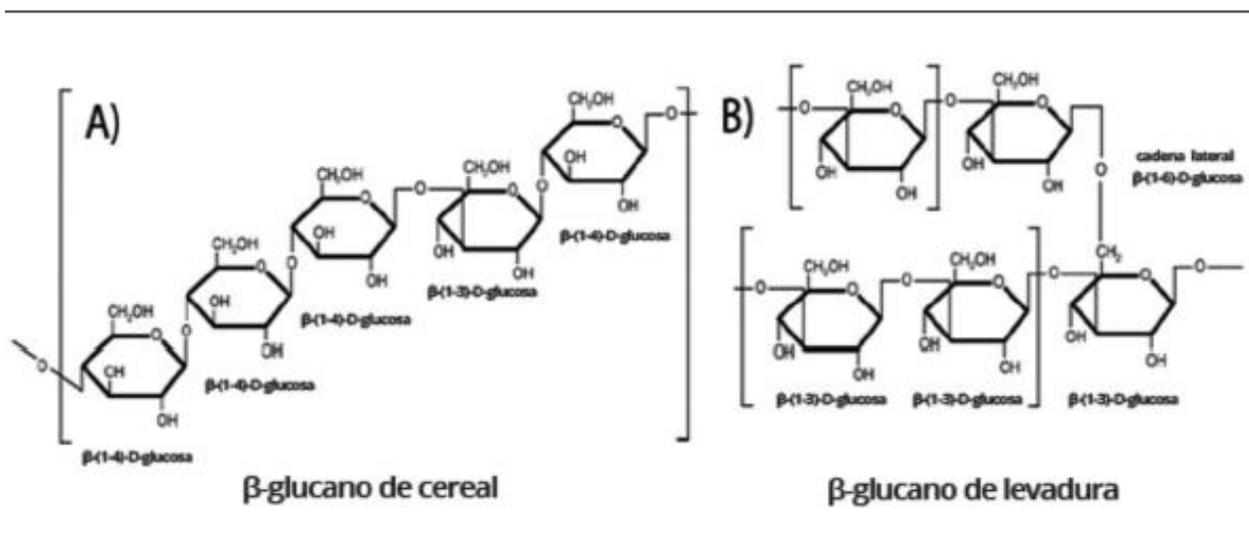


Figura 6. Estructura de β -glucanos de cereal y levadura
Fuente: *Physiol Behav.* 2008

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Metodología

Se desarrolló una investigación descriptiva. Se empezó con el proceso tecnológico para la obtención de harina de cascarilla de cacao de las variedades CCN – 51 y Nacional, a la que se le determinó la cantidad de gluten y almidones, mediante la evaluación físico-química (métodos AOAC 1990) y la norma NTE - INEN 0529.

Para la caracterización de la materia prima, se utilizó una muestra escogida de un pull de cascarilla de cacao, suministrada por la Finca “La Negra Azucena” ubicada en el Sitio Chaguana, Parroquia El Progreso, Cantón Pasaje.

2.2 Caracterización físico-química

La parte experimental de la presente investigación se la realizó en los laboratorios del departamento de Nutrición de la Universidad del Estado de Hidalgo – México. Se realizó las determinaciones mediante los métodos oficiales AOAC 1990.

2.2.1 Humedad

Para la determinación de humedad en la harina de la cascarilla de cacao se utilizó el método 925.09 (AOAC, 1990), se colocó la muestra durante 4 horas en una estufa a 105°C hasta peso constante.

Fórmula para el cálculo de humedad:

$$\%Humedad = \frac{(P1 - P2)}{m} \times 100$$

Dónde:

- **P1** = Peso de la placa más muestra
- **P2** = Peso de la placa más muestra seca
- **m** = Peso de la muestra.

2.2.2 Cenizas

Se utilizó el método 923.03 (AOAC, 1990) calcinando la muestra en una mufla a 550 °C, se calculó como peso constante luego de 6 horas.

Fórmula para el cálculo de cenizas:

$$\%Cenizas = \frac{(P1 - P0)}{P} \times 100 \times \frac{85}{100 - H}$$

Dónde:

- **P1** = Peso del crisol más las cenizas
- **P2**= Peso del crisol
- **P**= Peso inicial de la porción de muestra
- **H**= Humedad de la muestra (%)

2.2.3 Proteínas

El contenido de proteínas en la harina de cascarilla de cacao se lo realizó mediante el equipo Kjeldah por el método 954.01 (AOAC, 1990) utilizando el factor 6,25.

2.2.4 Grasas

Se utilizó para la extracción con el procedimiento de Soxhlet, método 920.39 (AOAC, 1990). Para extraer la grasa se utilizó un solvente orgánico (éter de petróleo), durante aproximadamente 5 horas, luego se retiró la muestra del equipo, y se introdujo el balón en la estufa con el fin de eliminar el exceso de solvente.

2.2.5 Contenido de fibra dietaria

Se lo obtiene por el método enzimático-gravimétrico 985.29 (AOAC, 1990). Las muestras desengrasadas, se gelatiniza con α -amilasa térmicamente estable y luego digerida enzimáticamente con proteasa y amiloglucosidasa para remover la proteína y el almidón. La fibra es precipitada por la adición de etanol, el residuo total se filtra, se lava, se seca y se pesa.

2.2.6 Determinación de carbohidratos

Se realizó el cálculo por diferencia porcentual, se sumaron todos los constituyentes del análisis proximal y se realizó la resta de 100.

2.2.7 Determinación de gluten

Mediante la normativa NTE INEN 0529, 1981. Se realizó la determinación por medio de gluten húmedo para el cual se preparó una masa con solución de cloruro de sodio, intentando aislar el gluten de la masa mediante lavado salino y agua, intentando formar una masa para luego filtrar en papel filtro y realizar el pesado.

2.2.8 Contenido de β -glucano

La determinación de β -glucano se la realizó por el método enzimático-espectrométrico que se fundamenta en (1-3)(1-6)- β -D-glucano, (1-3)(1-4)- β -D-glucano y (1-3)- β -D-glucanos son disolución/hidratado en hidróxido de potasio con agitación y la solución es posteriormente ajustada a pH 4.0-4.5 con buffer 7 de acetato de sodio de 1,2 M la mezcla es incubada con mezcla de enzimas Gluczyme™ (β -glucanasas, β -glucosidasa y chitinase) de 16 h a 40°C. Después de dilución y centrifugación, se extrae una alícuota para determinación de D-glucosa con el reactivo de glucosa oxidasa/peroxidasa GOPOD.

Fórmula para el cálculo de β -glucano

$$\beta - glucano \ \% \frac{w}{w} = \Delta ExFx \frac{12.04}{0.1} \times \frac{100}{W} \times \frac{1}{1000} \times \frac{162}{180}$$

$$\beta - \text{glucano } \% \frac{w}{w} = \Delta E x \frac{F}{W} x 10.836$$

Dónde:

- **ΔE**= Absorbancia leer contra el blanco del reactivo.
- **F**= Conversión de absorbancia a μg (150 μg de D-glucosa) estándar dividida por la absorbancia GOPOD de este 150 μg).
- **12.04/0.1**= Corrección de volumen (0,1 ml de 12,04 ml).
- **1/1000**= Conversión de μg a mg.
- **W**= Peso de la muestra analizada en mg.
- **100/W**= Factor β-glucano de presentar como un porcentaje del peso de la muestra.
- **162/180**= Factor de conversión de D-glucosa libre a anhydro-DGlucosa como ocurre en β-glucano.

2.2.9 Determinación del contenido de almidones digeribles y no digeribles

Se la realizó por el método enzimático-gravimétrico, las muestras se incubaron en baño de agua sacudiendo con α-amilasa pancreática y amiloglucosidasa por 16 horas a 37°C, durante el cual el almidón no digerible es solubilizado e hidrolizado a D-glucosa por la acción combinada de las dos enzimas. La reacción es terminada por la adición de etanol (etanol desnaturalizado) y el almidón no digerible se recupera como en el residuo de centrifugación. Después esto se lava dos veces con etanol (50% v/v), seguido de centrifugación. Se extrae líquido libre por decantación. El almidón no digerible en el residuo precipitado se disuelven en 2 M Hidróxido de potasio agitando en un baño de agua helada sobre un agitador magnético. Esta solución se neutraliza con tampón de acetato y el almidón se hidroliza cuantitativamente a glucosa con amiglucosidasa. La D-glucosa se mide con el reactivo de glucosa oxidasa/peroxidasa GOPOD, y esta es una medida de contenido de almidón no digerible en la muestra.

El almidón digerible (almidón solubilizado) se determina por juntar el sobrenadante original y los lavados, ajustando el volumen a 100 ml y midiendo el contenido de D-glucosa con GOPOD.

Fórmula para la determinación de almidones no digeribles:

$$AR (g/100g \text{ muestra}) = \Delta E x F x \frac{10.3}{0.1} x \frac{1}{1000} x \frac{100}{W} x \frac{162}{180}$$

$$AR = \Delta E x \frac{F}{W} x 9.27$$

Dónde:

- **ΔE**= Absorbancia leer contra el blanco del reactivo.

- **F**= Conversión de absorbancia a μg (150 μg de D-glucosa) estándar dividida por la absorbancia GOPOD de este 150 μg .
- **10.3/0.1**= Corrección de volumen.
- **1/1000**= Conversión de μg a mg.
- **W**= Peso de la muestra analizada en mg.
- **100/W**= Factor β -glucano de presentar como un porcentaje del peso de la muestra.
- **162/180**= Factor de conversión de D-glucosa libre a anhydro-DGlucosa como ocurre en β -glucano.

Fórmula para la determinación de almidones digestibles:

$$ANR (g/100g \text{ muestra}) = \Delta E x F x \frac{100}{0.1} x \frac{1}{1000} x \frac{100}{W} x \frac{162}{180}$$

$$ANR = \Delta E x \frac{F}{W} x 90$$

Dónde:

- **ΔE** = Absorbancia leer contra el blanco del reactivo.
- **F**= Conversión de absorbancia a μg (150 μg de D-glucosa) estándar dividida por la absorbancia GOPOD de este 150 μg .
- **100/0.1**= Corrección de volumen.
- **1/1000**= Conversión de μg a mg.
- **W**= Peso de la muestra analizada en mg.
- **100/W**= Factor β -glucano de presentar como un porcentaje del peso de la muestra.
- **162/180**= Factor de conversión de D-glucosa libre a anhydro-DGlucosa como ocurre en β -glucano

Cálculo de Almidón Total:

$$AT = AD + AND$$

Dónde:

- **AT**= Almidón total
- **AD**= Almidón digestible
- **AND**= Almidón no digestible

2.2.9.1 Forma microscópica del granulo de almidón

Se utilizó un microscopio electrónico de barrido de alto vacío, marca JEOL modelo SSM 6300 con alcance de 300,000 magnificaciones, spot 5.20 10^{-2} a 10^{-5} amp., resolución de 30 Kv, equipo con un detector de energía dispersiva de rayos (X) (EDS) marca NORAN perteneciente a la Universidad Autónoma de Hidalgo - México. Las muestras de almidón de la harina de cáscara de cacao fueron colocadas sobre una cinta adhesiva de grafito, posteriormente fueron recubiertas con una capa delgada de oro (0.5 mm) para mejorar la conductividad y obtener mejor resolución.

2.3 Materiales y equipos

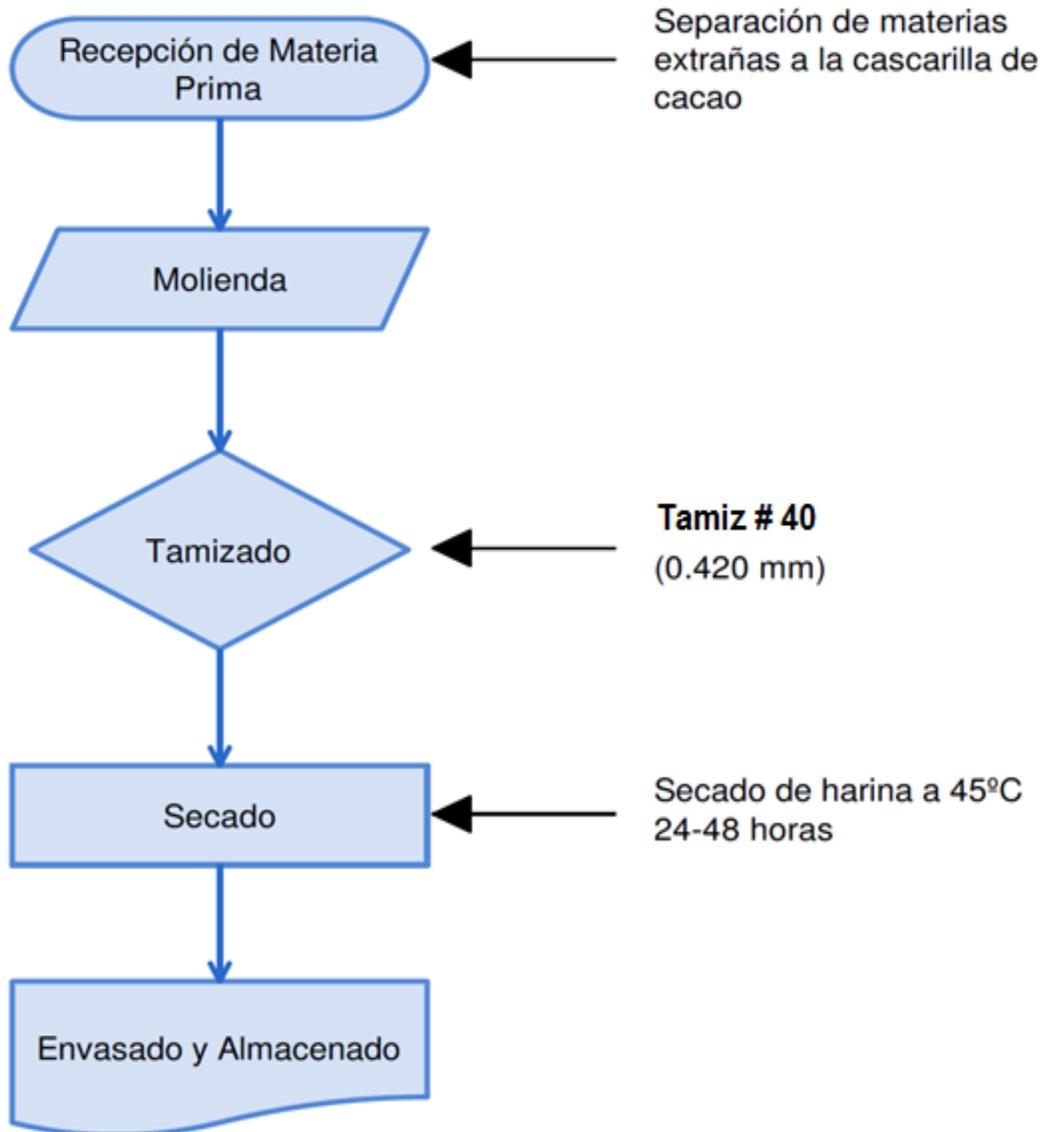
- Balanza analítica
- Triturador de alimentos
- Zaranda mecánica RX-29-10
- Baños termostáticos
- Bomba de vacío
- Crisoles
- Estufa de vacío
- Mufla
- Potenciómetro
- Vórtex
- Agitador magnético
- Capuchones de celulosa
- Soxhlet
- Kjendal.
- Microscopio electrónico de barrido

2.3.1 Reactivos

- Etanol al 95 % y 78 %
- Acetona
- Tampón fosfato 0,08 M
- α - amilasa termoestable
- Proteasa
- Amiloglucosidasa
- Hidróxido de sodio 0,275 N
- Ácido clorhídrico 0,325 N
- Celite C – 211
- Eter de petróleo.

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Diagrama de flujo tecnológico para la obtención de harina de cascarilla de cacao



3.1.2 Descripción de flujo tecnológico para la obtención de harina de cascarilla de cacao.

Recepción de materia prima: Se utilizaron 5 Kg de cascarilla de cacao *Theobroma cacao* L., las muestras fueron tomadas aleatoriamente, la cascarilla junto a la semilla fue sometida previamente a un proceso térmico a 70 °C por 2 minutos, con el fin de separar la almendra de la cáscara, así también, se eliminan agentes extraños a la cascarilla de cacao, como lo es granza y maguey, entre otros.

Triturado: En un triturador de alimentos de cuchillas marca Black&Decker, modelo BL1130SGM.

Tamizado: Esta operación consistió en la separación de las partículas de acuerdo al tamaño, se trabajó con tamices número 18, 25, 35 y 40; tomando para el estudio el producto obtenido en el tamiz #40, el tamaño de partícula de 0,420 mm, se utilizó un agitador mecánico de tamices marca W.S. Tyler, modelo RX 29-10.

Secado: Se colocó la harina de cascarilla cacao en un recipiente forrado con papel aluminio, a fin de retirar humedad de la cascarilla a una temperatura de 45 °C, durante un periodo de 24-48 horas en una estufa marca MEMMERT, modelo UN.

Envasado y almacenamiento: Se llenó la harina en fundas plásticas de alta densidad, a una temperatura de 16 °C, y luego se almacenó en gavetas a temperatura ambiente.

3.2 Composición físico-química de la harina de cascarilla de cacao

Los resultados que se expresan en la investigación fueron analizados por triplicado, tienen el 95% de intervalo de confianza (IC) para la caracterización general de la población en estudio, el tratamiento estadístico se lo realizó con el Software Stat Graphics Plus 5.0 (2000)

Tabla 3. Composición proximal físico-química

	Humedad	Cenizas	Proteína	Grasa	Fibra	Carbohidratos
Media	7,27667	8,71333	18,06458	2,21501	41,06697	22,66344
N	3	3	3	3	3	3
Desv. Est.	0,760541	0,037946	0,668413	0,043324	0,055014	0,056582685

Como podemos apreciar en la tabla 3 la composición de la harina de cáscara de cacao, se obtuvieron (7,27 %) de humedad, (8,71 %) de cenizas, (18,06 %) de proteína, (2,21 %) de grasa, (41,06 %) de fibra y (22,66 %) de carbohidratos, observando que esta materia prima presenta un alto aporte nutricional.

Los valores de humedad y grasa difieren con los datos proporcionados por la investigación de Mara José Soto Pereira (Venezuela 2012), reportando (4,3 %) el valor promedio de humedad y (1,23 %) el valor promedio de grasa, esto se debe a que las muestras de cascarilla de cacao que utilizó para su estudio fueron mezcla de las variedades criollo y forastero y las muestras de cascarilla utilizadas para la presente investigación corresponden a la mezcla de las variedades CCN-51 y Nacional.

3.3 Determinación del contenido de gluten

Tabla 4. Contenido de gluten

Componente	Proporción
Gluten	N/D

N/D= No Detectable

Esta determinación se la realizó por la Norma NTE INEN 0529, aplicando el método de base húmeda, con el cual pudimos determinar que la cascarilla de cacao no contiene

gluten en elevadas cantidades. Debido a que la muestra de harina de cascarilla de cacao no se pudo disolver ni tampoco realizar los lavados, por cuanto su alto contenido de fibra (41,06%) no permitió que se realice una mezcla compacta para el estudio. Por lo tanto, esta materia prima se pudiera utilizar en la dieta del sector vulnerable celiaco.

3.4 Determinación del contenido de β -glucano

Tabla 5. Contenido de β -glucano en harina de cascarilla de cacao

Componente	Proporción %
β -glucano	0,066 +/- 0.01

El contenido de β -glucano presentes en la harina de cascarilla de cacao fue de (0,066 %), valores que están por debajo a los determinados en la avena (4,0 %) y la fruta del pan (4,39 %). No existen estudios científicos de β -glucano presentes en cacao y su cascarilla, por lo que estos datos experimentales se constituyen en información científica básica en posteriores trabajos, encaminados a la búsqueda de nuevas alternativas alimenticias con connotación funcional.

3.5 Determinación del contenido de almidones digestibles, no digestibles y totales

Tabla 6. Contenido de almidones digestibles y no digestibles

	MC	AD	AND	AT
Media	53,87239	35,31629	0,18787	35,50416
N	3	3	3	3
Desv. Est.	0,04428	0,39041	0,02126	0,36392

Muestra control (MC), Almidón digestible (AD), Almidón no digestible (AND), Almidones totales (AT)

En la tabla 6 se presentan los resultados obtenidos para el contenido de almidones digestibles, no digestibles y totales, además de una muestra control caracterizada con la ayuda del Kit Megazyme. Las muestras estudiadas se las realizo por triplicado (n=3). La muestra control (MC) se mantiene dentro del rango de exactitud planteado por el Kit Megazyme.

Los valores en AD (99,47 %), presentan una atractiva fuente de utilización de esta materia prima, en la elaboración de alimentos funcionales, desde la perspectiva tecnológica, en donde su aporte se centraría en la formación de viscosidad y textura de nuevas propuestas alimenticias. Por otro lado, y según los resultados en AND, estos se presentan en menor proporción a los AD (0,53 %), sin embargo, se lo podría utilizar como insumo en la elaboración de alimentos funcionales. No existe bibliografía acerca del contenido de la presencia de AD y AND en la cascarilla de cacao.

3.5.1 Forma microscópica del granulo de almidón

Figura 7. Microscopía electrónica de barrido (550 aproximaciones)

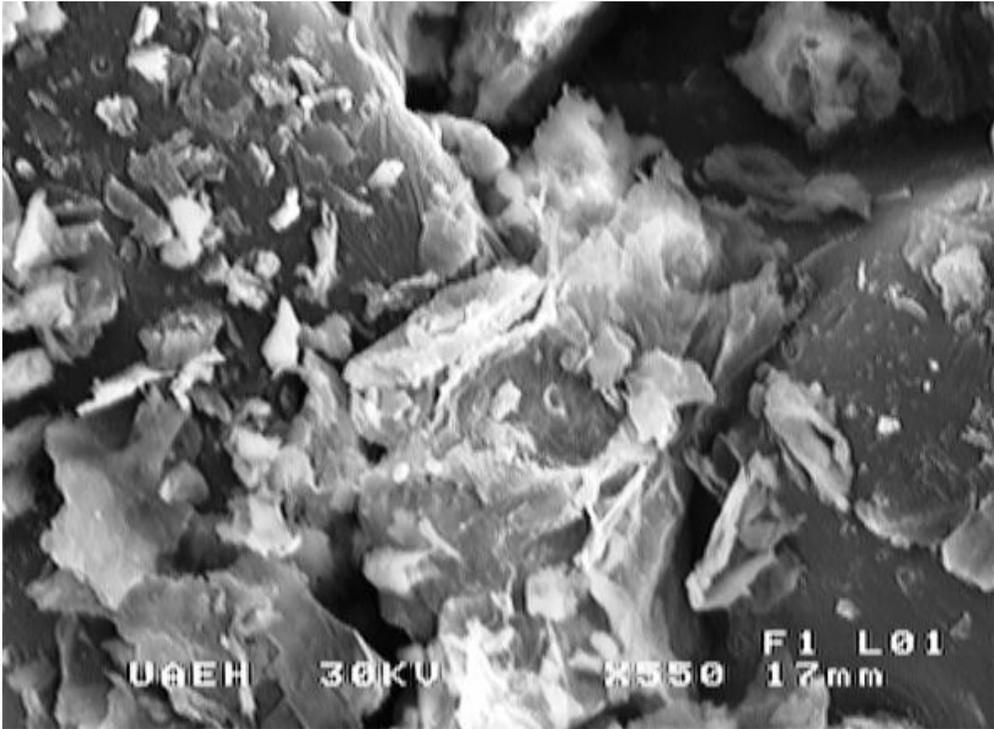


Figura 8. Microscopía electrónica de barrido (1000 aproximaciones)

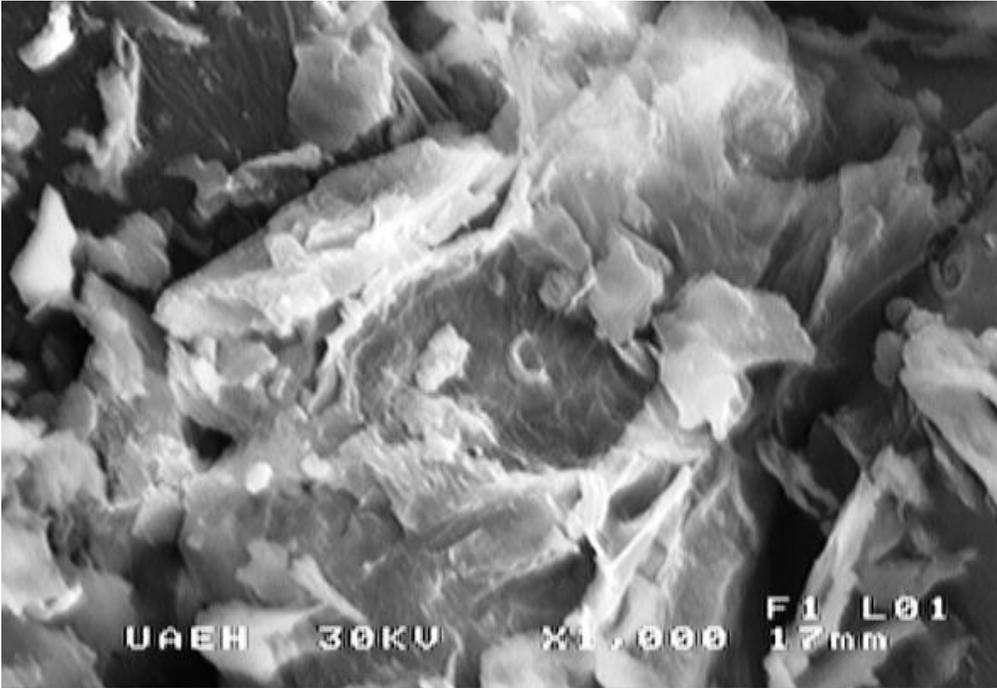
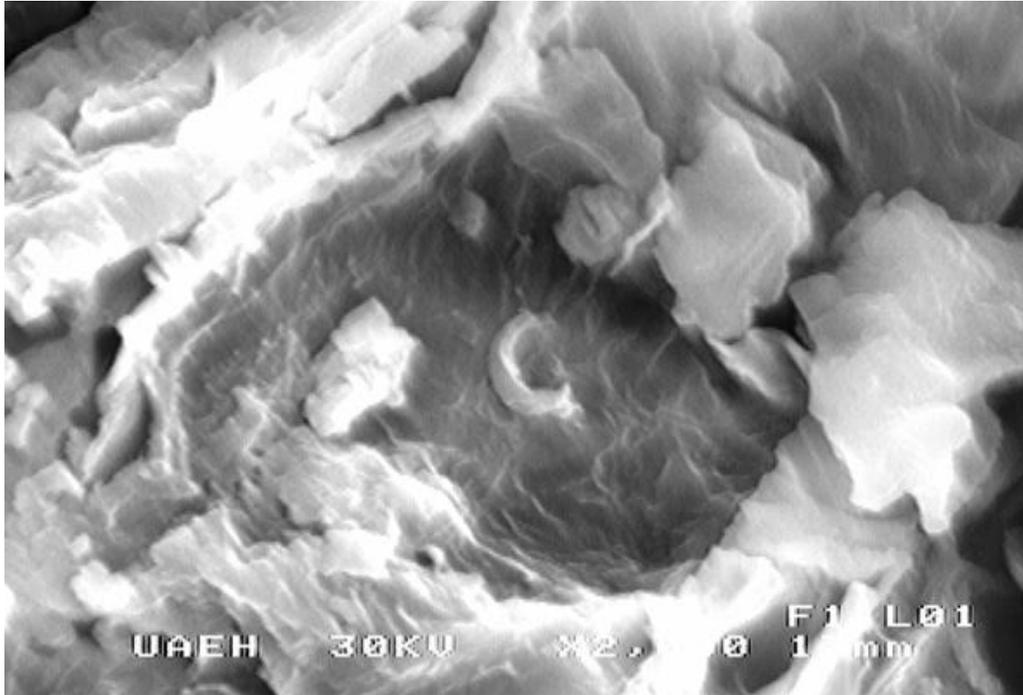


Figura 9. Microscopía electrónica de barrido (2000 aproximaciones)



Los gránulos de almidón, como se muestran en las figuras 7, 8 y 9 presentan formas irregulares amorfas a 2000 aproximaciones, esto provoca que no se pueda determinar un tamaño de gránulo promedio.

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES

- La cascarilla de cacao presenta un alto valor en proteínas solubles y fibra, necesarias en la nutrición humana
- Al no detectarse gluten en la cascarilla de cacao, esta se constituye en una atractiva materia prima en la elaboración de nuevos alimentos funcionales, principalmente para consumidores celíacos.
- Los gránulos de almidón presentes en la harina de la cascarilla de cacao presentaron formas irregulares a 2000 aproximaciones.
- Los β -glucanos presentes en la harina de la cascarilla de cacao, no son elevados en comparación a otras fuentes proveedoras de este compuesto funcional.
- El contenido en almidón no digerible resultó ser bajo de tan solo 0,53% a diferencia del almidón digerible que se sitúa en un 99,47 %.
- Por su disponibilidad durante todo el año, y por sus características estudiadas la cascarilla de cacao se convierte en una potencial fuente de materia prima para la elaboración de alimentos funcionales.

CAPITULO V RECOMENDACIONES

- Considerar la temperatura de descascarillado ya que sus propiedades físico químico y nutricional pueden verse afectadas y reducir la calidad del producto final.
- Realizar la determinación de contenido de gluten por otro método con el fin de comparar y analizar resultados obtenidos.
- Para obtener la harina de la cascarilla de cacao la etapa de la molienda, se recomienda el uso de un molino tipo martillo, ya que realiza mejor el proceso de convertir de gruesa a fina la cascarilla.
- Se recomienda para futuras investigaciones realizar la presencia de melanina en la cascarilla de cacao tostada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sánchez Quezada JP. *Evaluación Energética de Cáscaras de Cacao Nacional y CCN-51*. Tesis Magistral. Universidad de Cuenca, Ecuador; 2013.
2. Quintero R. M, Diaz Morales K. El Mercado Mundial del Cacao. *Agroalimentaria*. 2004; 18: 47-59.
3. Ministerio de Comercio Exterior, PROECUADOR. *Análisis Sectorial de Cacao y Elaborador*. 2013. http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/08/PROEC_AS2013_CACAO.pdf (último acceso 24 septiembre 2015).
4. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Ministerio de la Productividad. *Elaboración De Cacao y Subelaborados*. 2012. <https://www.flacso.edu.ec/portal/pnTemp/PageMaster/g3bzawibeka4sqfx4hj8jy9j8dpjkz.pdf>(último acceso 24 septiembre 2015).
5. Brenes Gómez, O. Posibilidades de la utilización de los subproductos del beneficio del cacao. En: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) *Memoria Seminario Regional Sobre Tecnología Poscosecha Y Calidad Mejorada del Cacao*. 20 – 21 de Julio. 1989. Turrialba, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA); 1989. 141 – 146.
6. Asociación Celiaca de Castilla y León. *Lo que ud. debe saber sobre: La Enfermedad Celiaca*. Dirección Provincial de Educación de Soria, Secretaría Técnica de ACECALE, 2014. https://www.cajaespana.net/Images/CELIACOS%20BAJA_tcm6-4057.pdf (último acceso 18 octubre 2015)
7. Plúas Cuesta JC. *Diseño de una Línea Procesadora de Pasta de Cacao Artesanal*. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador; 2008.
8. Gavilanez Loor JA. *Evaluación de la Absorción y Desorción en la Testa de Cacao (Theobroma cacao L.) adicionada con Miel de Caña para la obtención de un Producto de uso Alimentario*. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Quevedo, Ecuador; 2015.
9. United Cacao. *Mercado Mundial del Cacao: 2014*. United Cacao <http://www.unitedcacao.com/index.php/es/corporate-profile-es/global-cocoa-market-es> (último acceso 4 octubre 2015).
10. Tapia Yáñez CA. *Aprovechamiento de residuos Agroindustriales, Cascarrilla de Cacao (Theobroma cacao L.) variedad Arriba y CCN51 para la elaboración de una Infusión*. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador; 2015.

11. Soto Pereira MJ. *Desarrollo del Proceso de Producción de Cascarilla de Cacao en polvo destinada al Consumo Humano*. Tesis de Grado. Universidad Simón Bolívar, Venezuela; 2012.
12. Marina Baena L., García Cardona N. *Obtención y Caracterización de Fibra Dietaria a partir de Cascarilla de las Semillas Tostadas de Theobroma cacao L. de una Industria Chocolatera Colombiana*. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia; 2012.
13. Llanos O, Matzumura M, Tagle M, Huerta-Mercado J, Cedrón H, Scavino Y. de Gastroenterología del Perú. Enfermedad celiaca: estudio descriptivo en la Clínica Anglo Americana, 2012.32(2) http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1022-51292012000200003&script=sci_arttext (último acceso 18 octubre 2015).
14. Vallejo Diez S. *Degradación específica del gluten por la mucosa intestinal de los pacientes celíacos: posible papel en la patogenia y en el diagnóstico de la enfermedad*. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid, Valladolid; 2013.
15. Menéndez L, Guzmán L, Cueto E, Ben R. Sensibilidad al gluten: Presentación de tres casos. *Arch Argent Pediat*. 2015. 113(2): e83- e87.
16. Parada A, Araya M. El gluten: Su historia y efectos en la enfermedad celíaca. *Rev. méd. Chile*. 2010; 138(10).
17. Escudero Álvarez E, González Sánchez P. La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*. 2006; 21(2).
18. García O, Benito R, Rivera C. Hacia una definición de Fibra Alimentaria. *An. Venez. Nutr*. 2008; 21 (1): 25-30
19. Rayas P, Romero A. Fibra a base de Frutas, Vegetales Y Cereales: Función De Salud. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 2008; 23(1): 613-621
20. Betancur D, Pérez V, Chel, L. Fibra Dietética y sus beneficios en la Alimentación. *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán*. 2003. 227(3): 3-13
21. Gotteland M, Peña F. *La Fibra Dietética y sus beneficios para la Salud*. Universidad de Chile, Dirección de Asistencia Técnica DINTA, 2011 <http://www.dinta.cl/wp-dintacl/wp-content/uploads/fibradietetica1.pdf> (último acceso 27 septiembre 2015).
22. Silva L, Osorio P, Bello L. Digestibilidad del Almidón de Haba (*Vicia faba* L.). *Revista Agrociencia*. 2007; 41(8): 845-852
23. Tovar Benítez T. *Caracterización Morfológica y Térmica del Almidón de Maíz (Zea maysL) obtenido por diferentes Métodos de Aislamiento*. Tesis de Grado. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México; 2008.

24. Martínez Mora EO. *Sustitución Parcial del Granular Durum por Almidón de Banano Ecuatoriano, en Pastas Alimenticias*. Tesis Doctoral. Universidad de La Habana, Cuba; 2015.
25. Salinas Y, Pérez P, Castillo J, Álvarez L. Relación De Amilosa: Amilopectina En El Almidón De Harina Nixtamalizada De Maíz Y Su Efecto En La Calidad De La Tortilla. *Rev. Fitotec. Mex.* 2003; 26 (2): 115 – 121
26. Villaseñor Ortiz DA. *Evaluación Nutricional y Funcional de Almidón de la Fruta de Pan (Artocarpus Altilis) Como Potencial Componente En Alimentos, En La Provincia De El Oro*. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Machala, Ecuador. 2015.
27. Jiménez R, González N, Magaña A, Corona A. Contenido de Almidón Resistente en Alimentos consumidos en el Sureste de México. *U. Tecnociencia*. 2011; 5(2): 27 – 34
28. Martínez Mora E. Caracterización morfológica y contenido de almidón resistente y disponible en bananos (*Musa sapientum*) exportables del Ecuador. *Rev. Esp. Nutr. Hum. Diet.*. 2015. 19 (3): 153-159
29. Pizarro S, Ronco A, Gotteland M. β -Glucanos: ¿Qué tipos existen y cuáles son sus beneficios en la Salud? *Rev. Chil. Nutr.* 2014; 41(3)

BIBLIOGRAFÍA

1. Abarca D, Martínez R, Muñoz J, Torres M, Vargas G. Residuos de Café, Cacao y Cladodio de Tuna: Fuentes Promisorias de Fibra Dietaria. *Revista Tecnológica ESPOL*. 2010. 23(2): 63-69
2. Bazarte H, Sangronis E, Unai E. La cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.): Una posible fuente comercial de pectinas. *ALAN*. 2008; 58(1): 65-70
3. Bello-Pérez L, Contreras-Ramos S, Romero-Manilla R, Solorza-Feria J, Jiménez-Aparicio A. PROPIEDADES QUÍMICAS Y FUNCIONALES DEL ALMIDÓN MODIFICADO DE PLÁTANO *Musa paradisiaca* L. (VAR. MACHO). *Agrociencia*. 2002; 36(2): 169-180
4. Betancur D, Pérez V, Chel, L. Fibra Dietética y sus beneficios en la Alimentación. *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán*. 2003; 227(3): 3-13
5. Cuéllar O, Guerrero G. Actividad antibacteriana de la cáscara de cacao, *Theobroma cacao* L. *Rev.MVZ Cordoba*. 2012; 17(3); 3176-3183
6. Escudero Álvarez E, González Sánchez P. La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*. 2006; 21(2): 61-72
7. García O, Benito R, Rivera C. Hacia una definición de Fibra Alimentaria. *An. Venez. Nutr.* 2008; 21 (1): 25-30
8. Jiménez-Vera, R., González-Cortés, N., Magaña-Contreras, A. y Corona-Cruz, A. I. Contenido de almidón resistente en alimentos consumidos en el sureste de México. *U. Tecnociencia*. 2011; 5(2): 27 - 34.
9. Llanos O, Matsumura M, Tagle M, Huerta-Mercado J, Cedrón H, Scavino Y, Luna E. Enfermedad celíaca: estudio descriptivo en la Clínica Anglo Americana. *Rev. gastroenterol.* 2012; 32(2): 134-140
10. Martínez Mora E. Caracterización morfológica y contenido de almidón resistente y disponible en bananos (*Musa sapientum*) exportables del Ecuador. *Rev. Esp. Nutr. Hum. Diet.*. 2015; 19 (3): 153-159
11. Menéndez L, Guzmán L, Cueto E, Bena R. Sensibilidad al gluten: presentación de tres casos. *Arch Argent Pediatr*. 2015; 113(2): e83-e87
12. Miranda Díaz M., Alonso Romero L., De Castro Ochoa M., Millán Jiménez A. Enfermedad celíaca: nuevos criterios diagnósticos. *Vox Paediatrica* 2012; 19(2): 28-33
13. Parada A, Araya M. El gluten. Su historia y efectos en la enfermedad celíaca. *Rev. Med Chile* 2010; 138(10): 1319-1325

14. Pizarro S, Ronco A, Gotteland M. β -glucanos: ¿qué tipos existen y cuáles son sus beneficios en la salud? *Rev. chil. nutr.* 2014; 41(3): 439-446
15. Quintero R. M, Diaz Morales K. El Mercado Mundial del Cacao. *Agroalimentaria.* 2004; 18: 47-59.
16. Quiroga Ledezma C. Los almidones resistentes y la Salud. *Investigación & Desarrollo.* 2008; 8: 131-142
17. Rayas P, Romero A. Fibra a base de Frutas, Vegetales Y Cereales: Función De Salud. *Revista Mexicana de Agronegocios.* 2008; 23(1): 613-621.
18. Rivera R, Mecias F, Guzman A, Peña M, Medina H, Casanova L, Barrera A, Nivelá P. Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao* L.) Tipo Nacional. *Rev. Ciencia y Tecnología.* 2012; 5(1): 7-12
19. Salinas Y, Pérez P, Castillo J, Álvarez L. Relación de amilosa: amilopectina en el almidón de harina nixtamalizada de maíz y su efecto en la calidad de la tortilla. *Rev. Fitotec. Mex.* 2003; 26(2): 115 – 121
20. Sánchez-Mora F, Zambrano J, Vera Chang J, Ramos R, Garcés F, Vásconez G. Productividad de clones de cacao tipo nacional en una zona del bosque húmedo tropical de la provincia de los ríos, Ecuador. *Rev. Ciencia y Tecnología.* 2014; 7(1): 33-41
21. Silva L, Osorio P, Bello L. Digestibilidad del Almidón de Haba (*Vicia faba* L.). *Revista Agrociencia.* 2007; 41(8): 845-852
22. Soto Azurdy V. CUANTIFICACION DE ALMIDON TOTAL Y DE ALMIDON RESISTENTE EN HARINA DE PLATANO VERDE (*MUSA CAVENDISHII*) Y BANANA VERDE (*MUSA PARADISIACA*). *Rev. Bolivariana de Química.* 2010; 27(2): 94-99
23. Valencia F, Román M. Caracterización fisicoquímica y funcional de tres concentrados comerciales de fibra dietaria. VITAE, *Rev. Facultad de Química y Farmacia.* 2006; 13(2): 54-60
24. Vargas-Torres A, Osorio-Díaz P, Agama-Acevedo E, Morales-Franco L, Bello-Pérez L. Digestibilidad del almidón en diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Interciencia.* 2006; 31(12): 881-884
25. Zárate-Polanco L, Ramírez-Suárez L, Otálora-Santamaría L, Prieto L, Garnica-Holguín A, Cerón-Lasso A, Argüelles J. EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN NATIVO DE CLONES PROMISORIOS DE PAPA CRIOLLA (*Solanum tuberosum*, Grupo Phureja). *Rev. Latinoamericana de la Papa.* 2014; 18(1): 1-24

Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis Final Oscar Carrasco - Aut.docx (D16070230)
Submitted: 2015-11-06 22:36:00
Submitted By: jayala@utmachala.edu.ec
Significance: 6 %

Sources included in the report:

tesis jennifer Urkun.docx (D13795765)
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/11394/1/Tesis%20completa.doc>

Instances where selected sources appear:

9



[Handwritten signature]
0702585381